



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

NÁVRH OCELOVÉ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ OBCHODNÍ
PASÁŽE

DESIGN OF THE STEEL STRUCTURE OF THE SHOPPING ARCADE ROOF

ČÁST C: STATICKÝ VÝPOČET – VARIANTA N^o1

STRUCTURAL DESIGN REPORT – OPTION 1

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

ATHOR

Bc. OLEKSANDR DANKO

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR


Ing. PETR BROSCH

BRNO 2026




OBSAH


1. UVOD	5
2. ZATÍŽENÍ	5
2.1 STÁLE	5
2.1.1 Vlastní tíha	5
2.1.2 Zasklení prosklené střechy	5
2.1.3 Technická zařízení	6
2.2 PROMĚNNÁ	6
2.2.1 Užitná zatížení	6
2.2.2 Klimatická (zatížení sněhem)	6
2.2.3 Klimatická (zatížení větrem)	8
2.2.4 Teplotní zatížení konstrukce	12
2.3 STABILITNÍ SILY	12
3. MATERIALY	13
4. ZATĚŽOVACÍ STAVY	13
5. KOMBINACE ZATÍŽENÍ	14
6. PRŮŘEZY	19
6.1 Horní pás vazníku	19
6.2 Dolní pás vazníku	20
6.3 Diagonála vazníku – střední	21
6.4 Diagonála vazníku – krajní	22
6.5 Vaznice	23
6.6 Vodorovné ztužení	24
6.7 Svislé ztužení	25
6.8 Sloup	26
7. OZNAČENÍ PRUTŮ NA KONSTRUKCI	27
7.1 Sloup – CHS 457.0/20.0	27
7.2 Vodorovné ztužení střechy – CHS 139.7/8.0	28

	<p style="text-align: center;">DIPLOMOVÁ PRÁCE</p> <p>Název práce: Návrh ocelové konstrukce zastřešení obchodní pasáže</p> <p>Část B: Statický výpočet</p>	<p style="text-align: center;">3</p>
--	---	---

7.3 Vaznice – IPE 360	29
7.4 Střešní vazník v ose 01	30
7.5 Střešní vazník v ose 02	30
7.6 Střešní vazník v ose 03	30
7.7 Střešní vazník v ose 04	30
7.8 Střešní vazník v ose 05	30
7.9 Střešní vazník v ose 06	31
7.10 Střešní vazník v ose 07.....	31
7.11 Střešní vazník v ose 08.....	31
7.12 Střešní vazník v ose 09.....	31
7.13 Střešní vazník v ose 10.....	31
7.14 Svislé ztužení – CHS 114.3/3.6	32
8. REAKCE	33
8.1 Popis podpor	33
8.2 Globální extrémy	34
9. VNITŘNÍ SÍLY	35
9.1 Horní pás vazníku	35
9.2 Dolní pás vazníku.....	36
9.3 Diagonála vazníku - střední	37
9.4 Diagonála vazníku – krajní	38
9.5 Vaznice	39
9.6 Vodorovné ztužení střechy	40
9.7 Svislé ztužení střechy	41
9.8 Sloup	42
10. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI	43
10.1 Horní pás vazníku CHS 244.5/12.5	43
10.2 Dolní pás vazníku CHS 244.5/12.5	50
10.3 Diagonála vazníku – střední CHS 114.3/6.3	57

	<p style="text-align: center;">DIPLOMOVÁ PRÁCE</p> <p>Název práce: Návrh ocelové konstrukce zastřešení obchodní pasáže</p> <p>Část B: Statický výpočet</p>	4
--	---	----------

10.4 Diagonála vazníku – krajní CHS 139.7/10.0	64
10.5 Vaznice IPE 360	71
10.6 Vodorovné ztužení střechy CHS 139.7/8.0	79
10.7 Svislé ztužení střechy CHS 114.3/3.6	85
11. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI	98
11.1 Dolní pás vazníku CHS 244.5/12.5	98
11.2 Vaznice IPE 360	99
11.3 Sloup CHS 457.0/20.0	99
12. POSOUZENÍ VYBRANÝCH SPOJŮ	100
12.1 Připojení vazníku na sloup: čepový spoj	100
12.2 Kotvení sloupu (Sloup CHS 457/20)	105
12.3 Montážní spoj dolního pásu (CHS 244.5/12.5)	111
12.4 Montážní spoj horního pásu (CHS 244.5/12.5)	118
12.5 Připojení diagonál na horní pás vazníku (CHS 139.7/10)	126
13. VÝKAZ MATERIÁLU	133

	<p style="text-align: center;">DIPLOMOVÁ PRÁCE</p> <p>Název práce: Návrh ocelové konstrukce zastřešení obchodní pasáže</p> <p>Část B: Statický výpočet</p>	<p style="text-align: center;">5</p>
--	---	---

1. UVOD

V této části diplomové práce je zpracován statický posudek ocelové konstrukce zastřešení obchodní pasáže situované mezi obytnými a administrativními budovami v městské zástavbě v lokalitě Brno. Zastřešení je navrženo jako nadstandardní konstrukce kryjící veřejný prostor pasáže bez obvodových stěn.

Zastřešená plocha má nepravidelný půdorysný tvar s celkovými rozměry přibližně 30 x 90 m. Výška konstrukce v hřebeni činí přibližně 20 m. Nosná konstrukce střechy je tvořena soustavou ocelových příhradových vazníků uložených na ocelových sloupech, doplněných o vaznice nesoucí střešní plášť. Hlavní část zastřešení má klenbový tvar, zatím okrajová část je řešena jako konzolová konstrukce s mírným sklonem.

Střešní plášť je navržen jako zasklený.

Objekt je zařazen do třídy následků CC2 podle ČSN EN 1990, neboť se jedná o běžnou pozemní stavbu určenou pro veřejnost, u níž se předpokládají střední následky poruchy.

Podklady pro vypracování diplomové práce byly poskytnuty firmou OKF s.r.o.

Statický výpočet byl proveden v programu SCIA Engineer 25.0 jako prostorový prutový model. Návrh a posouzení konstrukce byly zpracovány v souladu s platnými evropskými normami, zejména ČSN EN 1990, ČSN EN 1991 (zatížení konstrukcí) a ČSN EN 1993-1-1 (navrhování ocelových konstrukcí), včetně příslušných národních příloh.

2. ZATÍŽENÍ

Zatížení pro výpočet konstrukce bylo stanoveno v souladu s ČSN EN 1990 (Zásady navrhování konstrukcí) a s příslušnými částmi ČSN EN 1991 (Zatížení konstrukcí).

část 1-1: Obecná zatížení;

část 1-3: Zatížení sněhem;

část 1-4: Zatížení větrem;

část 1-5: Teplotní účinky.

Pro ocelovou konstrukci zastřešení byly uvažovány stálé a proměnné účinky zatížení a jejich kombinace pro mezní stavy únosnosti a použitelnosti.

2.1 STÁLE

2.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha ocelové konstrukce zastřešení (hlavní vazníky, vaznice a další ocelové prvky) je v modelu generována automaticky výpočtovým programem SCIA Engineer na základě zadaných průřezů a materiálových charakteristik.

Pro ocel je uvažována objemová hmotnost: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

součinitel zatížení $\gamma_G = 1,35$

2.1.2 Zasklení prosklené střechy

Zasklení střechy je tvořeno vrstveným bezpečnostním sklem (VSG). Pro potřeby statického výpočtu je zatížení od zasklení uvažováno jako rovnoměrné plošné stálé zatížení na půdorysnou plochu střechy.



Předpokládané zatížení zasklení:

$$g_{k, \text{sklo}} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

součinitel zatížení

$$\gamma_G = 1,35$$

2.1.3 Technická zařízení

Zatížení od podvěšených technických zařízení budovy (TZB), LED osvětlení a souvisejících montážních prvků je uvažováno konzervativně jako rovnoměrné stálé zatížení.

$$g_{k, \text{TZB}} = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{k, \text{osv}} = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

součinitel zatížení

$$\gamma_G = 1,35$$

Shrnutí stálých plošných zatížení:

$$g_k = g_{k, \text{sklo}} + g_{k, \text{TZB}} + g_{k, \text{osv}} = 0,50 + 0,20 + 0,30 = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

2.2 PROMĚNNÁ

2.2.1 Užitná zatížení

Střechy (údržba, kategorie H)

Užitné zatížení střechy bylo uvažováno v souladu s ČSN EN 1991-1-1, příloha A, kategorie H – střechy přístupné pouze pro účely údržby.

$$q_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$$

součinitel zatížení

$$\gamma_Q = 1,50$$

2.2.2 Klimatická (zatížení sněhem)

Pro trvalé návrhové situace:

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi $S_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

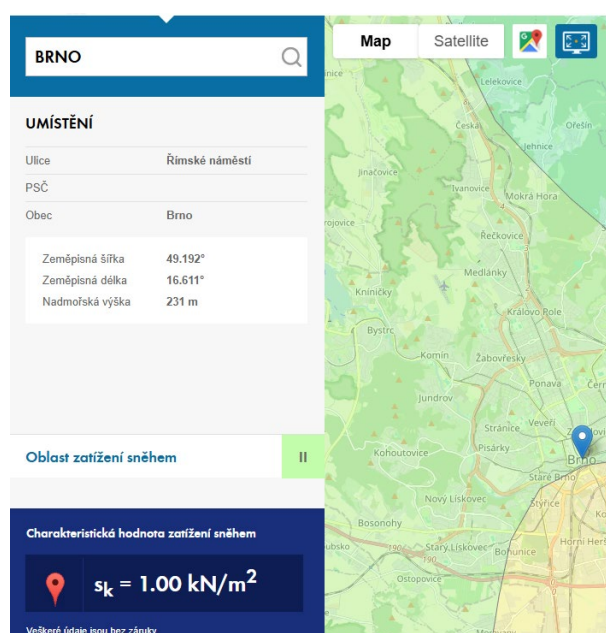
Lokalita: Brno (oblast zatížení sněhem II)
dlubal.com/cs/reseni/online-sluzby/oblasti-zatizeni-snehem-vetrem-a-zemetresenim

Koeficient expozice byl stanoven s ohledem na městskou zástavbu jako:

$$C_e = 1,2$$

Teplotní koeficient byl uvažován konzervativně:

$$C_t = 1,0$$



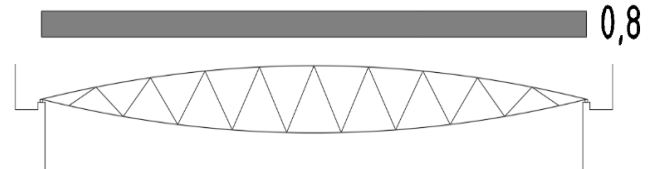


1) Základní (rovnoměrné) zatížení sněhem:

pro základní návrhovou situaci bez tvorby sněhových návějí byl použit tvarový součinitel:

$$\mu_1 = 0,8$$

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 0,96 \text{ kN/m}^2$$



2) Nerovnoměrné zatížení navátým sněhem:

Vzhledem k tomu, že zastřešení obchodní pasáže je situováno mezi vyššími přilehlými budovami, byla dále uvažována možnost tvorby sněhových návějí podle ČSN EN 1991-1-3, čl. 5.3.6, obrázek 5.7.

rozdíl výšek:

$$h = 20 \text{ m}$$

rozměry ovlivněné oblasti:

$$b_1 = 40 \text{ m}$$

$$b_2 = 20 \text{ m} - \text{nejmenší rozpětí v osách 06–07,}$$

$$b_2 = 30 \text{ m} - \text{největší rozpětí v ose 01.}$$

Délka návěje:

$$l_s = 2h = 25 \text{ m}$$

S ohledem na omezení byla uvažována maximální hodnota:

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

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h},$$

pro nepříznivější variant $b_2 = 20 \text{ m}$:

$$\mu_w(b_2 = 30\text{m}) = \frac{b_1 + b_2}{2h} = \frac{40 + 30}{2 \cdot 20} = 1,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_w(b_2 = 20\text{m}) = \frac{b_1 + b_2}{2h} = \frac{40 + 20}{2 \cdot 20} = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

Celkový tvarový součinitel:

$$\mu_2(b_2 = 30\text{m}) = \mu_s + \mu_w = 0 + 1,75 = 1,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_2(b_2 = 20\text{m}) = \mu_s + \mu_w = 0 + 1,5 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_s = 0, \quad \text{pro } \alpha \leq 15^\circ, \quad \alpha - \text{sklon výšší střechy}$$

Maximální charakteristická hodnota zatížení sněhem v oblasti návěje je tedy:

$$S(b_2 = 30\text{m}) = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 1,75 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,1 \text{ kN/m}^2$$

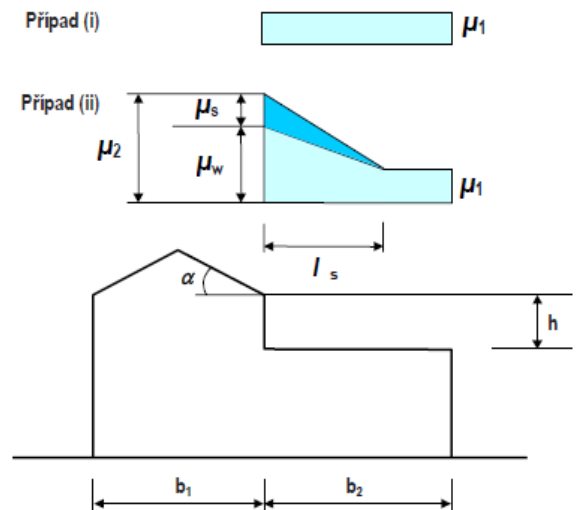
$$S(b_2 = 20\text{m}) = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8 \text{ kN/m}^2$$


součinitel zatížení

$$\gamma_Q = 1,50$$

Stav 1 – rovnoměrný sníh $S = 0,96 \text{ kN/m}^2$ (plný sníh)

Stav 2 – nerovnoměrný sníh $S = 2,1 \text{ kN/m}^2$ a $1,8 \text{ kN/m}^2$ (navátý sníh)



	<p style="text-align: center;">DIPLOMOVÁ PRÁCE</p> <p>Název práce: Návrh ocelové konstrukce zastřešení obchodní pasáže</p> <p>Část B: Statický výpočet</p>	<p style="text-align: center;">8</p>
--	--	--------------------------------------

2.2.3 Klimatická (zatížení větrem)

Stavba se nachází ve městě Brno, které podle ČSN EN 1991-1-4 spadá do II. větrné oblasti. Základní rychlost a tlak větru byly stanoveny na základě geografického umístění objektu a příslušné národní přílohy.

Oblast zatížení větrem	II
Výchozí základní rychlost větru	$v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$
Základní tlak větru	$q_b = 0,39 \text{ kN/m}^2$
Kategorie terénu	IV. (Hustě zastavěné městské oblasti)
Parametr drsnosti terénu	$z_0 = 1,0 \text{ m}$
Min. výška, pro $V_{m(z)}$	$z_{\min} = 10,0 \text{ m}$
Max. výška, pro $V_{m(z)}$	$z_{\max} = 200,0 \text{ m}$
Výška konstrukce	$z = 20 \text{ m}$
Součinitel orografie	$C_{0(z)} = 1,0$
Součinitel turbulence	$k_1 = 1,0$ (doporučená hodnota)
Součinitel směru větru	$C_{\text{dir}} = 1,0$ (doporučená hodnota)
Součinitel ročního období	$C_{\text{season}} = 1,0$ (doporučená hodnota)

Základní rychlost větru:

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

Střední rychlost větru:

$$v_m(20) = c_r(z) \cdot c_0 \cdot v_b = 0,701 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 17,53 \text{ m/s}$$

$c_r(z)$ = součinitel drsnosti

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,234 \cdot \ln\left(\frac{20}{1}\right) = 0,234 \cdot 2,995 = 0,701$$

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \left(\frac{1,0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot 20^{0,07} = 0,19 \cdot 1,23 = 0,234$$

Směrodatná odchylka rychlosti větru:

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_1 = 0,234 \cdot 25 \cdot 1 = 5,85 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{5,85}{17,53} = 0,33$$

$$v_m(z) = 17,53 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak větru:

$$q_p(z) = (1 + 7 \cdot I_v(z)) \cdot \frac{1}{2} \rho v_m^2(z) = (1 + 7 \cdot 0,33) \cdot 0,625 \cdot 17,53^2 = 0,64 \text{ kN/m}^2$$

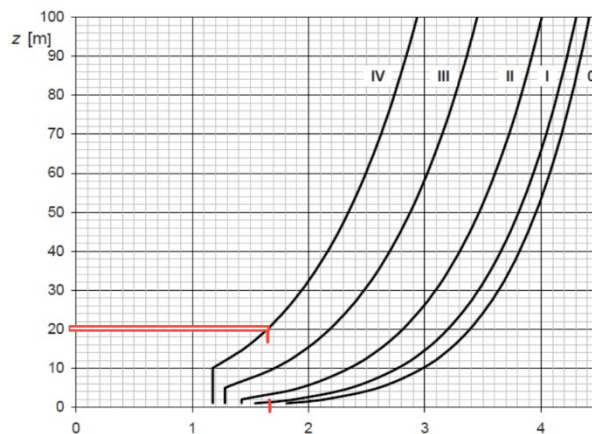
$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ – hustota vzduchu

$$q_p(z) = C_e(z) \cdot q_b = 1,65 \cdot 0,39 = 0,643 \text{ kN/m}^2$$

$C_e(z) = 1,65$ – součinitel expozice

Tlak větru působící na vnější povrchy k-ce:

$$W_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$



Obrázek 4.2 – Součinitele expozice $c_e(z)$ pro $c_0 = 1,0$ a $k_1 = 1,0$

Konstrukce je umístěna mezi vyššími budovami, které mohou ovlivňovat proudění větru a částečně působit jako ochrana proti větru v příčném směru. Vzhledem k tomu, že bez speciálního aerodynamického posouzení nelze tyto účinky spolehlivě kvantifikovat, pro návrh konstrukce byl proto zvolen konzervativní normový přístup a byly posouzeny oba směry působení větru.

Střecha - příčný směr

Součinitele vnějšího tlaku c_{pe} pro klenbovou střechu:

Varianta A: $d = 25 \text{ m}$

$h = 18 \text{ m}$

$$\frac{f}{d} = \frac{2}{25} = 0,08$$

$$\frac{h}{d} = \frac{18}{25} = 0,72 > 0,5$$

Varianta B: $d = 20 \text{ m}$

$h = 18 \text{ m}$

$$\frac{f}{d} = \frac{2}{20} = 0,1$$

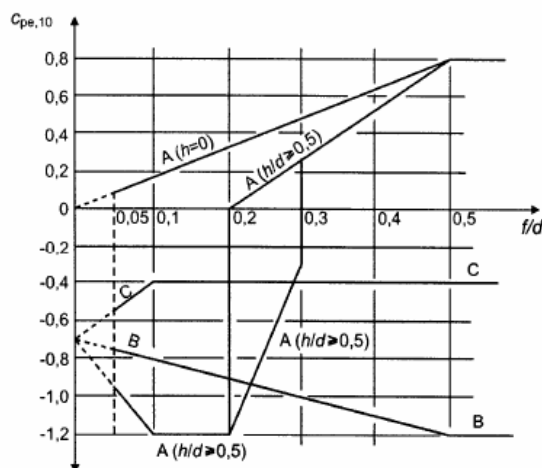
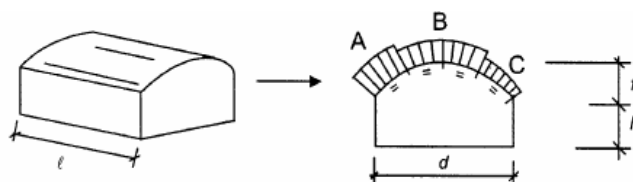
$$\frac{h}{d} = \frac{18}{20} = 0,90 > 0,5$$

Pro obě varianty platí křivka grafu

pro $\frac{h}{d} > 0,5$.

$$c_{pe,10,A} = -1,2 \text{ - sání nahoru}$$

$$c_{pe,10,B} = -0,82 \text{ - sání nahoru}$$





$$c_{pe,10,C} = -0,4 \text{ - sání nahoru}$$

$$w_{e,A} = 0,64 \cdot (-1,2) = -0,768 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = 0,64 \cdot (-0,82) = -0,525 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,C} = 0,64 \cdot (-0,4) = -0,256 \text{ kN/m}^2$$

Konzola má malý a téměř konstantní sklon a je situována na okraji střechy. Z hlediska geometrie a funkce nepředstavuje samostatnou střešní konstrukci, ale okrajovou (převislou) část hlavní střechy.

Pro konzolovou část střechy je uvažován nejnepříznivější případ sání odpovídající klenbové střechě:

$$w_{e,konzole} = 0,64 \cdot (-1,2) = 0,768 \text{ kN/m}^2$$

Střecha - podélný směr

Pro posouzení zatížení větrem v podélném směru pasáže byla střecha uvažována jako plochá, resp. velmi mírně skloněná.

Součinitele vnějšího tlaku byly stanoveny podle tabulky 7.2 pro ostré hrany.

Zatížení větrem na konzolu spadá do okrajové oblasti F.

Oblast F představuje nejnepříznivější účinek sání větru.

$$c_{pe,10,F} = -1,8 \text{ (ostré hrany)}$$

$$w_{e,F} = 0,64 \cdot (-1,8) = -1,15 \text{ kN/m}^2$$

$$e = \min(b=30; 2h=40) = 30 \text{ m}$$

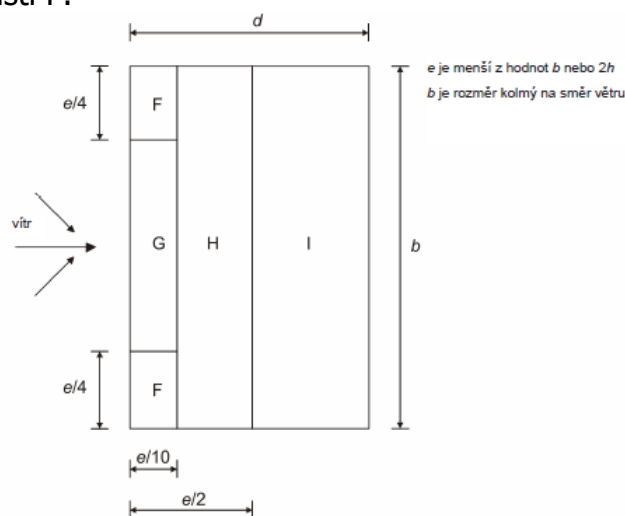
$$d = 90 \text{ m}$$

$$b = 30 \text{ m}$$

$$e/10 = 3 \text{ m}$$

$$e/2 = 15 \text{ m}$$

$$e/4 = 7,5 \text{ m}$$



Obrázek 7.6 – Legenda pro ploché střechy

$$c_{pe,10,F} = -1,8$$

$$w_{e,F} = 0,64 \cdot (-1,8) = -1,15 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe,10,G} = -1,2$$

$$w_{e,G} = 0,64 \cdot (-1,2) = -0,77 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe,10,H} = -0,7$$

$$w_{e,H} = 0,64 \cdot (-0,7) = -0,45 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe,10,I} = +0,2$$

$$w_{e,I} = 0,64 \cdot (+0,2) = +0,13 \text{ kN/m}^2 \text{ (tlak)}$$

$$c_{pe,10,I} = -0,2$$

$$w_{e,I} = 0,64 \cdot (-0,2) = -0,13 \text{ kN/m}^2$$



Přístřešek

Zastřešení pasáže je střecha bez trvalých stěn. Vítr může volně proudit pod střechu, proto může vznikat tlak na spodní líc a vztlak (nadlehčení). Z tohoto důvodu byla provedena doplňková kontrola jako přístřešek dle čl. 7.3 ČSN EN 1991-1-4.

Toto posouzení nenahrazuje předchozí stanovení zatížení větrem na střechu, ale doplňuje je o další zatěžovací případ zaměřený na nejnepríznivější vztlak.

zvolený model přístřešku:

stupeň uzavření:

úhel sklonu střechy

sedlový přístřešek

$\varphi = 0$ = "prázdný, volně stojící"

$\alpha = 7^\circ$

$d = 90$ m (ve směru větru)

$b = 30$ m (kolmo na vítr)

$$b/10 = 3,0 \text{ m}$$

$$d/10 = 9,0 \text{ m}$$

$$d/5 = 18,0 \text{ m}$$

A z tab. 7.7 (interpolace mezi 5° a 10°)
pro $\alpha = 7^\circ$:

Maximum všech φ (tlak dolů)

$$c_{p,net,A} = +0,64$$

$$c_{p,net,B} = +1,80$$

$$c_{p,net,C} = +1,34$$

$$c_{p,net,D} = +0,40$$

Minimum $\varphi = 0$ (sání / vztlak nahoru)

$$c_{p,net,A} = -0,64$$

$$c_{p,net,B} = -1,44$$

$$c_{p,net,C} = -1,40$$

$$c_{p,net,D} = -1,22$$

Maximum všech φ (tlak dolů)

$$w_{net,A} = 0,64 \cdot (+0,64) = 0,41 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{net,B} = 0,64 \cdot (+1,80) = 1,15 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{net,C} = 0,64 \cdot (+1,34) = 0,86 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{net,D} = 0,64 \cdot (+0,40) = 0,26 \text{ kN/m}^2$$

Minimum $\varphi = 0$ (sání / vztlak nahoru)

$$w_{net,A} = 0,64 \cdot (-0,64) = -0,41 \text{ kN/m}^2$$

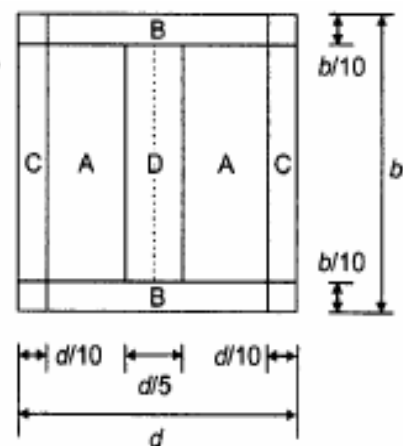
$$w_{net,B} = 0,64 \cdot (-1,44) = -0,92 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{net,C} = 0,64 \cdot (-1,40) = -0,90 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{net,D} = 0,64 \cdot (-1,22) = -0,78 \text{ kN/m}^2$$

Součinitele výsledného tlaku $c_{p,net}$

Legenda
pro půdorys





Vítr na kruhový sloup (CHS)

Vzhledem k tomu, že přesný rozměr sloupů bude stanoven až na základě výsledků statického výpočtu, byl pro účely stanovení zatížení větrem uvažován předběžný průřez kruhového sloupu CHS 457×12,5, který odpovídá předpokládané výšce a štíhlosti sloupů.

Síla od větru:

$$F_w = c_s c_d q_p(z) c_f A_{ref}$$

$$c_s c_d = 1,$$

$$\text{výška sloupu: } h = 19 \text{ m}$$

$$\text{vnější průměr } d = 0,457 \text{ m}$$

$$q_p(z) = 0,64 \text{ kN/m}^2 \text{ pro } z \approx 19\text{--}20 \text{ m}$$

Součinitel celkové síly $c_f = 1,2$ – konzervativně

Výpočet liniového zatížení

$$w = q_p \cdot c_f \cdot d = 0,64 \cdot 1,2 \cdot 0,457 = 0,351 \text{ kN/m}$$

2.2.4 Teplotní zatížení konstrukce

Nosná ocelová konstrukce zastřešení je navržena jako otevřená konstrukce bez obvodových stěn, plně vystavená účinkům vnějšího prostředí. Z tohoto důvodu bylo uvažováno teplotní zatížení dle ČSN EN 1991-1-5 – Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Teplotní účinky.

Pro lokalitu Brno byly převzaty návrhové hodnoty extrémních teplot vzduchu ve stínu podle národní přílohy:

minimální teplota:

$$T_{\min} = -28,1 \text{ }^{\circ}\text{C} = 245 \text{ K}$$

maximální teplota:

$$T_{\max} = +38,1 \text{ }^{\circ}\text{C} = 311 \text{ K}$$

Referenční montážní teplota konstrukce byla uvažována:

$$T_{\text{ref}} = +15 \text{ }^{\circ}\text{C} = 288 \text{ K}$$

Z těchto hodnot vyplývají návrhové teplotní rozdíly:

$$\Delta T^- = T_{\min} - T_{\text{ref}} = 245 - 288 = -43 \text{ K}$$

$$\Delta T^+ = T_{\max} - T_{\text{ref}} = 311 - 288 = +23 \text{ K}$$

Součinitel teplotní roztažnosti oceli byl uvažován:

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

2.3 STABILITNÍ SILY

Stabilitní síly určené pro horní pas vazníku, který je zabezpečovaný proti vybočení z roviny vazníku. Síly budou působit v jednotlivých styčnicích horního pasu. Je uvažována síla velikosti 1/100 aritmetického součtu tlakových sil od nejnepříznivější kombinace svislého zatížení v horních pasech. $H = (N_1 + N_2) / 100$.



3. MATERIALY

Ocel EC3

Jméno	ρ [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ [-]	Dolní mez [mm]	Horní mez [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]	Barva
		G_{mod} [MPa]	α [m/mK]					
S 355	7850,00	2,1000e+05	0,30	0,00	40,00	355,0	490,0	
		8,0769e+04	0,01e-003	40,00	80,00	335,0	470,0	

4. ZATĚŽOVACÍ STAVY

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav	Popis
	Spec	Typ zatížení					
ZS1	vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z			vlastní tíha
ZS2	prosklené střechy	Stálé Standard	SZ1				prosklené střechy
ZS3	TZB + osvětlení	Stálé Standard	SZ1				TZB + osvětlení
ZS4	údržba Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný	údržba
ZS5	(plný sníh) Sníh	Proměnné Statické	SZ3			Žádný	(plný sníh)
ZS6	(navátý sníh) Sníh	Proměnné Statické	SZ3			Žádný	(navátý sníh)
ZS7	vítr +X Statický vítr	Proměnné Statické	SZ4			Žádný	vítr +X
ZS8	vítr -X Statický vítr	Proměnné Statické	SZ4			Žádný	vítr -X
ZS9	vítr +Y Statický vítr	Proměnné Statické	SZ4			Žádný	vítr +Y
ZS10	vítr -Y Statický vítr	Proměnné Statické	SZ4			Žádný	vítr -Y
ZS11	vítr ϕ_{max} Statický vítr	Proměnné Statické	SZ4			Žádný	vítr ϕ_{max}
ZS12	vítr $\phi=0$ Statický vítr	Proměnné Statické	SZ4			Žádný	vítr $\phi=0$
ZS13	teplotní zatížení ΔT - Teplota	Proměnné Statické	SZ5			Žádný	teplotní zatížení ΔT -
ZS14	teplotní zatížení ΔT + Teplota	Proměnné Statické	SZ5			Žádný	teplotní zatížení ΔT +
ZS15	stabilizní síly	Stálé Standard	SZ6 (imperfekce)				stabilizní síly



5. KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Kombinace zatížení byly stanoveny v souladu s normou ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí. Pro posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ) byly použity návrhové kombinace podle rovnic (6.10a) a (6.10b). Pro posouzení mezního stavu použitelnosti (MSP) byla uvažována charakteristická kombinace zatížení podle rovnice (6.14b).

Mezní stav únosnosti (MSÚ)

Rovnice (6.10a):

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

Rovnice (6.10b):

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

Mezní stav použitelnosti (MSP)

Rovnice (6.14b) – charakteristická kombinace:

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

Součinitele zatížení

$\gamma_G = 1,35$ - nepříznivé působení stálého zatížení

$\gamma_G = 1,00$ - příznivé působení stálého zatížení

$\gamma_Q = 1,50$ - nepříznivé působení proměnného zatížení

$\gamma_Q = 0,00$ - příznivé působení proměnného zatížení

Kombinační součinitele ψ_0

Pro daný typ konstrukce byly uvažovány následující hodnoty kombinačních součinitelů:

$\psi_0 = 0,00$... užité zatížení kategorie H – střechy (střechy bez provozu, pouze běžná údržba)

$\psi_0 = 0,50$... zatížení sněhem

$\psi_0 = 0,60$... zatížení větrem

Poznámka k výpočtu

Kombinace zatížení byly sestaveny automaticky v rámci modelu konstrukce.

Kombinace zahrnují stálá zatížení, užité zatížení střechy, klimatická zatížení (sníh, vítr) a teplotní účinky v souladu s požadavky norem Eurokód.



KOMBINACE

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [·]
MSÚ-Sada B (auto)		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS4 - údržba	1,000
			ZS5 - (plný sníh)	1,000
			ZS6 - (navátý sníh)	1,000
			ZS7 - vítr +X	1,000
			ZS8 - vítr -X	1,000
			ZS9 - vítr +Y	1,000
			ZS10 - vítr -Y	1,000
			ZS11 - vítr φ_{max}	1,000
			ZS12 - vítr $\varphi=0$	1,000
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	1,000
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	1,000
			ZS15 - stabilitní síly	1,000
			ZS2 - prosklené střechy	1,000
MSP-Char (auto)		EN-MSP charakteristická	ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS4 - údržba	1,000
			ZS5 - (plný sníh)	1,000
			ZS6 - (navátý sníh)	1,000
			ZS7 - vítr +X	1,000
			ZS8 - vítr -X	1,000
			ZS9 - vítr +Y	1,000
			ZS10 - vítr -Y	1,000
			ZS11 - vítr φ_{max}	1,000
			ZS12 - vítr $\varphi=0$	1,000
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	1,000
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	1,000
			ZS15 - stabilitní síly	1,000
			ZS2 - prosklené střechy	1,000
CO1	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/1	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350
CO2	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/2	Lineární - únosnost	ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS5 - (plný sníh)	1,500
CO3	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/1	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350
CO4	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/2	Lineární - únosnost	ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS4 - údržba	1,500
CO5	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/3	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,000
CO6	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/4	Lineární - únosnost	ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS8 - vítr -X	1,500
CO7	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/5	Lineární - únosnost	ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	0,900
			ZS15 - stabilitní síly	1,000
CO8	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350
CO9	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS6 - (navátý sníh)	1,500
CO10	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS7 - vítr +X	0,750
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	1,500
CO11	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS15 - stabilitní síly	0,900
CO12	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350
CO13	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS6 - (navátý sníh)	1,500
CO14	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS9 - vítr +Y	0,900
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	0,900
CO15	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS15 - stabilitní síly	1,350
CO16	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350
CO17	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS6 - (navátý sníh)	1,500
CO18	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS10 - vítr -Y	0,900
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	0,900
CO19	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS15 - stabilitní síly	1,350
CO20	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/6	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Název práce: Návrh ocelové konstrukce zastřešení obchodní pasáže

Část B: Statický výpočet

16

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C09	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/7	Lineární - únosnost	ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS6 - (navátý sníh)	1,500
			ZS8 - vítr -X	0,900
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	0,900
			ZS15 - stabilitní síly	1,350
			ZS1 - vlastní tíha	1,350
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS6 - (navátý sníh)	1,500
			ZS9 - vítr +Y	0,900
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	0,900
C010	Generováno z MSÚ-Sada B (auto)/8	Lineární - únosnost	ZS15 - stabilitní síly	1,350
			ZS1 - vlastní tíha	1,350
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS6 - (navátý sníh)	1,500
			ZS7 - vítr +X	0,900
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	0,900
			ZS15 - stabilitní síly	0,900
			ZS1 - vlastní tíha	1,350
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS6 - (navátý sníh)	1,500
MSP-Char (auto)1		Obálka - použitelnost	ZS7 - vítr +X	0,900
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	0,900
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	0,900
			ZS15 - stabilitní síly	1,350
			ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS15 - stabilitní síly	1,000
			ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS4 - údržba	1,000
MSP-Char (auto)2		Obálka - použitelnost	ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	0,600
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	0,600
			ZS15 - stabilitní síly	0,600
			ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS4 - údržba	0,000
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	1,000
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	1,000
			ZS15 - stabilitní síly	1,000
			ZS1 - vlastní tíha	1,000
MSP-Char (auto)3		Obálka - použitelnost	ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS4 - údržba	0,000
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	1,000
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	1,000
			ZS15 - stabilitní síly	1,000
			ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS4 - údržba	0,000
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	1,000
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	1,000
MSP-Char (auto)4		Obálka - použitelnost	ZS15 - stabilitní síly	1,000
			ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS5 - (plný sníh)	1,000
			ZS6 - (navátý sníh)	1,000
			ZS7 - vítr +X	0,600
			ZS8 - vítr -X	0,600
			ZS9 - vítr +Y	0,600
			ZS10 - vítr -Y	0,600
			ZS11 - vítr φ_{max}	0,600
			ZS12 - vítr $\varphi=0$	0,600
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	0,600
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	0,600
			ZS15 - stabilitní síly	1,000
MSP-Char (auto)5		Obálka - použitelnost	ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS5 - (plný sníh)	0,500
			ZS6 - (navátý sníh)	0,500
			ZS7 - vítr +X	1,000
			ZS8 - vítr -X	1,000
			ZS9 - vítr +Y	1,000
			ZS10 - vítr -Y	1,000
			ZS11 - vítr φ_{max}	1,000
			ZS12 - vítr $\varphi=0$	1,000
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	0,600
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	0,600
			ZS15 - stabilitní síly	1,000
MSP-Char (auto)6		Obálka - použitelnost	ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS5 - (plný sníh)	0,500
			ZS6 - (navátý sníh)	0,500
			ZS7 - vítr +X	0,600
			ZS8 - vítr -X	0,600
			ZS9 - vítr +Y	0,600
			ZS10 - vítr -Y	0,600
			ZS11 - vítr φ_{max}	0,600
			ZS12 - vítr $\varphi=0$	0,600
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	1,000
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	1,000
			ZS15 - stabilitní síly	1,000
MSÚ-Sada B (auto)1		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS15 - stabilitní síly	1,350
			ZS1 - vlastní tíha	1,350
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,350



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Název práce: Návrh ocelové konstrukce zastřešení obchodní pasáže

Část B: Statický výpočet

17

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSÚ-Sada B (auto)2		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS15 - stabilizní síly	1,000
MSÚ-Sada B (auto)3		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS4 - údržba	1,500
			ZS13 - teplotní zatížení ΔT -	0,900
			ZS14 - teplotní zatížení ΔT +	0,900
			ZS15 - stabilizní síly	1,350
MSÚ-Sada B (auto)4		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS4 - údržba	1,500
			ZS13 - teplotní zatížení ΔT -	0,900
			ZS14 - teplotní zatížení ΔT +	0,900
			ZS15 - stabilizní síly	1,000
MSÚ-Sada B (auto)5		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS13 - teplotní zatížení ΔT -	1,500
			ZS14 - teplotní zatížení ΔT +	1,500
			ZS15 - stabilizní síly	1,350
MSÚ-Sada B (auto)6		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS13 - teplotní zatížení ΔT -	1,500
			ZS14 - teplotní zatížení ΔT +	1,500
			ZS15 - stabilizní síly	1,000
MSÚ-Sada B (auto)7		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS5 - (plný sníh)	1,500
			ZS6 - (navátý sníh)	1,500
			ZS7 - vítr +X	0,900
			ZS8 - vítr -X	0,900
			ZS9 - vítr +Y	0,900
			ZS10 - vítr -Y	0,900
			ZS11 - vítr φ_{max}	0,900
			ZS12 - vítr $\varphi=0$	0,900
			ZS13 - teplotní zatížení ΔT -	0,900
			ZS14 - teplotní zatížení ΔT +	0,900
			ZS15 - stabilizní síly	1,350
MSÚ-Sada B (auto)8		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS5 - (plný sníh)	1,500
			ZS6 - (navátý sníh)	1,500
			ZS7 - vítr +X	0,900
			ZS8 - vítr -X	0,900
			ZS9 - vítr +Y	0,900
			ZS10 - vítr -Y	0,900
			ZS11 - vítr φ_{max}	0,900
			ZS12 - vítr $\varphi=0$	0,900
			ZS13 - teplotní zatížení ΔT -	0,900
			ZS14 - teplotní zatížení ΔT +	0,900
			ZS15 - stabilizní síly	1,000
MSÚ-Sada B (auto)9		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,350
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS5 - (plný sníh)	0,750
			ZS6 - (navátý sníh)	0,750
			ZS7 - vítr +X	1,500
			ZS8 - vítr -X	1,500
			ZS9 - vítr +Y	1,500
			ZS10 - vítr -Y	1,500
			ZS11 - vítr φ_{max}	1,500
			ZS12 - vítr $\varphi=0$	1,500
			ZS13 - teplotní zatížení ΔT -	0,900
			ZS14 - teplotní zatížení ΔT +	0,900
			ZS15 - stabilizní síly	1,350
MSÚ-Sada B (auto)10		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS5 - (plný sníh)	0,750
			ZS6 - (navátý sníh)	0,750
			ZS7 - vítr +X	1,500
			ZS8 - vítr -X	1,500
			ZS9 - vítr +Y	1,500
			ZS10 - vítr -Y	1,500
			ZS11 - vítr φ_{max}	1,500
			ZS12 - vítr $\varphi=0$	1,500
			ZS13 - teplotní zatížení ΔT -	0,900
			ZS14 - teplotní zatížení ΔT +	0,900



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Název práce: Návrh ocelové konstrukce zastřešení obchodní pasáže
Část B: Statický výpočet


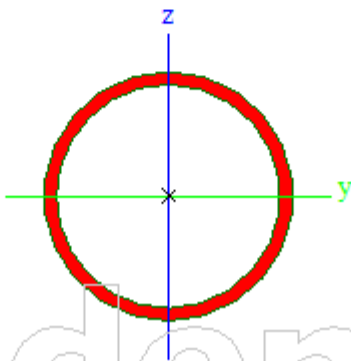
18

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSÚ-Sada B (auto)11		Obálka - únosnost	ZS15 - stabilitní síly	1,000
			ZS1 - vlastní tíha	1,350
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,350
			ZS5 - (plný sníh)	0,750
			ZS6 - (navátý sníh)	0,750
			ZS7 - vítr +X	0,900
			ZS8 - vítr -X	0,900
			ZS9 - vítr +Y	0,900
			ZS10 - vítr -Y	0,900
			ZS11 - vítr ϕ_{max}	0,900
			ZS12 - vítr $\phi=0$	0,900
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	1,500
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	1,500
			ZS15 - stabilitní síly	1,350
MSÚ-Sada B (auto)12		Obálka - únosnost	ZS1 - vlastní tíha	1,000
			ZS3 - TZB + osvětlení	1,000
			ZS5 - (plný sníh)	0,750
			ZS6 - (navátý sníh)	0,750
			ZS7 - vítr +X	0,900
			ZS8 - vítr -X	0,900
			ZS9 - vítr +Y	0,900
			ZS10 - vítr -Y	0,900
			ZS11 - vítr ϕ_{max}	0,900
			ZS12 - vítr $\phi=0$	0,900
			ZS13 - teplotní zatížení $\Delta T-$	1,500
			ZS14 - teplotní zatížení $\Delta T+$	1,500
			ZS15 - stabilitní síly	1,000




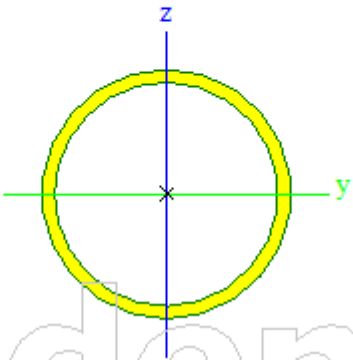
6. PRŮŘEZY

6.1 Horní pás vazníku

Horní pás vazníku		
Typ	CHS244.5/12.5	
Kód tvaru	3 - Kruhové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [mm ²]	9,1100e+03	
A _y [mm ²], A _z [mm ²]	5,8000e+03	5,8000e+03
A _t [m ² /m], A _D [m ² /m]	7,6800e-01	1,4576e+00
c _{y,ucs} [mm], c _{z,ucs} [mm]	122,25	122,25
α [deg]	0,00	
I _y [mm ⁴], I _z [mm ⁴]	6,1470e+07	6,1470e+07
i _y [mm], i _z [mm]	82,14	82,14
W _{el,y} [mm ³], W _{el,z} [mm ³]	5,0300e+05	5,0300e+05
W _{pl,y} [mm ³], W _{pl,z} [mm ³]	6,6283e+05	6,6283e+05
M _{pl,y,+} [Nmm], M _{pl,y,-} [Nmm]	239002300,74	239002300,74
M _{pl,z,+} [Nmm], M _{pl,z,-} [Nmm]	239002300,74	239002300,74
d _y [mm], d _z [mm]	0,00	0,00
I _t [mm ⁴], I _w [mm ⁶]	1,2290e+08	1,2568e-21
β _y [mm], β _z [mm]	0,00	0,00
Obrázek		


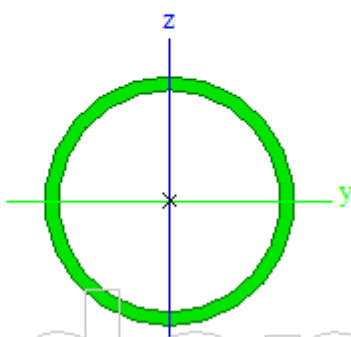


6.2 Dolní pás vazníku

Dolní pás vazníku		
Typ	CHS244.5/12.5	
Kód tvaru	3 - Kruhové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [mm ²]	9,1100e+03	
A _y [mm ²], A _z [mm ²]	5,8000e+03	5,8000e+03
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	7,6800e-01	1,4576e+00
c _{y.ucs} [mm], c _{z.ucs} [mm]	122,25	122,25
α [deg]	0,00	
I _y [mm ⁴], I _z [mm ⁴]	6,1470e+07	6,1470e+07
i _y [mm], i _z [mm]	82,14	82,14
W _{el.y} [mm ³], W _{el.z} [mm ³]	5,0300e+05	5,0300e+05
W _{pl.y} [mm ³], W _{pl.z} [mm ³]	6,6283e+05	6,6283e+05
M _{pl.y,+} [Nmm], M _{pl.y,-} [Nmm]	239002300,74	239002300,74
M _{pl.z,+} [Nmm], M _{pl.z,-} [Nmm]	239002300,74	239002300,74
d _y [mm], d _z [mm]	0,00	0,00
I _t [mm ⁴], I _w [mm ⁶]	1,2290e+08	1,2568e-21
β _y [mm], β _z [mm]	0,00	0,00
Obrázek		


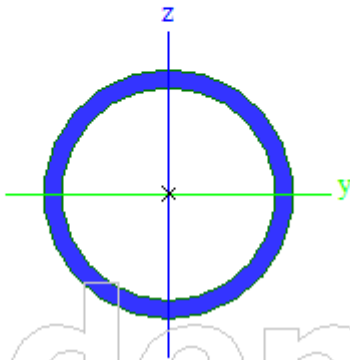


6.3 Diagonála vazníku – střední

Diagonála vazníku – střední		
Typ	CHS114.3/6.3	
Kód tvaru	3 - Kruhové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [mm ²]	2,1400e+03	
A _y [mm ²], A _z [mm ²]	1,3608e+03	1,3608e+03
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	3,5900e-01	6,7855e-01
c _{y,UCS} [mm], c _{z,UCS} [mm]	57,15	57,15
α [deg]	0,00	
I _y [mm ⁴], I _z [mm ⁴]	3,1300e+06	3,1300e+06
i _y [mm], i _z [mm]	38,24	38,24
W _{el,y} [mm ³], W _{el,z} [mm ³]	5,4700e+04	5,4700e+04
W _{pl,y} [mm ³], W _{pl,z} [mm ³]	7,2406e+04	7,2406e+04
M _{pl,y,+} [Nmm], M _{pl,y,-} [Nmm]	26108170,28	26108170,28
M _{pl,z,+} [Nmm], M _{pl,z,-} [Nmm]	26108170,28	26108170,28
d _y [mm], d _z [mm]	0,00	0,00
I _t [mm ⁴], I _w [mm ⁶]	6,2500e+06	3,2453e-23
β _y [mm], β _z [mm]	0,00	0,00
Obrázek		


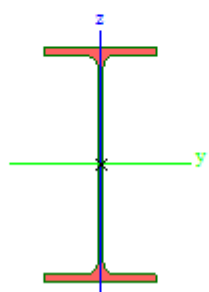


6.4 Diagonála vazníku – krajní

Diagonála vazníku - krajní		
Typ	CHS139.7/10.0	
Kód tvaru	3 - Kruhové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [mm ²]	4,0700e+03	
A _y [mm ²], A _z [mm ²]	2,5940e+03	2,5940e+03
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	4,3900e-01	8,1489e-01
c _{y,ucs} [mm], c _{z,ucs} [mm]	69,85	69,85
α [deg]	0,00	
I _y [mm ⁴], I _z [mm ⁴]	8,6200e+06	8,6200e+06
i _y [mm], i _z [mm]	46,02	46,02
W _{el,y} [mm ³], W _{el,z} [mm ³]	1,2300e+05	1,2300e+05
W _{pl,y} [mm ³], W _{pl,z} [mm ³]	1,6590e+05	1,6590e+05
M _{pl,y,+} [Nmm], M _{pl,y,-} [Nmm]	59818527,37	59818527,37
M _{pl,z,+} [Nmm], M _{pl,z,-} [Nmm]	59818527,37	59818527,37
d _y [mm], d _z [mm]	0,00	0,00
I _t [mm ⁴], I _w [mm ⁶]	1,7240e+07	9,4157e-23
β _y [mm], β _z [mm]	0,00	0,00
Obrázek		


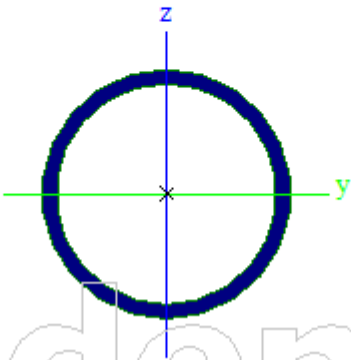


6.5 Vaznice

Vaznice		
Typ	IPE360	
Kód tvaru	1 - I průřez	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	b
A [mm ²]	7,2700e+03	
A_y [mm ²], A_z [mm ²]	4,3051e+03	2,9457e+03
A_L [m ² /m], A_D [m ² /m]	1,3530e+00	1,3530e+00
$c_{y,UCS}$ [mm], $c_{z,UCS}$ [mm]	85,00	180,00
α [deg]	0,00	
I_y [mm ⁴], I_z [mm ⁴]	1,6260e+08	1,0430e+07
i_y [mm], i_z [mm]	149,55	37,88
$W_{el,y}$ [mm ³], $W_{el,z}$ [mm ³]	9,0360e+05	1,2270e+05
$W_{pl,y}$ [mm ³], $W_{pl,z}$ [mm ³]	1,0190e+06	1,9100e+05
$M_{pl,y,+}$ [Nmm], $M_{pl,y,-}$ [Nmm]	362091608,85	362091608,85
$M_{pl,z,+}$ [Nmm], $M_{pl,z,-}$ [Nmm]	67859590,75	67859590,75
d_y [mm], d_z [mm]	0,00	0,00
I_t [mm ⁴], I_w [mm ⁶]	3,7440e+05	3,1350e+11
β_y [mm], β_z [mm]	0,00	0,00
Obrázek		


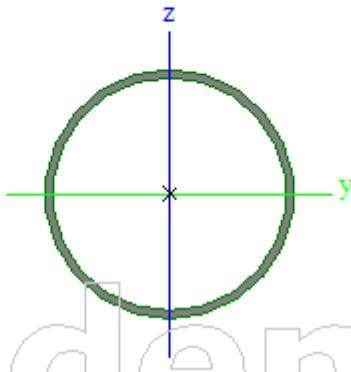


6.6 Vodorovné ztužení

Vodorovné ztužení střechy		
Typ	CHS139.7/8.0	
Kód tvaru	3 - Kruhové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [mm ²]	3,3100e+03	
A _y [mm ²], A _z [mm ²]	2,1072e+03	2,1072e+03
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	4,3900e-01	8,2745e-01
c _{y,UCS} [mm], c _{z,UCS} [mm]	69,85	69,85
α [deg]	0,00	
I _y [mm ⁴], I _z [mm ⁴]	7,2000e+06	7,2000e+06
i _y [mm], i _z [mm]	46,64	46,64
W _{el,y} [mm ³], W _{el,z} [mm ³]	1,0300e+05	1,0300e+05
W _{pl,y} [mm ³], W _{pl,z} [mm ³]	1,3674e+05	1,3674e+05
M _{pl,y,+} [Nmm], M _{pl,y,-} [Nmm]	49305052,04	49305052,04
M _{pl,z,+} [Nmm], M _{pl,z,-} [Nmm]	49305052,04	49305052,04
d _y [mm], d _z [mm]	0,00	0,00
I _t [mm ⁴], I _w [mm ⁶]	1,4410e+07	1,6563e-22
β _y [mm], β _z [mm]	0,00	0,00
Obrázek		


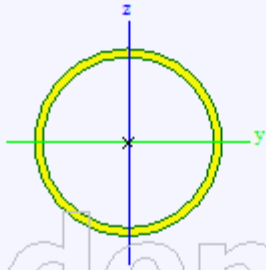


6.7 Svislé ztužení

Svislé ztužení		
Typ	CHS114.3/3.6	
Kód tvaru	3 - Kruhové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [mm ²]	1,2500e+03	
A _y [mm ²], A _z [mm ²]	7,9704e+02	7,9704e+02
A _t [m ² /m], A _D [m ² /m]	3,5900e-01	6,9551e-01
c _{y,UCS} [mm], c _{z,UCS} [mm]	57,15	57,15
α [deg]	0,00	
I _y [mm ⁴], I _z [mm ⁴]	1,9200e+06	1,9200e+06
i _y [mm], i _z [mm]	39,19	39,19
W _{el,y} [mm ³], W _{el,z} [mm ³]	3,3600e+04	3,3600e+04
W _{pl,y} [mm ³], W _{pl,z} [mm ³]	4,3436e+04	4,3436e+04
M _{pl,y,+} [Nmm], M _{pl,y,-} [Nmm]	15661987,30	15661987,30
M _{pl,z,+} [Nmm], M _{pl,z,-} [Nmm]	15661987,30	15661987,30
d _y [mm], d _z [mm]	0,00	0,00
I _t [mm ⁴], I _w [mm ⁶]	3,8400e+06	8,8683e-24
β _y [mm], β _z [mm]	0,00	0,00
Obrázek		



6.8 Sloup

Sloup		
Typ	CHS457.0/20.0	
Kód tvaru	3 - Kruhové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [mm ²]	2,7500e+04	
A _y [mm ²], A _z [mm ²]	1,7480e+04	1,7480e+04
A _L [m ² /m], A ₀ [m ² /m]	1,4400e+00	2,7456e+00
c _{y,LCS} [mm], c _{z,LCS} [mm]	228,50	228,50
α [deg]	0,00	
I _y [mm ⁴], I _z [mm ⁴]	6,5680e+08	6,5680e+08
i _y [mm], i _z [mm]	154,54	154,54
W _{el,y} [mm ³], W _{el,z} [mm ³]	2,8740e+06	2,8740e+06
W _{pl,y} [mm ³], W _{pl,z} [mm ³]	3,7618e+06	3,7618e+06
M _{pl,y,+} [Nmm], M _{pl,y,-} [Nmm]	1356413295,62	1356413295,62
M _{pl,z,+} [Nmm], M _{pl,z,-} [Nmm]	1356413295,62	1356413295,62
d _y [mm], d _z [mm]	0,00	0,00
I _t [mm ⁴], I _w [mm ⁶]	1,3140e+09	3,7880e+20
β _y [mm], β _z [mm]	0,00	0,00
Obrázek		

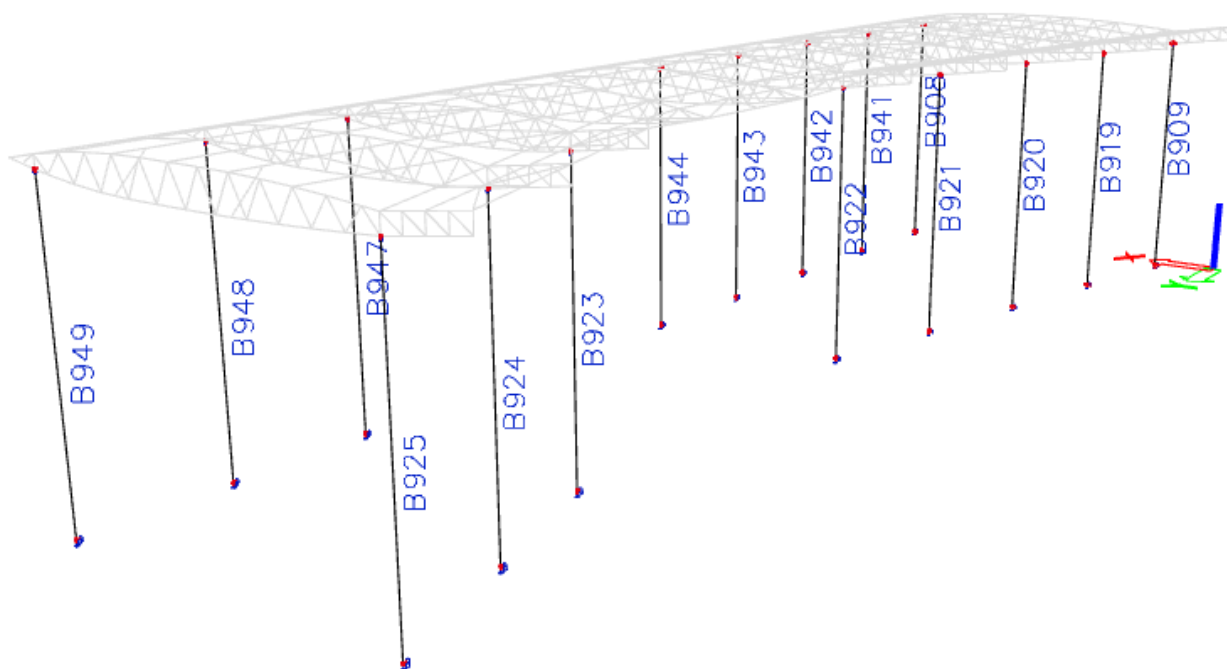
Vysvětlivky symbolů	
Kód tvaru	d - Průměr w - Tloušťka
A	Plocha
A _y	Smyková plocha ve směru hlavní osy y
A _z	Smyková plocha ve směru hlavní osy z
A _L	Obvodová povrchná jednotka délky
A ₀	Vysýchající povrchná jednotka délky
c _{y,LCS}	Souřadnice těžiště ve směru osy Y zadávacího systému
c _{z,LCS}	Souřadnice těžiště ve směru osy Z zadávacího systému
I _{y,LCS}	Moment setrvačnosti kolem osy YLSS
I _{z,LCS}	Moment setrvačnosti kolem osy ZLSS
I _{yz,LCS}	Moment setrvačnosti I _{yz} v LSS
α	Úhel pootočení hlavní osy
I _y	Moment setrvačnosti kolem hlavní osy y
I _z	Moment setrvačnosti kolem hlavní osy z
i _y	Poloměr setrvačnosti kolem hlavní osy y

Vysvětlivky symbolů	
i _z	Poloměr setrvačnosti kolem hlavní osy z
W _{el,y}	Pružný modul průřezu k hlavní ose y
W _{el,z}	Pružný modul průřezu k hlavní ose z
W _{pl,y}	Plastický modul průřezu k hlavní ose y
W _{pl,z}	Plastický modul průřezu k hlavní ose z
M _{pl,y,+}	Plastický moment kolem hlavní osy y pro kladný moment M _y
M _{pl,y,-}	Plastický moment kolem hlavní osy y pro záporný moment M _y
M _{pl,z,+}	Plastický moment kolem hlavní osy z pro kladný moment M _z
M _{pl,z,-}	Plastický moment kolem hlavní osy z pro záporný moment M _z
d _y	Souřadnice středu smyku ve směru hlavní osy y měřená od těžiště
d _z	Souřadnice středu smyku ve směru hlavní osy z měřená od těžiště
I _t	Moment setrvačnosti v prostém kroucení
I _w	Výsečový moment setrvačnosti
β _y	Mono-symetrická konstanta kolem hlavní osy y
β _z	Mono-symetrická konstanta kolem hlavní osy z



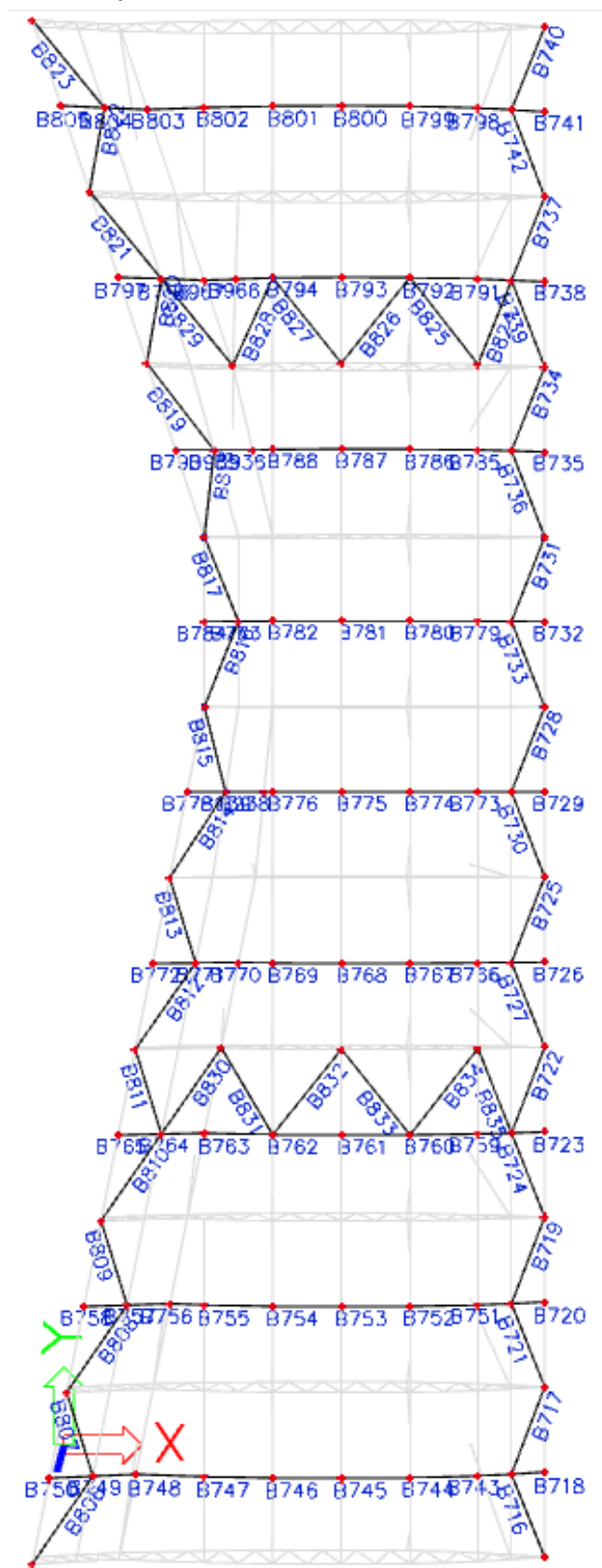
7. OZNAČENÍ PRUTŮ NA KONSTRUKCI

7.1 Sloup – CHS 457.0/20.0



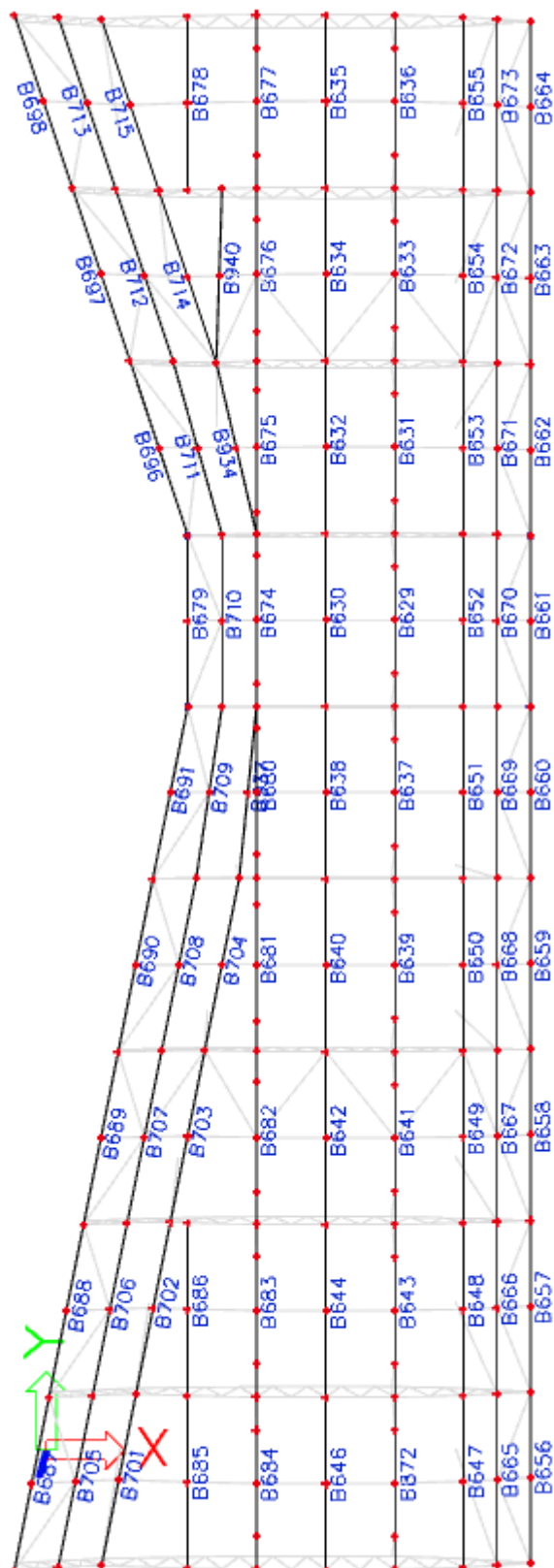


7.2 Vodorovné ztužení střechy – CHS 139.7/8.0

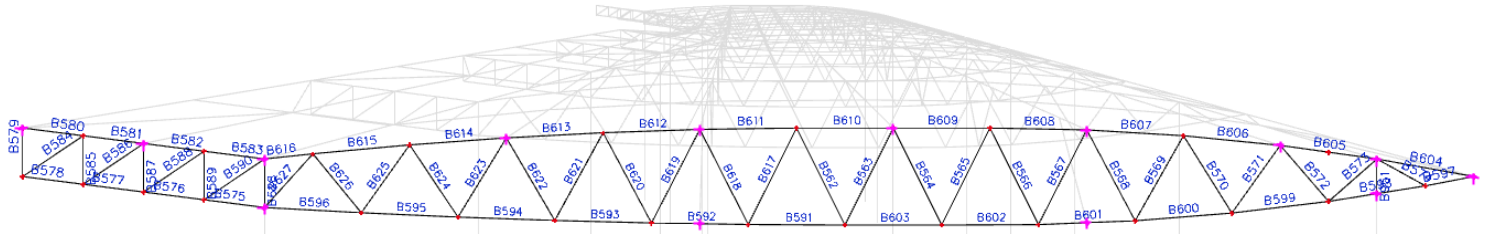




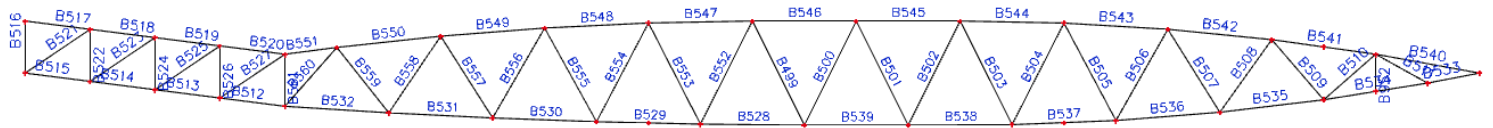
7.3 Vaznice – IPE 360



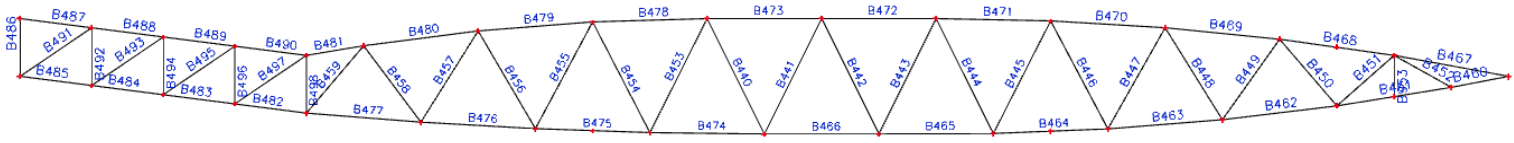
7.4 Střešní vazník v ose 01



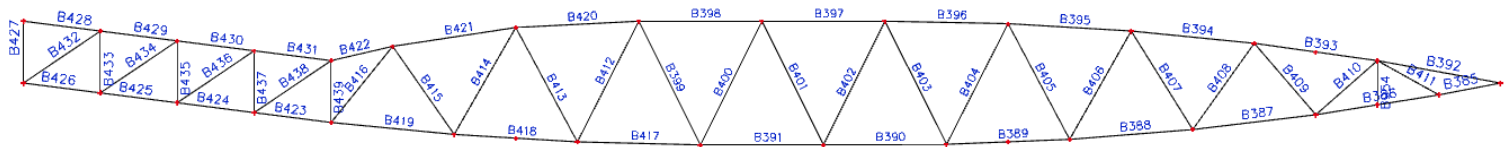
7.5 Střešní vazník v ose 02



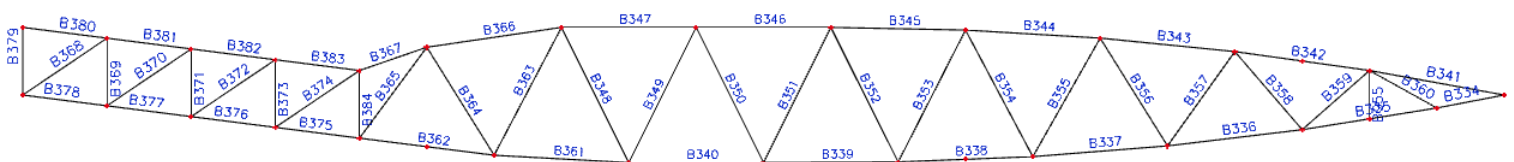
7.6 Střešní vazník v ose 03



7.7 Střešní vazník v ose 04

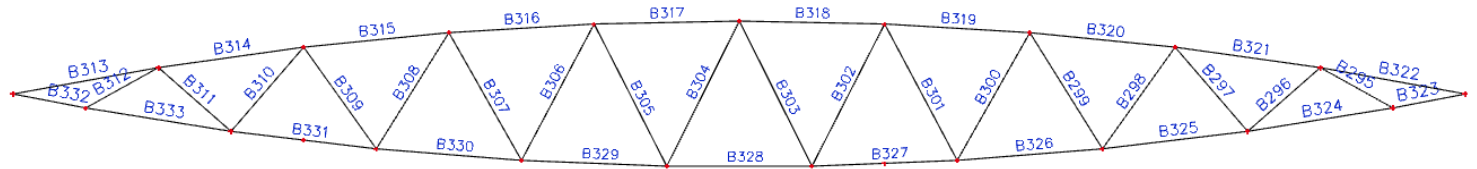


7.8 Střešní vazník v ose 05

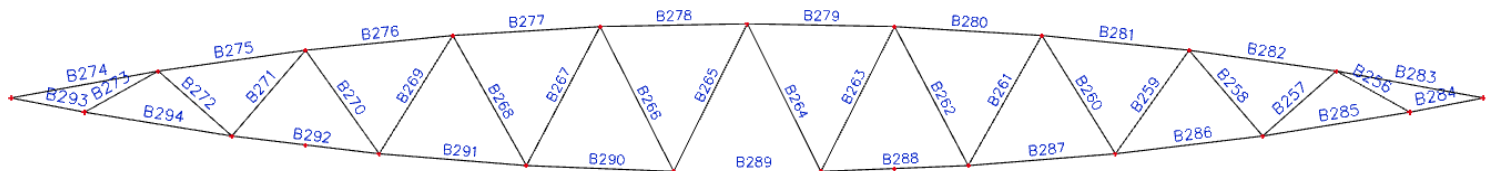




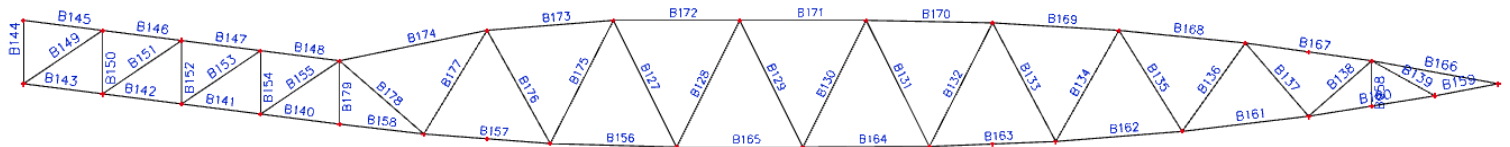
7.9 Střešní vazník v ose 06



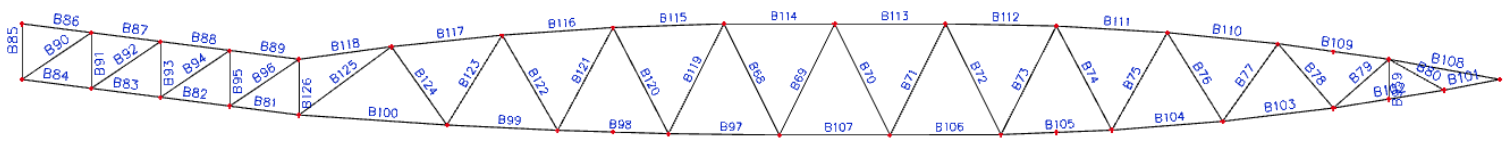
7.10 Střešní vazník v ose 07



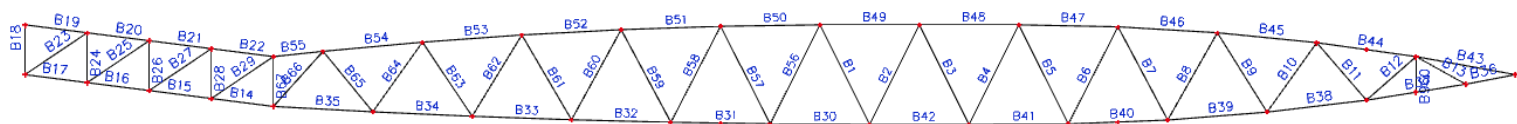
7.11 Střešní vazník v ose 08



7.12 Střešní vazník v ose 09

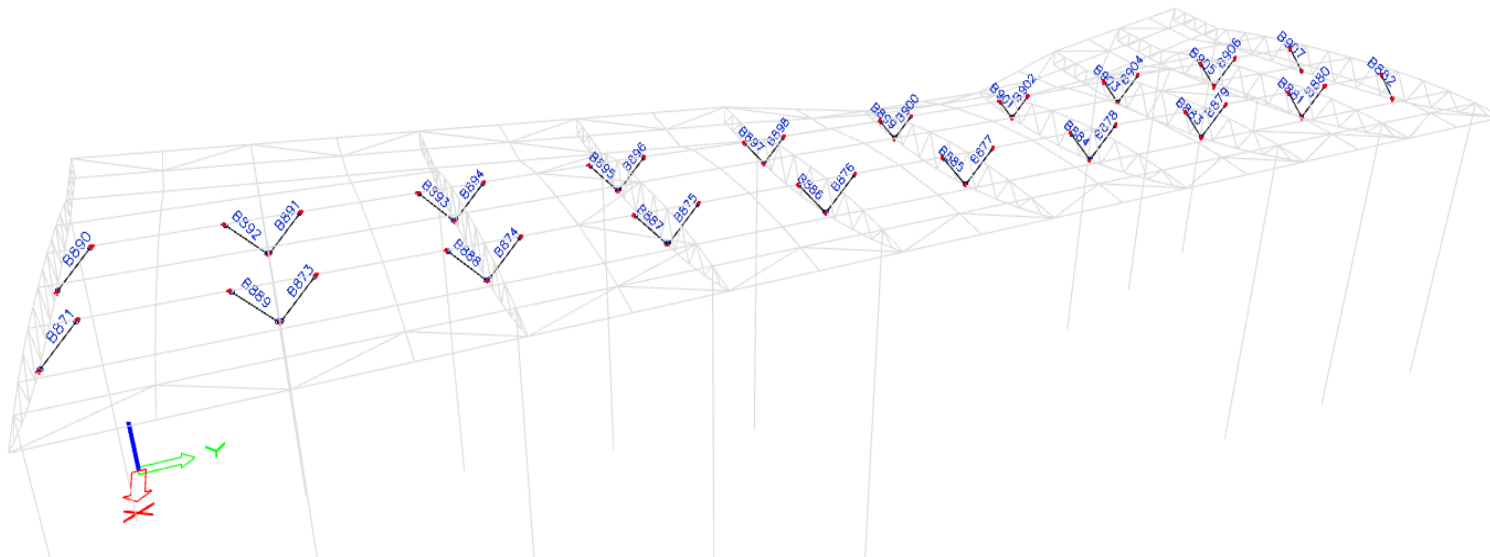


7.13 Střešní vazník v ose 10





7.14 Svislé ztužení – CHS 114.3/3.6

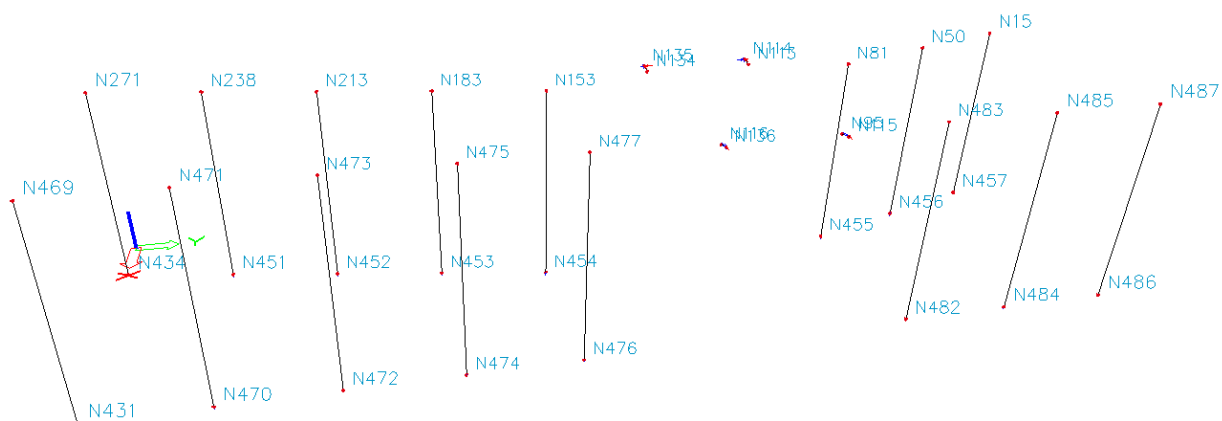




8. REAKCE

8.1 Popis podpor

Reakce
Hodnoty: R_x , R_y , R_z , M_x , M_y , M_z
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše





8.2 Globální extrémy

Lineární výpočet

Třída: Vše MSÚ+MSP

Systém: Globální

Extrém: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Sloup - CHS457.0/20.0

Uzlové reakce

Jméno	Stav	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Sn5/N431	MSÚ-Sada B (auto)10/1	-0,77	-8,04	33,94	57,43	-14,68	-0,09
Sn6/N434	MSÚ-Sada B (auto)/2	0,45	7,45	260,84	-47,01	8,48	1,26
Sn17/N454	MSÚ-Sada B (auto)10/3	-0,40	-0,45	-21,13	8,46	-7,52	-2,04
Sn19/N456	MSÚ-Sada B (auto)/4	-0,88	-3,00	735,77	0,86	-16,50	4,81
Sn5/N431	MSÚ-Sada B (auto)/5	0,31	5,52	214,26	-47,71	5,95	-3,59
Sn5/N431	MSÚ-Sada B (auto)12/6	-1,33	-6,64	60,95	68,90	-25,29	-1,97
Sn6/N434	MSÚ-Sada B (auto)/7	-9,35	-0,89	193,74	16,65	-82,47	-4,00
Sn6/N434	CO3/8	8,46	0,58	88,34	-10,90	65,85	2,24
Sn5/N431	MSÚ-Sada B (auto)/9	-5,75	-1,48	237,85	27,95	-52,06	-7,56
Sn29/N486	MSÚ-Sada B (auto)/4	-0,66	-3,18	256,72	3,26	-12,56	6,87

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)10/1	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS9 + 0.90*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS5 + 1.50*ZS10 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)10/3	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS12 + 0.90*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS10 + 1.50*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/6	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS9 + 1.50*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/7	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS7 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
CO3/8	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS8 + 0.90*ZS14 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/9	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS7 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2



9. VNITŘNÍ SÍLY

Vnitřní síly dle průřezu

9.1 Horní pás vazníků

Lineární výpočet

Třída: Vše MSÚ+MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Horní pás vazníků - CHS244.5/12.5

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B275	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	Horní pás vazníků - CHS244.5/12.5	-1376,75	12,38	4,18	-0,15	5,68	-16,34
B314	2,020	MSÚ-Sada B (auto)12/2	Horní pás vazníků - CHS244.5/12.5	1330,86	10,61	-8,14	-1,21	-2,83	5,51
B275	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/3	Horní pás vazníků - CHS244.5/12.5	1307,50	-14,83	-6,56	1,06	11,97	21,56
B274	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Horní pás vazníků - CHS244.5/12.5	811,81	10,74	30,70	-8,70	-20,39	-7,22
B117	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/5	Horní pás vazníků - CHS244.5/12.5	-191,68	6,17	3,62	-38,08	4,78	-3,11
B118	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/6	Horní pás vazníků - CHS244.5/12.5	483,05	1,89	-34,37	25,96	16,16	-2,83
B367	1,058	MSÚ-Sada B (auto)/7	Horní pás vazníků - CHS244.5/12.5	452,59	7,12	-57,56	-1,51	-48,14	5,12
B274	2,033	MSÚ-Sada B (auto)/8	Horní pás vazníků - CHS244.5/12.5	113,50	5,11	25,83	-9,33	42,52	5,08
B314	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/3	Horní pás vazníků - CHS244.5/12.5	1282,66	11,96	-7,09	-1,05	13,34	-17,56

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS10 + 1.50*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/2	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS12 + 1.50*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)12/3	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS7 + 1.50*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS9 + 1.50*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/7	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/8	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2



9.2 Dolní pás vazníku

Lineární výpočet

Třída: Vše MSÚ+MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Horní pás vazníku - CHS244,5/12,5

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B275	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	Horní pás vazníku - CHS244,5/12,5	-1376,75	12,38	4,18	-0,15	5,68	-16,34
B314	2,020	MSÚ-Sada B (auto)12/2	Horní pás vazníku - CHS244,5/12,5	1330,86	10,61	-8,14	-1,21	-2,83	5,51
B275	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/3	Horní pás vazníku - CHS244,5/12,5	1307,50	-14,83	-6,56	1,06	11,97	21,56
B274	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Horní pás vazníku - CHS244,5/12,5	811,81	10,74	30,70	-8,70	-20,39	-7,22
B117	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/5	Horní pás vazníku - CHS244,5/12,5	-191,68	6,17	3,62	-38,08	4,78	-3,11
B118	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/6	Horní pás vazníku - CHS244,5/12,5	483,05	1,89	-34,37	25,96	16,16	-2,83
B367	1,058	MSÚ-Sada B (auto)/7	Horní pás vazníku - CHS244,5/12,5	452,59	7,12	-57,56	-1,51	-48,14	5,12
B274	2,033	MSÚ-Sada B (auto)/8	Horní pás vazníku - CHS244,5/12,5	113,50	5,11	25,83	-9,33	42,52	5,08
B314	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/3	Horní pás vazníku - CHS244,5/12,5	1282,66	11,96	-7,09	-1,05	13,34	-17,56

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 0,75*ZS6 + 0,90*ZS10 + 1,50*ZS14 + 1,35*ZS15 + 1,35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/2	ZS1 + ZS3 + 0,90*ZS12 + 1,50*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)12/3	ZS1 + ZS3 + 0,90*ZS7 + 1,50*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/4	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 0,75*ZS6 + 0,90*ZS9 + 1,50*ZS13 + 1,35*ZS15 + 1,35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/5	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 1,50*ZS5 + 0,90*ZS13 + 1,35*ZS15 + 1,35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/6	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 1,50*ZS5 + 0,90*ZS9 + 0,90*ZS13 + 1,35*ZS15 + 1,35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/7	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 1,50*ZS6 + 0,90*ZS10 + 0,90*ZS14 + 1,35*ZS15 + 1,35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/8	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 1,50*ZS6 + 0,90*ZS10 + 0,90*ZS13 + 1,35*ZS15 + 1,35*ZS2



9.3 Diagonála vazníku - střední

Lineární výpočet

Třída: Vše MSÚ+MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém: 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B349	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3	-185,06	-0,01	-0,81	-0,02	1,06	0,02
B555	2,058	MSÚ-Sada B (auto)/2	Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3	194,33	-0,10	1,36	0,02	1,31	-0,08
B261	2,017	MSÚ-Sada B (auto)/3	Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3	-5,45	0,23	-1,57	-0,07	-1,53	0,28
B554	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3	-126,58	0,07	1,60	0,01	-1,30	0,01
B60	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3	-43,35	-0,41	0,45	-0,17	-0,33	0,75
B61	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/5	Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3	41,24	1,07	0,45	0,23	-0,32	-0,40
B555	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3	193,93	-0,10	1,58	0,02	-1,71	0,13
B554	2,143	MSÚ-Sada B (auto)/2	Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3	-127,00	0,07	1,38	0,01	1,89	0,16
B622	1,974	MSÚ-Sada B (auto)/4	Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3	47,57	-0,70	0,25	-0,05	0,37	-1,10
B61	1,974	MSÚ-Sada B (auto)/6	Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3	45,98	1,22	0,26	0,16	0,37	1,97

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/3	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS5 + 0.90*ZS10 + 1.50*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS8 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS8 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2



9.4 Diagonála vazníku – krajní

Lineární výpočet

Třída: Vše MSU+MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B125	2,069	MSU-Sada B (auto)/1	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-638,18	4,15	-2,38	2,28	-4,12	2,23
B178	1,764	MSU-Sada B (auto)/2	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	445,44	-1,73	2,58	-0,54	0,25	-2,76
B122	0,000	MSU-Sada B (auto)/3	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	223,20	6,92	3,12	1,30	-3,41	-3,56
B952	0,000	MSU-Sada B (auto)/4	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-404,03	1,38	18,75	-0,08	-6,14	-0,66
B125	0,000	MSU-Sada B (auto)/5	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-614,03	3,79	-1,52	2,46	0,10	-5,93
B312	1,143	MSU-Sada B (auto)12/6	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	1,49	-3,99	-18,46	0,67	-11,32	-1,86
B311	1,329	MSU-Sada B (auto)/7	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	16,92	0,91	16,11	-0,74	12,35	0,86
B124	1,726	MSU-Sada B (auto)/8	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	304,45	-10,57	6,29	-1,57	6,08	-12,91
B123	0,000	MSU-Sada B (auto)/3	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-315,51	-7,87	2,60	-1,33	-1,67	10,68

Jméno	Klíč kombinace
MSU-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSU-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSU-Sada B (auto)/3	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSU-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSU-Sada B (auto)/5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSU-Sada B (auto)12/6	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS12 + 1.50*ZS13 + ZS15
MSU-Sada B (auto)/7	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS9 + 1.50*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSU-Sada B (auto)/8	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2



9.5 Vaznice

Lineární výpočet

Třída: Vše MSÚ+MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Vyběr: Vše

Filtr: Průřez = Vaznice - IPE360

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B679	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/1	Vaznice - IPE360	-632,12	-0,62	8,87	0,00	-15,05	2,08
B679	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	Vaznice - IPE360	1181,76	0,07	12,64	0,00	-31,82	-1,04
B701	10,198	MSÚ-Sada B (auto)/3	Vaznice - IPE360	21,28	0,97	-77,90	-0,02	-134,60	2,51
B678	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Vaznice - IPE360	-11,98	-1,01	71,51	0,00	-82,35	2,82
B691	5,123+	MSÚ-Sada B (auto)/5	Vaznice - IPE360	-203,39	0,07	-3,60	-0,07	20,78	0,29
B696	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/6	Vaznice - IPE360	-186,88	-0,09	32,06	0,06	-75,88	0,69
B934	10,272	MSÚ-Sada B (auto)/7	Vaznice - IPE360	-65,66	0,74	-60,03	0,03	-141,04	1,62
B678	5,001+	MSÚ-Sada B (auto)/8	Vaznice - IPE360	-9,16	1,27	6,14	0,01	115,16	-2,89
B680	5,000-	MSÚ-Sada B (auto)/9	Vaznice - IPE360	27,33	-1,73	2,12	-0,03	19,44	-4,62
B652	10,000	MSÚ-Sada B (auto)12/10	Vaznice - IPE360	-4,85	1,78	-14,55	0,00	-31,37	4,47

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)12/1	ZS1 + ZS3 + 0.75*ZS5 + 0.90*ZS8 + 1.50*ZS14 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS7 + 1.50*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/3	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/7	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/8	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/9	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS7 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/10	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS7 + 1.50*ZS13 + ZS15



9.6 Vodorovné ztužení střechy

Lineární výpočet

Třída: Vše MSÚ+MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém: 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B816	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0	-338,22	-0,44	0,93	0,07	0,00	1,50
B816	5,397	MSÚ-Sada B (auto)/12/2	Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0	378,25	0,27	-0,69	-0,01	0,00	0,22
B938	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/10/3	Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0	30,13	-9,30	0,06	-0,14	0,00	2,64
B821	6,516	MSÚ-Sada B (auto)/4	Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0	82,04	-0,05	-1,12	0,13	0,00	-0,09
B821	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0	81,93	-0,05	1,12	0,13	0,00	0,26
B936	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/5	Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0	-68,34	-6,83	0,20	-1,21	0,00	3,76
B938	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/6	Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0	-57,15	22,70	0,09	1,69	0,00	-5,70
B821	3,258	MSÚ-Sada B (auto)/4	Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0	81,93	-0,05	0,00	0,13	1,82	0,09
B938	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/7	Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0	-50,40	23,44	0,09	1,39	0,00	-6,08
B938	0,529	MSÚ-Sada B (auto)/5	Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0	-55,70	23,17	-0,09	1,62	0,00	6,35

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/12/2	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS12 + 1.50*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/10/3	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS8 + 0.90*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS8 + 1.50*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/7	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS7 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2



9.7 Svislé ztužení střechy

Lineární výpočet

Třída: Vše MSÚ+MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Svislé ztužení - CHS114.3/3.6

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B876	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	Svislé ztužení - CHS114.3/3.6	-74,96	-0,02	0,12	-0,04	0,00	0,10
B899	1,806	MSÚ-Sada B (auto)12/2	Svislé ztužení - CHS114.3/3.6	21,11	0,04	-0,06	0,08	0,00	-0,08
B898	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	Svislé ztužení - CHS114.3/3.6	-67,92	-0,42	0,09	-0,02	0,00	0,81
B897	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	Svislé ztužení - CHS114.3/3.6	-67,55	0,35	0,10	-0,09	0,00	-0,61
B890	2,744	MSÚ-Sada B (auto)/4	Svislé ztužení - CHS114.3/3.6	3,63	-0,06	-0,13	-0,05	0,00	0,04
B890	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Svislé ztužení - CHS114.3/3.6	3,38	-0,06	0,13	-0,05	0,00	0,21
B899	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/5	Svislé ztužení - CHS114.3/3.6	-32,29	-0,07	0,06	-0,15	0,00	0,28
B901	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/6	Svislé ztužení - CHS114.3/3.6	-57,48	0,04	0,08	0,18	0,00	-0,25
B890	1,372	MSÚ-Sada B (auto)/4	Svislé ztužení - CHS114.3/3.6	3,50	-0,06	0,00	-0,05	0,09	0,12
B903	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	Svislé ztužení - CHS114.3/3.6	-60,88	0,27	0,11	0,07	0,00	-0,63

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/2	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS11 + 1.50*ZS14 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/3	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS8 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/5	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS7 + 1.50*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS9 + 1.50*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2



9.8 Sloup

Lineární výpočet

Třída: Vše MSÚ+MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Sloup - CHS457.0/20.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B924	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	Sloup - CHS457.0/20.0	-735,77	-3,00	0,88	4,81	-16,50	0,86
B922	18,662	MSÚ-Sada B (auto)10/2	Sloup - CHS457.0/20.0	60,65	-0,45	0,40	-2,04	0,00	0,00
B908	0,000	MSÚ-Sada B (auto)10/3	Sloup - CHS457.0/20.0	-33,94	-8,04	0,77	-0,09	-14,68	57,43
B909	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Sloup - CHS457.0/20.0	-260,84	7,45	-0,45	1,26	8,48	-47,01
B909	0,000	CO3/5	Sloup - CHS457.0/20.0	-88,34	0,58	-8,46	2,24	65,85	-10,90
B908	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/6	Sloup - CHS457.0/20.0	-237,85	-1,48	5,75	-7,56	-52,06	27,95
B949	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	Sloup - CHS457.0/20.0	-256,72	-3,18	0,66	6,87	-12,56	3,26
B909	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/7	Sloup - CHS457.0/20.0	-193,74	-0,89	9,35	-4,00	-82,47	16,65
B908	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	Sloup - CHS457.0/20.0	-214,26	5,52	-0,31	-3,59	5,95	-47,71
B908	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/9	Sloup - CHS457.0/20.0	-60,95	-6,64	1,33	-1,97	-25,29	68,90

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)10/2	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS12 + 0.90*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)10/3	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS9 + 0.90*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS5 + 1.50*ZS10 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
CO3/5	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS8 + 0.90*ZS14 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS7 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/7	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS7 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/8	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS10 + 1.50*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/9	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS9 + 1.50*ZS13 + ZS15



10. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

EC-EN 1993 Posudek oceli MSÚ

10.1 Horní pás vazníku CHS 244.5/12.5

Hodnoty: UC_{celkový}
Lineární výpočet
Třída: Všechny MSU
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = Horní pás vazníku - CHS244.5/12.5

Posudek EN 1993-1-1

Národní dodatek: Norma EN

Dílec B275 0,000 / 2,020 m CHS244.5/12.5 Válcovaný S 355 Všechny MSU 0,56 -

Klíč kombinace

Všechny MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 +
0.90*ZS10 + 1.50*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2

Dílčí souč. spolehlivosti

Unosnost průřezů	γ_{M0}	1,00
Unosnost na stabilitu	γ_{M1}	1,00
Unosnost čistého průřezu	γ_{M2}	1,25

Materiál

Mez kluzu	f_y	355,0	MPa
Pevnost v tahu	f_u	490,0	MPa

....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-1376,75	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	12,38	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	4,18	kN
Kroucení	T_{Ed}	-0,15	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	5,68	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	-16,34	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek: podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
244,50	12,50	19,6	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

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

Průřezová plocha	A	9,1100e+03	mm ²
Tlaková unosnost	$N_{c,Rd}$	3234,05	kN
Jedn. posudek		0,43	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,1100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 3234,05 [\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.10)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-1376,75 [\text{kN}]|}{3234,05 [\text{kN}]} = 0,43 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.9)

Posudek ohybového momentu pro M_y

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	6,6283e+05	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	235,31	kNm
Jedn. posudek		0,02	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 235,31 [\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|5,68 [\text{kNm}]|}{235,31 [\text{kNm}]} = 0,02 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.12)

Posudek ohybového momentu pro M_z

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	6,6283e+05	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	235,31	kNm
Jedn. posudek		0,07	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 235,31 [\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|-16,34 [\text{kNm}]|}{235,31 [\text{kNm}]} = 0,07 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.12)

**Posudek smyku pro V_y**

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	5,7995e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_y	$V_{pl,y,Rd}$	1188,68	kN
Jedn. posudek		0,01	

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{5,7996 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 1188,68 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{|12,38 [\text{kN}]|}{1188,68 [\text{kN}]} = 0,01 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

Posudek smyku pro V_z

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_w	5,7996e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_z	$V_{pl,z,Rd}$	1188,68	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_w \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{5,7996 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 1188,68 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{|4,18 [\text{kN}]|}{1188,68 [\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákna	Vlákno	1	
Celkový kroučicí moment	T_{Ed}	0,1	MPa
Pružná smyková únosnost	T_{Rd}	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,00	-

$$T_{Ed} = \left| \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,unit}} \times \tau_{Ed,unit} \right| = \left| \frac{-0,15 [\text{kNm}]}{1000000,00 [\text{kNm}]} \times 946224,39 [\text{MPa}] \right| = 0,1 [\text{MPa}]$$

$$T_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0 [\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,1 [\text{MPa}]}{205,0 [\text{MPa}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.23})$$

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

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

Výslednice ohybového momentu	$M_{výslednice}$	17,30	kNm
Výslednice smykové síly	$V_{výslednice}$	13,07	kN
Návrhová plastická momentová únosnost redukovaná kvůli N_{Ed}	$M_{N,Rd}$	180,21	kNm
Jedn. posudek		0,10	-

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|-1376,75 [\text{kN}]|}{3234,05 [\text{kN}]} = 0,43$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \times (1 - n^{1,7}) = 235,31 [\text{kNm}] \times (1 - 0,43^{1,7}) = 180,21 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.29})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{výslednice}|}{M_{N,Rd}} = \frac{|17,30 [\text{kNm}]|}{180,21 [\text{kNm}]} = 0,10 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.31})$$

Poznámka: Výsledné vnitřní síly se použijí pro trubkové průřezy

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

Tabulky rozhodnutí pro kombinovaný posudek průřezu

Přítomnost síly	
Osová síla N_{Ed}	Přítomen
Smyková síla $V_{y,Ed}$	Nevýznamný
Smyková síla $V_{z,Ed}$	Nevýznamný
Kroucení T_{Ed}	Nevýznamný
Ohybový moment $M_{y,Ed}$	Přítomen
Ohybový moment $M_{z,Ed}$	Přítomen
Významná smyková síla bez odpovídajícího ohybového momentu	Ne
Data deplance	Nepřítomné nebo zanedbatelné



Zkontrolovat zadání	
Klasifikace je podporována	Ano
Klasifikace průřezu	Třída 1
Pružný posudek je nastaven uživatelem	Ne
Je k dispozici vzorec pro plastický smyk	Ano
Je k dispozici vzorec pro kombinovaný ohyb a smykovou sílu	Ano
Lze spočítat posudek kombinace ohybu a osově síly	Ano
Posudek plastické výslednice kruhové trubky je podporován	Ano

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

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

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

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Rozhodující součinitel využití η : 0,47

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
244,50	12,50	19,6	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Poznámka: Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití η podle Semi-Comp+.

Řez d_x [m]	Třída [-]	Součinitel využití η [-]
0,000	1	0,47
0,202	1	0,47
0,404	1	0,46
0,606	1	0,46
0,808	1	0,45
1,010	1	0,45
1,010	1	0,45
1,212	1	0,45
1,414	1	0,45
1,616	1	0,46
1,818	1	0,46
2,020	1	0,46

Posudek rovinného vzpěru

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

Parametry vzpěru		yy	zz	
Typ posuvných styčnicků		posuvné	neposuvné	
Systémová délka	L	2,020	2,020	m
Součinitel vzpěru	k	1,97	0,69	
Vzpěrná délka	l_{cr}	3,970	1,394	m
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	8081,85	65551,80	kN
Štíhlost	λ	48,34	16,97	
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	0,63	0,22	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	a	
Imperfekce	α	0,21	0,21	
Redukční součinitel	χ	0,88	1,00	
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	2836,94	3218,33	kN

Posudek rovinného vzpěru	
Průřezová plocha	A 9,1100e+03 mm ²
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$ 2836,94 kN
Jedn. posudek	0,49 -

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{3,970 [\text{m}]^2} = 8081,85 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{1,394 [\text{m}]^2} = 65551,80 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{3,970 [\text{m}]}{82,14 [\text{mm}]} = 48,34$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,394 [\text{m}]}{82,14 [\text{mm}]} = 16,97$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{48,34}{\pi \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 0,63$$

(EC3-1-1: 6.50)



$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{16,97}{\sqrt{\frac{210000,0 \text{ [MPa]}}{355,0 \text{ [MPa]}}}} = 0,22 \quad (\text{EC3-1-1: 6.50})$$
$$\varphi_y = 0,5 \times \left[1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 0,5 \times \left[1 + 0,21 \times (0,63 - 0,20) + 0,63^2 \right] = 0,75$$
$$\varphi_z = 0,5 \times \left[1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0,5 \times \left[1 + 0,21 \times (0,22 - 0,20) + 0,22^2 \right] = 0,53$$
$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,75 + \sqrt{0,75^2 - 0,63^2}}; 1 \right) = \min(0,88; 1) = 0,88 \quad (\text{EC3-1-1: 6.49})$$
$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,53 + \sqrt{0,53^2 - 0,22^2}}; 1 \right) = \min(1,00; 1) = 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.49})$$
$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,88 \times 9,1100 \cdot 10^3 \text{ [mm}^2\text{]} \times 355,0 \text{ [MPa]}}{1,00} = 2836,94 \text{ [kN]} \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$
$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,00 \times 9,1100 \cdot 10^3 \text{ [mm}^2\text{]} \times 355,0 \text{ [MPa]}}{1,00} = 3218,33 \text{ [kN]} \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$
$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}; N_{b,z,Rd}) = \min(2836,94 \text{ [kN]}; 3218,33 \text{ [kN]}) = 2836,94 \text{ [kN]}$$
$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-1376,75 \text{ [kN]}|}{2836,94 \text{ [kN]}} = 0,49 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.46})$$

Posudek prostorového vzpěru

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

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.**Posudek klopení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná ke klopení.

Další parametry klopení			
Minimální souřadnice z	Z_{min}	-122,25	mm
Maximální souřadnice z	Z_{max}	122,25	mm
Poměr koncového momentu	ψ	0,47	
Ekvivalentní bodové zatížení	F	0,95	kN
Ekvivalentní liniové zatížení	q	0,94	kN/m
Rozdíl od M		3,16	kNm
Rozdíl od F		0,77	kNm
Rozdíl od q		0,00	kNm
Výsledný typ zatížení	liniové zatížení q		

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 1	
Průřezová plocha	A	9,1100e+03	mm ²
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	6,6283e+05	mm ³
Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	6,6283e+05	mm ³
Návrhová tlaková síla	N_{Ed}	1376,75	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	12,20	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	-16,34	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N_{Rk}	3234,05	kN
Charakteristická momentová únosnost	$M_{y,Rk}$	235,31	kNm
Charakteristická momentová únosnost	$M_{z,Rk}$	235,31	kNm
Redukční součinitel	χ_y	0,88	
Redukční součinitel	χ_z	1,00	
Redukční součinitel	χ_{LT}	1,00	
Interakční součinitel	k_{yy}	1,06	
Interakční součinitel	k_{yz}	0,34	
Interakční součinitel	k_{zy}	0,66	
Interakční součinitel	k_{zz}	0,57	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B275 pozice 2,020 m.Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B275 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 1			
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr,y}$	8081,85	kN
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr,z}$	65551,80	kN
Pružné kritické zatížení	$N_{cr,T}$	735568,29	kN
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	6,6283e+05	mm ³
Pružný modul průřezu	$W_{el,y}$	5,0300e+05	mm ³
Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	6,6283e+05	mm ³
Pružný modul průřezu	$W_{el,z}$	5,0300e+05	mm ³



Parametry interakční metody 1

Moment setrvačnosti	I_y	6,1470e+07	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	6,1470e+07	mm ⁴
Moment setrvačnosti v prostém kroucení	I_t	1,2290e+08	mm ⁴
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{my,0}$	Tabulka A.2 řádek 2 (obecná)		
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	12,20	kNm
Maximální relativní průhyb	δ_z	-0,4	mm
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{my,0}$	0,99	
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{mz,0}$	Tabulka A.2 řádek 1 (lineární)		
Poměr koncových momentů	ψ_z	-0,53	
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{mz,0}$	0,67	
Součinitel	μ_y	0,98	
Součinitel	μ_z	1,00	
Součinitel	ε_y	0,16	
Součinitel	a_{LT}	0,00	
Kritický moment pro rovnoměrný ohyb	$M_{cr,0}$	17609,44	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,12	
Limitní relativní štíhlost	$\lambda_{rel,0,lim}$	0,23	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{my}	0,99	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mz}	0,67	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mLT}	1,00	
Součinitel	b_{LT}	0,00	
Součinitel	c_{LT}	0,00	
Součinitel	d_{LT}	0,00	
Součinitel	e_{LT}	0,00	
Součinitel	w_y	1,32	
Součinitel	w_z	1,32	
Součinitel	η_{pl}	0,43	
Maximální relativní štíhlost	$\lambda_{rel,max}$	0,63	
Součinitel	C_{yy}	1,10	
Součinitel	C_{yz}	1,18	
Součinitel	C_{zy}	1,08	
Součinitel	C_{zz}	1,19	

Posudek (6.61) = $0,49 + 0,05 + 0,02 = 0,56$ Posudek (6.62) = $0,43 + 0,03 + 0,04 = 0,50$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{3,970 [\text{m}]^2} = 8081,85 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{1,394 [\text{m}]^2} = 65551,80 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{\beta_0} \times \left(G \times I_t + \frac{\pi^2 \times E \times I_w}{l_0^2} \right) = \frac{1}{116,17 [\text{mm}]} \times \left(80769,2 [\text{MPa}] \times 1,2290 \cdot 10^8 [\text{mm}^4] + \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,2568 \cdot 10^{-23} [\text{mm}^6]}{2,020 [\text{m}]^2} \right) = 735568,29 [\text{kN}]$$

$$C_{my,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times E \times I_y \times |\delta_z|}{l^2 \times |M_{y,Ed}|} - 1 \right) \times \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4] \times |-0,4 [\text{mm}]|}{2,020 [\text{m}]^2 \times |12,20 [\text{kNm}]|} - 1 \right) \times \frac{|1376,75 [\text{kN}]|}{8081,85 [\text{kN}]} = 0,99$$

$$C_{mz,0} = 0,79 + 0,21 \times \psi_z + \frac{0,36 \times (\psi_z - 0,33) \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}} = 0,79 + 0,21 \times -0,53 + \frac{0,36 \times (-0,53 - 0,33) \times |1376,75 [\text{kN}]|}{65551,80 [\text{kN}]} = 0,67$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}}{1 - \frac{\chi_y \times |N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{|1376,75 [\text{kN}]|}{8081,85 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,88 \times |1376,75 [\text{kN}]|}{8081,85 [\text{kN}]}} = 0,98$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}}{1 - \frac{\chi_z \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{|1376,75 [\text{kN}]|}{65551,80 [\text{kN}]}}{1 - \frac{1,00 \times |1376,75 [\text{kN}]|}{65551,80 [\text{kN}]}} = 1,00$$

$$\varepsilon_y = \left| \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \right| \times \frac{A}{W_{el,y}} = \left| \frac{12,20 [\text{kNm}]}{1376,75 [\text{kN}]} \right| \times \frac{9,1100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2]}{5,0300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} = 0,16$$

$$a_{LT} = \max \left(1 - \frac{l_t}{l_y}; 0 \right) = \max \left(1 - \frac{1,2290 \cdot 10^3 [\text{mm}]}{6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}]}; 0 \right) = \max (-1,00; 0,00) = 0,00$$



$$M_{y,Ed} = \frac{C_1 \times \pi^2 \times E \times I_z}{(k \times l_{LT})^2} \times \sqrt{\left(\frac{k}{k_0}\right)^2 \times I_{y0} + \frac{(k \times l_{LT})^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2 - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)} \\ = \frac{1,00 \times \pi^2 \times 21000,0 \text{ [MPa]} \times 6 \cdot 1470 \cdot 10^7 \text{ [mm}^4\text{]}}{(1,00 \times 2,020 \text{ [m]})^2} \times \sqrt{\frac{(1,00)^2 \times 1,2968 \cdot 10^{-27} \text{ [mm}^6\text{]}}{6,1470 \cdot 10^7 \text{ [mm}^4\text{]}} + \frac{(1,00 \times 2,020 \text{ [m]})^2 \times 80769,2 \text{ [MPa]} \times 1,2290 \cdot 10^9 \text{ [mm}^4\text{]}}{\pi^2 \times 21000,0 \text{ [MPa]} \times 6,1470 \cdot 10^7 \text{ [mm}^4\text{]}} + \{0,02 \times 0,00 \text{ [mm]} - 1,00 \times 0,00 \text{ [mm]}\}^2 - \{0,02 \times 0,00 \text{ [mm]} - 1,00 \times 0,00 \text{ [mm]}\}} \\ = 17609,44 \text{ [kNm]}$$

$$\lambda_{rel,0} = \sqrt{\frac{W_{ply} \times f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{6,6283 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]} \times 355,0 \text{ [MPa]}}{17609,44 \text{ [kNm]}}} = 0,12$$

$$\lambda_{rel,0,lim} = 0,2 \times \sqrt{C_1} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}\right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,T}}\right)} = 0,2 \times \sqrt{1,29} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|1376,75 \text{ [kN]}|}{65551,80 \text{ [kN]}}\right) \times \left(1 - \frac{|1376,75 \text{ [kN]}|}{735568,29 \text{ [kN]}}\right)} = 0,23$$

$$C_{my} = C_{my,0} = 0,99$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 0,67$$

$$C_{mLT} = 1,00$$

$$b_{LT} = 0,5 \times a_{LT} \times \lambda_{rel,0}^2 \times \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times M_{ply,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = 0,5 \times 0,00 \times 0,12^2 \times \frac{|12,20 \text{ [kNm]}|}{1,00 \times 235,31 \text{ [kNm]}} \times \frac{|-16,34 \text{ [kNm]}|}{235,31 \text{ [kNm]}} = 0,00$$

$$c_{LT} = 10 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}^2}{5 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{ply,Rd}} = 10 \times 0,00 \times \frac{0,12^2}{5 + 0,22^4} \times \frac{|12,20 \text{ [kNm]}|}{0,99 \times 1,00 \times 235,31 \text{ [kNm]}} = 0,00$$

$$d_{LT} = 2 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{ply,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{C_{mz} \times M_{pl,z,Rd}} \\ = 2 \times 0,00 \times \frac{0,12}{0,1 + 0,22^4} \times \frac{|12,20 \text{ [kNm]}|}{0,99 \times 1,00 \times 235,31 \text{ [kNm]}} \times \frac{|-16,34 \text{ [kNm]}|}{0,67 \times 235,31 \text{ [kNm]}} = 0,00$$

$$e_{LT} = 1,7 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{ply,Rd}} = 1,7 \times 0,00 \times \frac{0,12}{0,1 + 0,22^4} \times \frac{|12,20 \text{ [kNm]}|}{0,99 \times 1,00 \times 235,31 \text{ [kNm]}} = 0,00$$

$$w_y = \min \left(\frac{W_{ply}}{W_{rel,y}}, 1,5 \right) = \min \left(\frac{6,6283 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}}{5,0300 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}}, 1,5 \right) = \min (1,32; 1,50) = 1,32$$

$$w_z = \min \left(\frac{W_{pl,z}}{W_{rel,z}}, 1,5 \right) = \min \left(\frac{6,6283 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}}{5,0300 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}}, 1,5 \right) = \min (1,32; 1,50) = 1,32$$

$$\eta_{pl} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{Rk}} = \frac{|1376,75 \text{ [kN]}|}{3234,05 \text{ [kN]}} = 0,43$$

$$\lambda_{rel,max} = \max(\lambda_{rel,y}; \lambda_{rel,z}) = \max(0,63; 0,22) = 0,63$$

$$C_{yy} = \max \left\{ 1 + (w_y - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 \right) \times \eta_{pl} - b_{LT} \right]; \frac{W_{el,y}}{W_{ply}} \right\} \\ = \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{1,32} \times 0,99^2 \times 0,63 - \frac{1,6}{1,32} \times 0,99^2 \times 0,63^2 \right) \times 0,43 - 0,00 \right]; \frac{5,0300 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}}{6,6283 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}} \right\} = \max \{1,10; 0,76\} \\ = 1,10$$

$$C_{yz} = \max \left\{ 1 + (w_z - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_z^2} \right) \times \eta_{pl} - c_{LT} \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y} \times \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}} \right\} \\ = \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{0,67^2 \times 0,63^2}{1,32^2} \right) \times 0,43 - 0,00 \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32} \times \frac{5,0300 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}}{6,6283 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}}} \right\} = \max \{1,18; 0,46\} = 1,18$$

$$C_{zy} = \max \left\{ 1 + (w_y - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_y^2} \right) \times \eta_{pl} - d_{LT} \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z} \times \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}} \right\} \\ = \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{0,99^2 \times 0,63^2}{1,32^2} \right) \times 0,43 - 0,00 \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32} \times \frac{5,0300 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}}{6,6283 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}}} \right\} = \max \{1,08; 0,46\} = 1,08$$

$$C_{zz} = \max \left\{ 1 + (w_z - 1) \times \left(2 - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 - e_{LT} \right) \times \eta_{pl}; \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \right\} \\ = \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left(2 - \frac{1,6}{1,32} \times 0,67^2 \times 0,63 - \frac{1,6}{1,32} \times 0,67^2 \times 0,63^2 - 0,00 \right) \times 0,43; \frac{5,0300 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}}{6,6283 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]}} \right\} = \max \{1,19; 0,76\} = 1,19$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 9,1100 \cdot 10^3 \text{ [mm}^2\text{]} \times 355,0 \text{ [MPa]} = 3234,05 \text{ [kN]}$$

$$M_{y,Rk} = W_{ply} \times f_y = 6,6283 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]} \times 355,0 \text{ [MPa]} = 235,31 \text{ [kNm]}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 6,6283 \cdot 10^5 \text{ [mm}^3\text{]} \times 355,0 \text{ [MPa]} = 235,31 \text{ [kNm]}$$

$$k_{yy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\lambda_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{yy}} = 0,99 \times 1,00 \times \frac{0,98}{1 - \frac{|1376,75 \text{ [kN]}|}{8081,85 \text{ [kN]}}} \times \frac{1}{1,10} = 1,05$$



$$k_{yz} = C_{mz} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{yz}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 0,67 \times \frac{0,98}{1 - \frac{1376,75[kN]}{65551,80[kN]}} \times \frac{1}{1,18} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32}} = 0,34$$
$$k_{zy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{zy}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 0,99 \times 1,00 \times \frac{1,00}{1 - \frac{1376,75[kN]}{8081,85[kN]}} \times \frac{1}{1,98} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32}} = 0,66$$

$$k_{zz} = C_{mz} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{zz}} = 0,67 \times \frac{1,00}{1 - \frac{1376,75[kN]}{65551,80[kN]}} \times \frac{1}{1,19} = 0,57$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\gamma_{M1}}$$
$$= \frac{1376,75[kN]}{0,88 \times \frac{3234,05[kN]}{1,00}} + 1,06 \times \frac{12,20[kNm] + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{235,31[kNm]}{1,00}} + 0,34 \times \frac{|-16,34[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{235,31[kNm]}{1,00}} = 0,56 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.61})$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\gamma_{M1}}$$
$$= \frac{1376,75[kN]}{1,00 \times \frac{3234,05[kN]}{1,00}} + 0,66 \times \frac{12,20[kNm] + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{235,31[kNm]}{1,00}} + 0,57 \times \frac{|-16,34[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{235,31[kNm]}{1,00}} = 0,50 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.62})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61); Posudek (6.62)}) = \max(0,56; 0,50) = 0,56 \leq 1,00$$

Prvek splňuje podmínky stabilizačního posudku.



10.2 Dolní pás vazníku CHS 244.5/12.5

Hodnoty: **UC** celkový

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5

Posudek EN 1993-1-1

Národní dodatek: Norma EN

Dílec B285 | **2,026 / 2,026 m** | **CHS244.5/12.5** | **Válcovaný** | **S 355** | **Všechny MSU** | **0,72 -****Klíč kombinace**

Všechny MSU / ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS8 + 1.50*ZS14 + ZS15

Dílčí souč. spolehlivosti

Únosnost průřezů	γ_{M0}	1,00
Únosnost na stabilitu	γ_{M1}	1,00
Únosnost čistého průřezu	γ_{M2}	1,25

Materiál

Mez kluzu	f_y	355,0	MPa
Pevnost v tahu	f_u	490,0	MPa

...:POSUDEK ÚNOSNOSTI:...

Kritický posudek je na pozici 2,026 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-751,95	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	0,07	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	-4,91	kN
Kroucení	T_{Ed}	-0,61	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-2,38	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	-0,82	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d	t	d/t	Třída 1 limit	Třída 2 limit	Třída 3 limit	Třída
[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	
244,50	12,50	19,6	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

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

Průřezová plocha	A	9,1100e+03	mm ²
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	3234,05	kN
Jedn. posudek		0,23	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,1100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 3234,05 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.10})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-751,95 [\text{kN}]|}{3234,05 [\text{kN}]} = 0,23 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.9})$$

Posudek ohybového momentu pro M_y

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	6,6283e+05	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	235,31	kNm
Jedn. posudek		0,01	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 235,31 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-2,38 [\text{kNm}]|}{235,31 [\text{kNm}]} = 0,01 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

Posudek ohybového momentu pro M_z

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	6,6283e+05	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	235,31	kNm
Jedn. posudek		0,00	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 235,31 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|-0,82 [\text{kNm}]|}{235,31 [\text{kNm}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

**Posudek smyku pro V_y**

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	5,7995e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_y	$V_{pl,y,Rd}$	1188,58	kN
Jedn. posudek		0,00	

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{MO}} = \frac{5,7996 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 1188,68 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{|0,07 [\text{kN}]|}{1188,68 [\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

Posudek smyku pro V_z

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	5,7996e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_z	$V_{pl,z,Rd}$	1188,58	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{MO}} = \frac{5,7996 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 1188,68 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{|-4,91 [\text{kN}]|}{1188,68 [\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákna	Vlákno	1	
Celkový kroutilý moment	T_{Ed}	0,6	MPa
Pružná smyková únosnost	τ_{Rd}	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,00	-

$$\tau_{Ed} = \left| \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,limit}} \times \tau_{Ed,limit} \right| = \left| \frac{-0,61 [\text{kNm}]}{1000000,00 [\text{kNm}]} \times 946224,39 [\text{MPa}] \right| = 0,6 [\text{MPa}]$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{MO}} = \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0 [\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}} = \frac{0,6 [\text{MPa}]}{205,0 [\text{MPa}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.23})$$

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáváno.

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

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

Výslednice ohybového momentu	$M_{výslednice}$	2,52	kNm
Výslednice smykové síly	$V_{výslednice}$	4,91	kN
Návrhová plastická momentová únosnost redukovaná kvůli N_{Ed}	$M_{N,Rd}$	215,60	kNm
Jedn. posudek		0,01	-

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|-751,95 [\text{kN}]|}{3234,05 [\text{kN}]} = 0,23$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \times (1 - n^{1,7}) = 235,31 [\text{kNm}] \times (1 - 0,23^{1,7}) = 215,60 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.29})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{výslednice}|}{M_{N,Rd}} = \frac{|2,52 [\text{kNm}]|}{215,60 [\text{kNm}]} = 0,01 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.31})$$

Poznámka: Výsledné vnitřní síly se použijí pro trubkové průřezy

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

Tabulky rozhodnutí pro kombinovaný posudek průřezu

Přítomnost síly	
Osová síla N_{Ed}	Přítomen
Smyková síla $V_{y,Ed}$	Nevýznamný
Smyková síla $V_{z,Ed}$	Nevýznamný
Kroucení T_{Ed}	Nevýznamný
Ohybový moment $M_{y,Ed}$	Přítomen
Ohybový moment $M_{z,Ed}$	Přítomen
Významná smyková síla bez odpovídajícího ohybového momentu	Ne
Data deplance	Nepřítomné nebo zanedbatelné



Zkontrolovat zadání	
Klasifikace je podporována	Ano
Klasifikace průřezu	Třída 1
Průřez je nastaven uživatelem	Ne
Je k dispozici vzorec pro plastický smyk	Ano
Je k dispozici vzorec pro kombinovaný ohyb a smykovou sílu	Ano
Lze spočítat posudek kombinace ohybu a osově síly	Ano
Posudek plastické výslednice kruhové trubky je podporován	Ano

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

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

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

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Rozhodující součinitel využití η : 0,25

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
244,50	12,50	19,6	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Poznámka: Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití η podle Semi-Comp+.

Řez d_x [m]	Třída [-]	Součinitel využití η [-]
0,000	1	0,25
0,203	1	0,25
0,405	1	0,24
0,608	1	0,24
0,810	1	0,24
1,013	1	0,24
1,013	1	0,24
1,215	1	0,24
1,418	1	0,23
1,620	1	0,23
1,823	1	0,24
2,026	1	0,24

Posudek rovinného vzpěru

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

Parametry vzpěru		yy	zz
Typ posuvných styčníků		posuvné	neposuvné
Systémová délka	L	2,026	2,026
Součinitel vzpěru	k	4,75	0,84
Vzpěrná délka	l_{cr}	9,620	1,700
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	1376,58	44091,23
Štíhlost	λ	117,12	20,69
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	1,53	0,27
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20
Vzpěr, křivka	a	a	a
Imperfekce	α	0,21	0,21
Redukční součinitel	χ	0,36	0,98
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	1160,85	3183,02

Posudek rovinného vzpěru			
Průřezová plocha	A	9,1100e+03	mm ²
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	1160,85	kN
Jedn. posudek		0,65	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{9,620 [\text{m}]^2} = 1376,58 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{1,700 [\text{m}]^2} = 44091,23 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{9,620 [\text{m}]}{82,14 [\text{mm}]} = 117,12$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,700 [\text{m}]}{82,14 [\text{mm}]} = 20,69$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{117,12}{\sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 1,53$$

(EC3-1-1: 6.50)



$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{20,69}{\sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{355,0[\text{MPa}]}}} = 0,27 \quad (\text{EC3-1-1: 6.50})$$
$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,53 - 0,20) + 1,53^2] = 1,81$$
$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,27 - 0,20) + 0,27^2] = 0,54$$
$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,81 + \sqrt{1,81^2 - 1,53^2}}; 1 \right) = \min(0,36; 1) = 0,36 \quad (\text{EC3-1-1: 6.49})$$
$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,54 + \sqrt{0,54^2 - 0,27^2}}; 1 \right) = \min(0,98; 1) = 0,98 \quad (\text{EC3-1-1: 6.49})$$
$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,36 \times 9,1100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 1160,85 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$
$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,98 \times 9,1100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 3183,02 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$
$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}; N_{b,z,Rd}) = \min(1160,85 [\text{kN}]; 3183,02 [\text{kN}]) = 1160,85 [\text{kN}]$$
$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-751,95 [\text{kN}]|}{1160,85 [\text{kN}]} = 0,65 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.46})$$

Posudek prostorového vzpěru

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

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.**Posudek klopení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná ke klopení.

Další parametry klopení			
Minimální souřadnice z	Z _{min}	-122,25	mm
Maximální souřadnice z	Z _{max}	122,25	mm
Poměr koncového momentu	ψ	-0,39	
Ekvivalentní bodové zatížení	F	0,70	kN
Ekvivalentní liniové zatížení	q	0,69	kN/m
Rozdíl od M		2,34	kNm
Rozdíl od F		0,57	kNm
Rozdíl od q		0,00	kNm
Výsledný typ zatížení		liniové zatížení q	

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 1	
Průřezová plocha	A	9,1100e+03	mm ²
Plastický modul průřezu	W _{pl,y}	6,6283e+05	mm ³
Plastický modul průřezu	W _{pl,z}	6,6283e+05	mm ³
Návrhová tlaková síla	N _{Ed}	751,95	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	M _{y,Ed}	6,15	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	M _{z,Ed}	-0,95	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N _{Rk}	3234,05	kN
Charakteristická momentová únosnost	M _{y,Rk}	235,31	kNm
Charakteristická momentová únosnost	M _{z,Rk}	235,31	kNm
Redukční součinitel	χ _y	0,36	
Redukční součinitel	χ _z	0,98	
Redukční součinitel	χ _{L,T}	1,00	
Interakční součinitel	k _{yy}	2,69	
Interakční součinitel	k _{yz}	0,59	
Interakční součinitel	k _{zy}	4,77	
Interakční součinitel	k _{zz}	1,21	

Maximální moment M_{y,Ed} je odvozen z nosníku B285 pozice 0,000 m.Maximální moment M_{z,Ed} je odvozen z nosníku B285 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 1			
Kritické Eulerovo zatížení	N _{cr,y}	1376,58	kN
Kritické Eulerovo zatížení	N _{cr,z}	44091,23	kN
Pružné kritické zatížení	N _{cr,T}	735568,29	kN
Plastický modul průřezu	W _{pl,y}	6,6283e+05	mm ³
Pružný modul průřezu	W _{el,y}	5,0300e+05	mm ³
Plastický modul průřezu	W _{pl,z}	6,6283e+05	mm ³
Pružný modul průřezu	W _{el,z}	5,0300e+05	mm ³



Parametry interakční metody 1

Moment setrvačnosti	I_y	6,1470e+07	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	6,1470e+07	mm ⁴
Moment setrvačnosti v prostém kroucení	I_t	1,2290e+08	mm ⁴
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{my,0}$		Tabulka A.2 řádek 2 (obecná)	
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	6,15	kNm
Maximální relativní průhyb	δ_z	0,4	mm
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{my,0}$	1,64	
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{mz,0}$		Tabulka A.2 řádek 1 (lineární)	
Poměr koncových momentů	ψ_z	0,86	
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{mz,0}$	0,97	
Součinitel	μ_y	0,56	
Součinitel	μ_z	1,00	
Součinitel	ε_y	0,15	
Součinitel	a_{LT}	0,00	
Kritický moment pro rovnoměrný ohyb	$M_{cr,0}$	17556,54	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,12	
Limitní relativní štíhlost	$\lambda_{rel,0,lim}$	0,28	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{my}	1,64	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mz}	0,97	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mLT}	1,00	
Součinitel	b_{LT}	0,00	
Součinitel	c_{LT}	0,00	
Součinitel	d_{LT}	0,00	
Součinitel	e_{LT}	0,00	
Součinitel	w_y	1,32	
Součinitel	w_z	1,32	
Součinitel	η_{pl}	0,23	
Maximální relativní štíhlost	$\lambda_{rel,max}$	1,53	
Součinitel	C_{yy}	0,76	
Součinitel	C_{yz}	0,57	
Součinitel	C_{zy}	0,46	
Součinitel	C_{zz}	0,82	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,65 + 0,07 + 0,00 = 0,72$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,24 + 0,12 + 0,00 = 0,37$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{9,620 [\text{m}]^2} = 1376,58 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{1,700 [\text{m}]^2} = 44091,23 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{l_0} \times \left(G \times I_t + \frac{\pi^2 \times E \times I_w}{l_0^2} \right) = \frac{1}{116,17 [\text{m}]} \times \left(80769,2 [\text{MPa}] \times 1,2290 \cdot 10^8 [\text{mm}^4] + \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,2568 \cdot 10^{-21} [\text{mm}^6]}{2,026 [\text{m}]^2} \right) = 735568,29 [\text{kN}]$$

$$C_{my,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times E \times I_y \times |\delta_z|}{L^2 \times |M_{y,Ed}|} - 1 \right) \times \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4] \times |0,4 [\text{mm}]|}{2,026 [\text{m}]^2 \times |6,15 [\text{kNm}]|} - 1 \right) \times \frac{|751,95 [\text{kN}]|}{1376,58 [\text{kN}]} = 1,64$$

$$C_{mz,0} = 0,79 + 0,21 \times \psi_z + \frac{0,36 \times (\psi_z - 0,33) \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}} = 0,79 + 0,21 \times 0,86 + \frac{0,36 \times (0,86 - 0,33) \times |751,95 [\text{kN}]|}{44091,23 [\text{kN}]} = 0,97$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}}{1 - \frac{\chi_y \times |N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{|751,95 [\text{kN}]|}{1376,58 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,36 \times |751,95 [\text{kN}]|}{1376,58 [\text{kN}]}} = 0,56$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}}{1 - \frac{\chi_z \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{|751,95 [\text{kN}]|}{44091,23 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,98 \times |751,95 [\text{kN}]|}{44091,23 [\text{kN}]}} = 1,00$$

$$\varepsilon_y = \left| \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \right| \times \frac{A}{W_{el,y}} = \left| \frac{6,15 [\text{kNm}]}{751,95 [\text{kN}]} \right| \times \frac{9,1100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2]}{5,0300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} = 0,15$$

$$a_{LT} = \max \left(1 - \frac{l_t}{l_y}; 0 \right) = \max \left(1 - \frac{1,2290 \cdot 10^8 [\text{mm}^4]}{6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}; 0 \right) = \max (-1,00; 0,00) = 0,00$$



$$\begin{aligned}
 M_{y,Ed} &= \frac{C_1 \times \pi^2 \times E \times I_z}{(k \times l_{eff})^2} \times \left[\frac{\left(\frac{k}{l_{eff}}\right)^2 \times I_{yy} + \frac{(k \times l_{eff})^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_b)^2 - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_b)}{1,00 \times \pi^2 \times 21000,0 [\text{MPa}] \times 6 \cdot 1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]} \right. \\
 &\quad \times \left[\frac{\left(\frac{1,00}{1,00}\right)^2 \times 1,2568 \cdot 10^{-2} [\text{mm}^2]}{6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]} + \frac{(1,00 \times 2,026 [\text{m}])^2 \times 80769,2 [\text{MPa}] \times 1,2290 \cdot 10^4 [\text{mm}^4]}{\pi^2 \times 21000,0 [\text{MPa}] \times 6,1470 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]} + (0,04 \times 0,00 [\text{mm}] - 1,00 \times 0,00 [\text{mm}])^2 - (0,04 \times 0,00 [\text{mm}] - 1,00 \times 0,00 [\text{mm}]) \right] \\
 &= -17556,54 [\text{kNm}] \\
 \lambda_{rel,0} &= \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{17556,54 [\text{kNm}]} } = 0,12 \\
 \lambda_{rel,0,lim} &= 0,2 \times \sqrt{C_1} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}\right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,T}}\right)} = 0,2 \times \sqrt{2,05} \times \sqrt{\left(1 - \frac{751,95 [\text{kN}]}{44091,23 [\text{kN}]}\right) \times \left(1 - \frac{751,95 [\text{kN}]}{735568,29 [\text{kN}]}\right)} = 0,28 \\
 C_{my} &= C_{my,0} = 1,64 \\
 C_{mz} &= C_{mz,0} = 0,97 \\
 C_{mLT} &= 1,00 \\
 b_{LT} &= 0,5 \times a_{LT} \times \lambda_{rel,0}^2 \times \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = 0,5 \times 0,00 \times 0,12^2 \times \frac{6,15 [\text{kNm}]}{1,00 \times 235,31 [\text{kNm}]} \times \frac{-0,95 [\text{kNm}]}{235,31 [\text{kNm}]} = 0,00 \\
 c_{LT} &= 10 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}^2}{5 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 10 \times 0,00 \times \frac{0,12^2}{5 + 0,27^4} \times \frac{6,15 [\text{kNm}]}{1,64 \times 1,00 \times 235,31 [\text{kNm}]} = 0,00 \\
 d_{LT} &= 2 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{C_{mz} \times M_{pl,z,Rd}} \\
 &= 2 \times 0,00 \times \frac{0,12}{0,1 + 0,27^4} \times \frac{6,15 [\text{kNm}]}{1,64 \times 1,00 \times 235,31 [\text{kNm}]} \times \frac{-0,95 [\text{kNm}]}{0,97 \times 235,31 [\text{kNm}]} = 0,00 \\
 e_{LT} &= 1,7 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 1,7 \times 0,00 \times \frac{0,12}{0,1 + 0,27^4} \times \frac{6,15 [\text{kNm}]}{1,64 \times 1,00 \times 235,31 [\text{kNm}]} = 0,00 \\
 w_y &= \min \left(\frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}}, 1,5 \right) = \min \left(\frac{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{5,0300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}, 1,5 \right) = \min (1,32; 1,50) = 1,32 \\
 w_z &= \min \left(\frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}}, 1,5 \right) = \min \left(\frac{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{5,0300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}, 1,5 \right) = \min (1,32; 1,50) = 1,32 \\
 \eta_{pl} &= \frac{|N_{Ed}|}{N_{Rk}} = \frac{751,95 [\text{kN}]}{3234,05 [\text{kN}]} = 0,23 \\
 &\quad \frac{\gamma_{M1}}{1,00} \\
 \lambda_{rel,max} &= \max (\lambda_{rel,y}; \lambda_{rel,z}) = \max (1,53; 0,27) = 1,53 \\
 C_{yy} &= \max \left\{ 1 + (w_y - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 \right) \times \eta_{pl} - b_{LT} \right]; \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}} \right\} \\
 &= \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{1,32} \times 1,64^2 \times 1,53 - \frac{1,6}{1,32} \times 1,64^2 \times 1,53^2 \right) \times 0,23 - 0,00 \right]; \frac{5,0300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{0,21; 0,76\} \\
 &= 0,76 \\
 C_{yz} &= \max \left\{ 1 + (w_z - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_z^2} \right) \times \eta_{pl} - c_{LT} \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \times \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \right\} \\
 &= \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{0,97^2 \times 1,53^2}{1,32^2} \right) \times 0,23 - 0,00 \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32}} \times \frac{5,0300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{0,57; 0,46\} = 0,57 \\
 C_{zy} &= \max \left\{ 1 + (w_y - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_y^2} \right) \times \eta_{pl} - d_{LT} \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \times \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}} \right\} \\
 &= \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{1,64^2 \times 1,53^2}{1,32^2} \right) \times 0,23 - 0,00 \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32}} \times \frac{5,0300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{-0,50; 0,46\} = 0,46 \\
 C_{zz} &= \max \left\{ 1 + (w_z - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 \right) \times \eta_{pl} - e_{LT} \right]; \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \right\} \\
 &= \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{1,32} \times 0,97^2 \times 1,53 - \frac{1,6}{1,32} \times 0,97^2 \times 1,53^2 - 0,00 \right) \times 0,23 - \frac{5,0300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} \right] \right\} = \max [0,82; 0,76] = 0,82 \\
 N_{Rk} &= A \times f_y = 9,1100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}] = 3234,05 [\text{kN}] \\
 M_{y,Rk} &= W_{pl,y} \times f_y = 6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}] = 235,31 [\text{kNm}] \\
 M_{z,Rk} &= W_{pl,z} \times f_y = 6,6283 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}] = 235,31 [\text{kNm}] \\
 k_{yy} &= C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\lambda_y}{1 - \frac{\lambda_y}{N_{Ed}}} \times \frac{1}{C_{yy}} = 1,64 \times 1,00 \times \frac{0,56}{1 - \frac{0,56}{751,95 [\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,76} = 2,69 \\
 &\quad \frac{1376,58 [\text{kN}]}{1376,58 [\text{kN}]}
 \end{aligned}$$



$$k_{yz} = C_{mz} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{yz}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 0,97 \times \frac{0,56}{1 - \frac{751,95[kN]}{44091,23[kN]}} \times \frac{1}{0,57} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32}} = 0,59$$
$$k_{zy} = C_{my} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{zy}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 1,64 \times \frac{1,00}{1 - \frac{751,95[kN]}{1376,58[kN]}} \times \frac{1}{0,46} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32}} = 4,77$$

$$k_{zz} = C_{mz} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{zz}} = 0,97 \times \frac{1,00}{1 - \frac{751,95[kN]}{44091,23[kN]}} \times \frac{1}{0,82} = 1,21$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \quad (\text{EC3-1-1: 6.61})$$
$$= \frac{751,95[kN]}{0,36 \times \frac{3234,05[kN]}{1,00}} + 2,69 \times \frac{[6,15[kNm]] + [0,00[kNm]]}{1,00 \times \frac{235,31[kNm]}{1,00}} + 0,59 \times \frac{[-0,95[kNm]] + [0,00[kNm]]}{\frac{235,31[kNm]}{1,00}} = 0,72 \leq 1,00$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \quad (\text{EC3-1-1: 6.62})$$
$$= \frac{751,95[kN]}{0,98 \times \frac{3234,05[kN]}{1,00}} + 4,77 \times \frac{[6,15[kNm]] + [0,00[kNm]]}{1,00 \times \frac{235,31[kNm]}{1,00}} + 1,21 \times \frac{[-0,95[kNm]] + [0,00[kNm]]}{\frac{235,31[kNm]}{1,00}} = 0,37 \leq 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61); Posudek (6.62)}) = \max(0,72; 0,37) = 0,72 \leq 1,00$$

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.



10.3 Diagonála vazníku – střední CHS 114.3/6.3

Hodnoty: UC celkový

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Diagonála vazníku - střední - CHS114.3/6.3

Posudek EN 1993-1-1

Národní dodatek: Norma EN

Dílec B349 | 0,000 / 2,236 m | CHS114.3/6.3 | Válcovaný | S 355 | Všechny MSU | 0,35 -

Klíč kombinace

Všechny MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 +
0.90*ZS10 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2

Dílčí souč. spolehlivosti

Únosnost průřezů	γ_{M0}	1,00
Únosnost na stabilitu	γ_{M1}	1,00
Únosnost čistého průřezu	γ_{M2}	1,25

Materiál

Mez kluzu	f_y	355,0	MPa
Pevnost v tahu	f_u	490,0	MPa

....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-185,06	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	-0,01	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	-0,81	kN
Kroucení	T_{Ed}	-0,02	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	1,06	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0,02	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d	t	d/t	Třída 1 limit	Třída 2 limit	Třída 3 limit	Třída
[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
114,30	6,30	18,1	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

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

Průřezová plocha	A	2,1400e+03	mm ²
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	759,70	kN
Jedn. posudek		0,24	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,1400 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 759,70 [\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.10)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-185,06 [\text{kN}]|}{759,70 [\text{kN}]} = 0,24 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.9)

Posudek ohybového momentu pro M_y

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	7,2406e+04	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	25,70	kNm
Jedn. posudek		0,04	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 25,70 [\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|1,06 [\text{kNm}]|}{25,70 [\text{kNm}]} = 0,04 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.12)

Posudek ohybového momentu pro M_z

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	7,2406e+04	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	25,70	kNm
Jedn. posudek		0,00	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 25,70 [\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|0,02 [\text{kNm}]|}{25,70 [\text{kNm}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.12)

**Posudek smyku pro V_y**

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	1,3624e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_y	$V_{pl,y,Rd}$	279,23	kN
Jedn. posudek		0,00	

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,3624 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 279,23 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{|-0,01 [\text{kN}]|}{279,23 [\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

Posudek smyku pro V_z

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	1,3624e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_z	$V_{pl,z,Rd}$	279,23	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,3624 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 279,23 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{|-0,81 [\text{kN}]|}{279,23 [\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákna	Vlákno	1	
Celkový krouticí moment	T_{Ed}	0,2	MPa
Pružná smyková únosnost	T_{Rd}	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,00	-

$$T_{Ed} = \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,unit}} \times T_{Ed,unit} = \frac{-0,02 [\text{kNm}]}{1000000,00 [\text{kNm}]} \times 8663473,72 [\text{MPa}] = 0,2 [\text{MPa}]$$

$$T_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0 [\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,2 [\text{MPa}]}{205,0 [\text{MPa}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.23})$$

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

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

Výslednice ohybového momentu	$M_{výslednice}$	1,06	kNm
Výslednice smykové síly	$V_{výslednice}$	0,81	kN
Návrhová plastická momentová únosnost redukována kvůli N_{Ed}	$M_{N,Rd}$	23,37	kNm
Jedn. posudek		0,05	-

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|-185,06 [\text{kN}]|}{759,70 [\text{kN}]} = 0,24$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \times (1 - n^{1,7}) = 25,70 [\text{kNm}] \times (1 - 0,24^{1,7}) = 23,37 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.29})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{výslednice}|}{M_{N,Rd}} = \frac{|1,06 [\text{kNm}]|}{23,37 [\text{kNm}]} = 0,05 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.31})$$

Poznámka: Výsledné vnitřní síly se použijí pro trubkové průřezy

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

Tabulky rozhodnutí pro kombinovaný posudek průřezu

Přítomnost síly	
Osová síla N_{Ed}	Přítomen
Smyková síla $V_{y,Ed}$	Nevýznamný
Smyková síla $V_{z,Ed}$	Nevýznamný
Kroucení T_{Ed}	Nevýznamný
Ohybový moment $M_{y,Ed}$	Přítomen
Ohybový moment $M_{z,Ed}$	Přítomen
Významná smyková síla bez odpovídajícího ohybového momentu	Ne
Data deplavace	Nepřítomné nebo zanedbatelné



Zkontrolovat zadání	
Klasifikace je podporována	Ano
Klasifikace průřezu	Třída 1
Pružný posudek je nastaven uživatelem	Ne
Je k dispozici vzorec pro plastický smyk	Ano
Je k dispozici vzorec pro kombinovaný ohyb a smykovou sílu	Ano
Lze spočítat posudek kombinace ohybu a osově síly	Ano
Posudek plastické výslednice kruhové trubky je podporován	Ano

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

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

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

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Rozhodující součinitel využití η : 0,27

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
114,30	6,30	18,1	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Poznámka: Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití η podle Semi-Comp+.

Řez d_x [m]	Třída [-]	Součinitel využití η [-]
0,000	1	0,27
0,224	1	0,26
0,447	1	0,26
0,671	1	0,25
0,894	1	0,25
1,118	1	0,25
1,118	1	0,25
1,342	1	0,25
1,565	1	0,25
1,789	1	0,26
2,012	1	0,26
2,236	1	0,27

Posudek rovinného vzpěru

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

Parametry vzpěru		yy	zz	
Typ posuvných styčnicků		posuvné	neposuvné	
Systémová délka	L	2,236	2,236	m
Součinitel vzpěru	k	1,07	0,54	
Vzpěrná délka	l_{cr}	2,403	1,201	m
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	1123,49	4501,26	kN
Štíhlost	λ	62,83	31,39	
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	0,82	0,41	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr, křivka		a	a	
Imperfekce	α	0,21	0,21	
Redukční součinitel	χ	0,78	0,95	
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	594,62	721,65	kN

Posudek rovinného vzpěru			
Průřezová plocha	A	2,1400e+03	mm ²
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	594,62	kN
Jedn. posudek		0,31	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 3,1300 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{2,403 [\text{m}]^2} = 1123,49 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 3,1300 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{1,201 [\text{m}]^2} = 4501,26 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,403 [\text{m}]}{38,24 [\text{mm}]} = 62,83$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,201 [\text{m}]}{38,24 [\text{mm}]} = 31,39$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{62,83}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 0,82$$

(EC3-1-1: 6.50)



$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{31,39}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 0,41 \quad (\text{EC3-1-1: 6.50})$$
$$\varphi_y = 0,5 \times \left[1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 0,5 \times \left[1 + 0,21 \times (0,82 - 0,20) + 0,82^2 \right] = 0,90$$
$$\varphi_z = 0,5 \times \left[1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0,5 \times \left[1 + 0,21 \times (0,41 - 0,20) + 0,41^2 \right] = 0,61$$
$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,90 + \sqrt{0,90^2 - 0,82^2}}; 1 \right) = \min(0,78; 1) = 0,78 \quad (\text{EC3-1-1: 6.49})$$
$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,61 + \sqrt{0,61^2 - 0,41^2}}; 1 \right) = \min(0,95; 1) = 0,95 \quad (\text{EC3-1-1: 6.49})$$
$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,78 \times 2,1400 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 594,62 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$
$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,95 \times 2,1400 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 721,65 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$
$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}; N_{b,z,Rd}) = \min(594,62 [\text{kN}]; 721,65 [\text{kN}]) = 594,62 [\text{kN}]$$
$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-185,06 [\text{kN}]|}{594,62 [\text{kN}]} = 0,31 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.46})$$

Posudek prostorového vzpěru

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

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.**Posudek klopení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná ke klopení.

Další parametry klopení			
Minimální souřadnice z	z_{min}	-57,15	mm
Maximální souřadnice z	z_{max}	57,15	mm
Poměr koncového momentu	ψ	-0,95	
Ekvivalentní bodové zatížení	F	0,11	kN
Ekvivalentní liniové zatížení	q	0,10	kN/m
Rozdíl od M		0,41	kNm
Rozdíl od F		0,10	kNm
Rozdíl od q		0,00	kNm
Výsledný typ zatížení	liniové zatížení q		

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 1	
Průřezová plocha	A	2,1400e+03	mm ²
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	7,2406e+04	mm ³
Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	7,2406e+04	mm ³
Návrhová tlaková síla	N_{Ed}	185,06	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	1,06	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	0,02	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N_{Rk}	759,70	kN
Charakteristická momentová únosnost	$M_{y,Rk}$	25,70	kNm
Charakteristická momentová únosnost	$M_{z,Rk}$	25,70	kNm
Redukční součinitel	χ_y	0,78	
Redukční součinitel	χ_z	0,95	
Redukční součinitel	χ_{LT}	1,00	
Interakční součinitel	k_{yy}	0,95	
Interakční součinitel	k_{yz}	0,49	
Interakční součinitel	k_{zy}	0,61	
Interakční součinitel	k_{zz}	0,82	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B349 pozice 0,000 m.Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B349 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 1			
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr,y}$	1123,49	kN
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr,z}$	4501,26	kN
Pružné kritické zatížení	$N_{cr,T}$	172570,04	kN
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	7,2406e+04	mm ³
Pružný modul průřezu	$W_{el,y}$	5,4700e+04	mm ³
Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	7,2406e+04	mm ³
Pružný modul průřezu	$W_{el,z}$	5,4700e+04	mm ³



Parametry interakční metody 1

Moment setrvačnosti	I_y	3,1300e+06	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	3,1300e+06	mm ⁴
Moment setrvačnosti v prostém kroucení	I_r	6,2500e+06	mm ⁴
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{my,0}$		Tabulka A.2 řádek 2 (obecná)	
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	1,06	kNm
Maximální relativní průhyb	δ_z	-0,2	mm
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{my,0}$	0,87	
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{mz,0}$		Tabulka A.2 řádek 1 (lineární)	
Poměr koncových momentů	ψ_z	0,23	
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{mz,0}$	0,84	
Součinitel	μ_y	0,96	
Součinitel	μ_z	1,00	
Součinitel	ε_y	0,22	
Součinitel	a_{LT}	0,00	
Kritický moment pro rovnoměrný ohyb	$M_{cr,0}$	809,30	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,18	
Limitní relativní štíhlost	$\lambda_{rel,0,lim}$	0,31	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{my}	0,87	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mz}	0,84	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mLT}	1,00	
Součinitel	b_{LT}	0,00	
Součinitel	c_{LT}	0,00	
Součinitel	d_{LT}	0,00	
Součinitel	e_{LT}	0,00	
Součinitel	w_y	1,32	
Součinitel	w_z	1,32	
Součinitel	η_{pl}	0,24	
Maximální relativní štíhlost	$\lambda_{rel,max}$	0,82	
Součinitel	C_{yy}	1,05	
Součinitel	C_{yz}	1,03	
Součinitel	C_{zy}	1,02	
Součinitel	C_{zz}	1,06	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,31 + 0,04 + 0,00 = 0,35$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,26 + 0,03 + 0,00 = 0,28$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 3,1300 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{2,403 [\text{m}]^2} = 1123,49 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 3,1300 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{1,201 [\text{m}]^2} = 4501,26 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{l_0^2} \times \left(G \times I_c + \frac{\pi^2 \times E \times I_w}{l_0^2} \right) = \frac{1}{54,09 [\text{mm}]^2} \times \left(80769,2 [\text{MPa}] \times 6,2500 \cdot 10^6 [\text{mm}^4] + \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 3,2453 \cdot 10^{-23} [\text{mm}^6]}{2,236 [\text{m}]^2} \right) = 172570,04 [\text{kN}]$$

$$C_{my,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times E \times I_y \times |\delta_z|}{L^2 \times |M_{y,Ed}|} - 1 \right) \times \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 3,1300 \cdot 10^6 [\text{mm}^4] \times |-0,2 [\text{mm}]|}{2,236 [\text{m}]^2 \times |1,06 [\text{kNm}]|} - 1 \right) \times \frac{|185,06 [\text{kN}]|}{1123,49 [\text{kN}]} = 0,87$$

$$C_{mz,0} = 0,79 + 0,21 \times \psi_z + \frac{0,36 \times (\psi_z - 0,33) \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}} = 0,79 + 0,21 \times 0,23 + \frac{0,36 \times (0,23 - 0,33) \times |185,06 [\text{kN}]|}{4501,26 [\text{kN}]} = 0,84$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}}{1 - \frac{\chi_y \times |N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{|185,06 [\text{kN}]|}{1123,49 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,78 \times |185,06 [\text{kN}]|}{1123,49 [\text{kN}]}} = 0,96$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}}{1 - \frac{\chi_z \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{|185,06 [\text{kN}]|}{4501,26 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,95 \times |185,06 [\text{kN}]|}{4501,26 [\text{kN}]}} = 1,00$$

$$\varepsilon_y = \left| \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \right| \times \frac{A}{W_{el,y}} = \left| \frac{1,06 [\text{kNm}]}{185,06 [\text{kN}]} \right| \times \frac{2,1400 \cdot 10^3 [\text{mm}^2]}{5,4700 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]} = 0,22$$

$$a_{LT} = \max \left(1 - \frac{l_1}{l_y}, 0 \right) = \max \left(1 - \frac{6,2500 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{3,1300 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}, 0 \right) = \max (-1,00; 0,00) = 0,00$$



$$M_{y,0} = \frac{C_3 \times \pi^2 \times E \times I_y}{(k \times l_y)^2} \times \left[\frac{\left(\frac{k}{l_w} \right)^2 \times I_w}{l_y} + \frac{(k \times l_y)^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_y} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2 - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right]$$
$$= \frac{1,00 \times \pi^2 \times 21000,0 [\text{MPa}] \times 3,1300 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{(1,00 \times 2,236 [\text{m}])^2} \times \left[\frac{\left(\frac{1,00}{1,00} \right)^2 \times 3,2453 \cdot 10^{-20} [\text{mm}^6]}{3,1300 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]} + \frac{(1,00 \times 2,236 [\text{m}])^2 \times 80769,2 [\text{MPa}] \times 6,2500 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{\pi^2 \times 21000,0 [\text{MPa}] \times 3,1300 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]} + (0,05 \times 0,00 [\text{mm}] - 0,00 \times 0,00 [\text{mm}])^2 - (0,05 \times 0,00 [\text{mm}] - 0,00 \times 0,00 [\text{mm}]) \right]$$
$$= 809,30 [\text{kNm}]$$
$$\lambda_{rel,0} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{809,30 [\text{kNm}]} = 0,18}$$
$$\lambda_{rel,0,lim} = 0,2 \times \sqrt{C_1} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}\right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,T}}\right)} = 0,2 \times \sqrt{2,50} \times \sqrt{\left(1 - \frac{185,06 [\text{kN}]}{4501,26 [\text{kN}]}\right) \times \left(1 - \frac{185,06 [\text{kN}]}{172570,04 [\text{kN}]}\right)} = 0,31$$
$$C_{my} = C_{my,0} = 0,87$$
$$C_{mz} = C_{mz,0} = 0,84$$
$$C_{mLT} = 1,00$$
$$b_{LT} = 0,5 \times a_{LT} \times \lambda_{rel,0}^2 \times \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = 0,5 \times 0,00 \times 0,18^2 \times \frac{1,06 [\text{kNm}]}{1,00 \times 25,70 [\text{kNm}]} \times \frac{0,02 [\text{kNm}]}{25,70 [\text{kNm}]} = 0,00$$
$$c_{LT} = 10 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}^2}{5 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 10 \times 0,00 \times \frac{0,18^2}{5 + 0,41^4} \times \frac{1,06 [\text{kNm}]}{0,87 \times 1,00 \times 25,70 [\text{kNm}]} = 0,00$$
$$d_{LT} = 2 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{C_{mz} \times M_{pl,z,Rd}}$$
$$= 2 \times 0,00 \times \frac{0,18}{0,1 + 0,41^4} \times \frac{1,06 [\text{kNm}]}{0,87 \times 1,00 \times 25,70 [\text{kNm}]} \times \frac{0,02 [\text{kNm}]}{0,84 \times 25,70 [\text{kNm}]} = 0,00$$
$$e_{LT} = 1,7 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 1,7 \times 0,00 \times \frac{0,18}{0,1 + 0,41^4} \times \frac{1,06 [\text{kNm}]}{0,87 \times 1,00 \times 25,70 [\text{kNm}]} = 0,00$$
$$w_y = \min \left(\frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}}; 1,5 \right) = \min \left(\frac{7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]}{5,4700 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]}; 1,5 \right) = \min (1,32; 1,50) = 1,32$$
$$w_z = \min \left(\frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}}; 1,5 \right) = \min \left(\frac{7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]}{5,4700 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]}; 1,5 \right) = \min (1,32; 1,50) = 1,32$$
$$\eta_{pl} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{Rk}} = \frac{185,06 [\text{kN}]}{759,70 [\text{kN}]} = 0,24$$
$$\lambda_{rel,max} = \max (\lambda_{rel,y}; \lambda_{rel,z}) = \max (0,82; 0,41) = 0,82$$
$$C_{yy} = \max \left\{ 1 + (w_y - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 \right) \times \eta_{pl} - b_{LT} \right]; \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}} \right\}$$
$$= \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{1,32} \times 0,87^2 \times 0,82 - \frac{1,6}{1,32} \times 0,87^2 \times 0,82^2 \right) \times 0,24 - 0,00 \right]; \frac{5,4700 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]}{7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{1,05; 0,76\} = 1,05$$
$$C_{yz} = \max \left\{ 1 + (w_z - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_z^5} \right) \times \eta_{pl} - c_{LT} \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \times \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \right\}$$
$$= \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{0,84^2 \times 0,82^2}{1,32^5} \right) \times 0,24 - 0,00 \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32}} \times \frac{5,4700 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]}{7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{1,03; 0,45\} = 1,03$$
$$C_{zy} = \max \left\{ 1 + (w_y - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_y^5} \right) \times \eta_{pl} - d_{LT} \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \times \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}} \right\}$$
$$= \max \left\{ 1 + (1,32 - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{0,87^2 \times 0,82^2}{1,32^5} \right) \times 0,24 - 0,00 \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32}} \times \frac{5,4700 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]}{7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{1,02; 0,45\} = 1,02$$
$$C_{zz} = \max \left[1 + (w_z - 1) \times \left(2 - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 - e_{LT} \right) \times \eta_{pl}; \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \right]$$
$$= \max \left[1 + (1,32 - 1) \times \left(2 - \frac{1,6}{1,32} \times 0,84^2 \times 0,82 - \frac{1,6}{1,32} \times 0,84^2 \times 0,82^2 - 0,00 \right) \times 0,24; \frac{5,4700 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]}{7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]} \right] = \max [1,06; 0,76] = 1,06$$
$$N_{Rk} = A \times f_y = 2,1400 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}] = 759,70 [\text{kN}]$$
$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}] = 25,70 [\text{kNm}]$$
$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 7,2406 \cdot 10^4 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}] = 25,70 [\text{kNm}]$$
$$k_{yy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\lambda_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{yy}} = 0,87 \times 1,00 \times \frac{0,96}{1 - \frac{185,06 [\text{kN}]}{1123,49 [\text{kN}]}} \times \frac{1}{1,05} = 0,95$$



$$k_{yz} = C_{mz} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{yz}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 0,84 \times \frac{0,96}{1 - \frac{185,06[kN]}{4501,26[kN]}} \times \frac{1}{1,03} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32}} = 0,49$$
$$k_{zy} = C_{mz} \times C_{mLT} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{zy}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 0,87 \times 1,00 \times \frac{1,00}{1 - \frac{185,06[kN]}{1123,49[kN]}} \times \frac{1}{1,02} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,32}{1,32}} = 0,61$$

$$k_{zz} = C_{mz} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{zz}} = 0,84 \times \frac{1,00}{1 - \frac{185,06[kN]}{4501,26[kN]}} \times \frac{1}{1,06} = 0,82$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$
$$= \frac{185,06[kN]}{0,78 \times \frac{759,70[kN]}{1,00}} + 0,95 \times \frac{1,06[kNm] + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{25,70[kNm]}{1,00}} + 0,49 \times \frac{0,02[kNm] + |0,00[kNm]|}{\frac{25,70[kNm]}{1,00}} = 0,35 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.61})$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$
$$= \frac{185,06[kN]}{0,95 \times \frac{759,70[kN]}{1,00}} + 0,61 \times \frac{1,06[kNm] + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{25,70[kNm]}{1,00}} + 0,82 \times \frac{0,02[kNm] + |0,00[kNm]|}{\frac{25,70[kNm]}{1,00}} = 0,28 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.62})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61); Posudek (6.62)}) = \max(0,35; 0,28) = 0,35 \leq 1,00$$

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.



10.4 Diagonála vazníku – krajní CHS 139.7/10.0

Hodnoty: **UC celkový**

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0

Posudek EN 1993-1-1

Národní dodatek: Norma EN

Dílec B125	2,069 / 2,069 m	CHS139.7/10.0	Válcovaný	S 355	Všechny MSU	0,62 -
-------------------	------------------------	----------------------	------------------	--------------	--------------------	---------------

Klíč kombinaceVšechny MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 +
0.90*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2**Dílčí souč. spolehlivosti**

Únosnost průřezů	γ_{M0}	1,00
Únosnost na stabilitu	γ_{M1}	1,00
Únosnost čistého průřezu	γ_{M2}	1,25

Materiál

Mez kluzu	f_y	355,0	MPa
Pevnost v tahu	f_u	490,0	MPa

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....**Kritický posudek je na pozici 2,069 m**

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-638,18	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	4,15	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	-2,38	kN
Kroucení	T_{Ed}	2,28	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-4,12	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	2,23	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d	t	d/t	Třída 1 limit	Třída 2 limit	Třída 3 limit	Třída
[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
139,70	10,00	14,0	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

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

Průřezová plocha	A	4,0700e+03	mm ²
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	1444,85	kN
Jedn. posudek		0,44	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,0700 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 1444,85 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.10})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-638,18 [\text{kN}]|}{1444,85 [\text{kN}]} = 0,44 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.9})$$

Posudek ohybového momentu pro M_y

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,6590e+05	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	58,89	kNm
Jedn. posudek		0,07	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 58,89 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-4,12 [\text{kNm}]|}{58,89 [\text{kNm}]} = 0,07 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

Posudek ohybového momentu pro M_z

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	1,6590e+05	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	58,89	kNm
Jedn. posudek		0,04	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 58,89 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|2,23 [\text{kNm}]|}{58,89 [\text{kNm}]} = 0,04 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

**Posudek smyku pro V_y**

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	2,5910e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_y	$V_{pl,y,Rd}$	531,05	kN
Jedn. posudek		0,01	

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,5910 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 531,06 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{|4,15 [\text{kN}]|}{531,06 [\text{kN}]} = 0,01 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

Posudek smyku pro V_z

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	2,5910e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_z	$V_{pl,z,Rd}$	531,06	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,5910 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 531,06 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{|-2,38 [\text{kN}]|}{531,06 [\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákna	Vlákno	1	
Celkový kroučicí moment	T_{Ed}	8,6	MPa
Pružná smyková únosnost	T_{Rd}	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,04	-

$$T_{Ed} = \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,unit}} \times T_{Ed,unit} = \frac{2,28 [\text{kNm}]}{1000000,00 [\text{kNm}]} \times 3784427,34 [\text{MPa}] = 8,6 [\text{MPa}]$$

$$T_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0 [\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{8,6 [\text{MPa}]}{205,0 [\text{MPa}]} = 0,04 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.23})$$

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

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

Výslednice ohybového momentu	$M_{výslednice}$	4,69	kNm
Výslednice smykové síly	$V_{výslednice}$	4,78	kN
Návrhová plastická momentová únosnost redukována kvůli N_{Ed}	$M_{N,Rd}$	44,21	kNm
Jedn. posudek		0,11	-

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|-638,18 [\text{kN}]|}{1444,85 [\text{kN}]} = 0,44$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \times (1 - n^{1,7}) = 58,89 [\text{kNm}] \times (1 - 0,44^{1,7}) = 44,21 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.29})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{výslednice}|}{M_{N,Rd}} = \frac{|4,69 [\text{kNm}]|}{44,21 [\text{kNm}]} = 0,11 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.31})$$

Poznámka: Výsledné vnitřní síly se použijí pro trubkové průřezy

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

Tabulky rozhodnutí pro kombinovaný posudek průřezu

Přítomnost síly	
Osová síla N_{Ed}	Přítomen
Smyková síla $V_{y,Ed}$	Nevýznamný
Smyková síla $V_{z,Ed}$	Nevýznamný
Kroucení T_{Ed}	Nevýznamný
Ohybový moment $M_{y,Ed}$	Přítomen
Ohybový moment $M_{z,Ed}$	Přítomen
Významná smyková síla bez odpovídajícího ohybového momentu	Ne
Data deplance	Nepřítomné nebo zanedbatelné



Zkontrolovat zadání	
Klasifikace je podporována	Ano
Klasifikace průřezu	Třída 1
Průřez je nastaven uživatelem	Ne
Je k dispozici vzorec pro plastický smyk	Ano
Je k dispozici vzorec pro kombinovaný ohyb a smykovou sílu	Ano
Lze spočítat posudek kombinace ohybu a osově síly	Ano
Posudek plastické výslednice kruhové trubky je podporován	Ano

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

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

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

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Rozhodující součinitel využití η : 0,51

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
139,70	10,00	14,0	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Poznámka: Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití η podle Semi-Comp+.

Řez d_x [m]	Třída [-]	Součinitel využití η [-]
0,000	1	0,51
0,207	1	0,50
0,414	1	0,49
0,621	1	0,48
0,828	1	0,47
1,035	1	0,47
1,035	1	0,47
1,242	1	0,47
1,449	1	0,47
1,656	1	0,47
1,862	1	0,48
2,069	1	0,49

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	2,069	2,069
Součinitel vzpěru	k	0,80	0,87
Vzpěrná délka	l_{cr}	1,654	1,795
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	6531,42	5542,47
Štíhlost	λ	35,94	39,01
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	0,47	0,51
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20
Vzpěr. křivka	a	a	a
Imperfekce	α	0,21	0,21
Redukční součinitel	χ	0,93	0,92
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	1348,39	1330,65

Posudek rovinného vzpěru			
Průřezová plocha	A	4,0700e+03	mm ²
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	1330,65	kN
Jedn. posudek		0,48	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 8,6200 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{1,654 [\text{m}]^2} = 6531,42 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 8,6200 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{1,795 [\text{m}]^2} = 5542,47 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{1,654 [\text{m}]}{46,02 [\text{mm}]} = 35,94$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,795 [\text{m}]}{46,02 [\text{mm}]} = 39,01$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{35,94}{\sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 0,47$$

(EC3-1-1: 6.50)



$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{39,01}{\pi \sqrt{\frac{210000,0 \text{ [MPa]}}{355,0 \text{ [MPa]}}}} = 0,51 \quad (\text{EC3-1-1: 6.50})$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,47 - 0,20) + 0,47^2] = 0,64$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,51 - 0,20) + 0,51^2] = 0,66$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,64 + \sqrt{0,64^2 - 0,47^2}}; 1 \right) = \min (0,93; 1) = 0,93 \quad (\text{EC3-1-1: 6.49})$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,66 + \sqrt{0,66^2 - 0,51^2}}; 1 \right) = \min (0,92; 1) = 0,92 \quad (\text{EC3-1-1: 6.49})$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,93 \times 4,0700 \cdot 10^3 \text{ [mm}^2\text{]} \times 355,0 \text{ [MPa]}}{1,00} = 1348,39 \text{ [kN]} \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,92 \times 4,0700 \cdot 10^3 \text{ [mm}^2\text{]} \times 355,0 \text{ [MPa]}}{1,00} = 1330,65 \text{ [kN]} \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$

$$N_{b,Rd} = \min (N_{b,y,Rd}; N_{b,z,Rd}) = \min (1348,39 \text{ [kN]}; 1330,65 \text{ [kN]}) = 1330,65 \text{ [kN]}$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-638,18 \text{ [kN]}|}{1330,65 \text{ [kN]}} = 0,48 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.46})$$

Posudek prostorového vzpěru

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

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná ke klopení.

Další parametry klopení			
Minimální souřadnice z	z_{min}	-69,85	mm
Maximální souřadnice z	z_{max}	69,85	mm
Poměr koncového momentu	ψ	-0,02	
Ekvivalentní bodové zatížení	F	0,35	kN
Ekvivalentní liniové zatížení	q	0,34	kN/m
Rozdíl od M		1,20	kNm
Rozdíl od F		0,29	kNm
Rozdíl od q		0,00	kNm
Výsledný typ zatížení		liniové zatížení q	

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 1	
Průřezová plocha	A	4,0700e+03	mm ²
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,6590e+05	mm ³
Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	1,6590e+05	mm ³
Návrhová tlaková síla	N_{Ed}	638,18	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	-4,12	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	-6,36	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N_{Rk}	1444,85	kN
Charakteristická momentová únosnost	$M_{y,Rk}$	58,89	kNm
Charakteristická momentová únosnost	$M_{z,Rk}$	58,89	kNm
Redukční součinitel	χ_y	0,93	
Redukční součinitel	χ_z	0,92	
Redukční součinitel	χ_{LT}	1,00	
Interakční součinitel	k_{yy}	1,52	
Interakční součinitel	k_{yz}	0,37	
Interakční součinitel	k_{zy}	0,88	
Interakční součinitel	k_{zz}	0,62	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B125 pozice 2,069 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B125 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 1			
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr,y}$	6531,42	kN
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr,z}$	5542,47	kN
Pružné kritické zatížení	$N_{cr,T}$	328730,77	kN
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,6590e+05	mm ³
Pružný modul průřezu	$W_{el,y}$	1,2300e+05	mm ³
Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	1,6590e+05	mm ³
Pružný modul průřezu	$W_{el,z}$	1,2300e+05	mm ³



Parametry interakční metody 1

Moment setrvačnosti	I_y	8,6200e+06	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	8,6200e+06	mm ⁴
Moment setrvačnosti v prostém kroucení	I_t	1,7240e+07	mm ⁴
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{my,0}$		Tabulka A.2 řádek 2 (obecná)	
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	-4,12	kNm
Maximální relativní průhyb	δ_z	-5,2	mm
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{my,0}$	1,42	
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{mz,0}$		Tabulka A.2 řádek 1 (lineární)	
Poměr koncových momentů	ψ_z	-0,35	
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{mz,0}$	0,69	
Součinitel	μ_y	0,99	
Součinitel	μ_z	0,99	
Součinitel	ε_y	0,21	
Součinitel	a_{LT}	0,00	
Kritický moment pro rovnoměrný ohyb	$M_{cr,0}$	2410,25	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,16	
Limitní relativní štíhlost	$\lambda_{rel,0,lim}$	0,27	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{my}	1,42	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mz}	0,69	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mLT}	1,00	
Součinitel	b_{LT}	0,00	
Součinitel	c_{LT}	0,00	
Součinitel	d_{LT}	0,00	
Součinitel	e_{LT}	0,00	
Součinitel	w_y	1,35	
Součinitel	w_z	1,35	
Součinitel	η_{pl}	0,44	
Maximální relativní štíhlost	$\lambda_{rel,max}$	0,51	
Součinitel	C_{yy}	1,02	
Součinitel	C_{yz}	1,25	
Součinitel	C_{zy}	1,05	
Součinitel	C_{zz}	1,24	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,47 + 0,11 + 0,04 = 0,62$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,48 + 0,06 + 0,07 = 0,61$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 8,6200 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{1,654 [\text{m}]^2} = 6531,42 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 8,6200 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{1,795 [\text{m}]^2} = 5542,47 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{l_0^2} \times \left(G \times I_t + \frac{\pi^2 \times E \times I_w}{l_0^2} \right) = \frac{1}{65,08 [\text{m}]^2} \times \left(80769,2 [\text{MPa}] \times 1,7240 \cdot 10^7 [\text{mm}^4] + \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 9,4157 \cdot 10^{-23} [\text{mm}^6]}{2,069 [\text{m}]^2} \right) = 328730,77 [\text{kN}]$$

$$C_{my,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times E \times I_y \times |\delta_z|}{L^2 \times |M_{y,Ed}|} - 1 \right) \times \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 8,6200 \cdot 10^6 [\text{mm}^4] \times |-5,2 [\text{mm}]|}{2,069 [\text{m}]^2 \times |-4,12 [\text{kNm}]|} - 1 \right) \times \frac{[638,18 [\text{kN}]]}{6531,42 [\text{kN}]} = 1,42$$

$$C_{mz,0} = 0,79 + 0,21 \times \psi_z + \frac{0,36 \times (\psi_z - 0,33) \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}} = 0,79 + 0,21 \times -0,35 + \frac{0,36 \times (-0,35 - 0,33) \times [638,18 [\text{kN}]]}{5542,47 [\text{kN}]} = 0,69$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}}{1 - \frac{\chi_y \times |N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{[638,18 [\text{kN}]]}{6531,42 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,93 \times [638,18 [\text{kN}]]}{6531,42 [\text{kN}]}} = 0,99$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}}{1 - \frac{\chi_z \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{[638,18 [\text{kN}]]}{5542,47 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,92 \times [638,18 [\text{kN}]]}{5542,47 [\text{kN}]}} = 0,99$$

$$\varepsilon_y = \left| \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \right| \times \frac{A}{W_{el,y}} = \left| \frac{-4,12 [\text{kNm}]}{638,18 [\text{kN}]} \right| \times \frac{4,0700 \cdot 10^3 [\text{mm}^2]}{1,2300 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]} = 0,21$$

$$a_{LT} = \max \left(1 - \frac{l_1}{l_y}; 0 \right) = \max \left(1 - \frac{1,7240 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{8,6200 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}; 0 \right) = \max (-1,00; 0,00) = 0,00$$



$$M_{y,0} = \frac{C_1 \times \pi^2 \times E \times I_z}{(k \times l_{LT})^2} \times \left[\left(\frac{k}{l_{LT}} \right)^2 \times I_{yy} + \frac{(k \times l_{LT})^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_1)^2 - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_1) \right]$$
$$= \frac{1,00 \times \pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 8,6200 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{(1,00 \times 2,060 [\text{m}])^2} \times \left[\frac{(1,00)^2 \times 9,4157 \cdot 10^{-23} [\text{mm}^6]}{8,6200 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]} + \frac{(1,00 \times 2,060 [\text{m}])^2 \times 80769,2 [\text{MPa}] \times 1,7240 \cdot 10^7 [\text{mm}^6]}{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 8,6200 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]} + (0,03 \times 0,00 [\text{mm}] - 1,00 \times 0,00 [\text{mm}])^2 - (0,03 \times 0,00 [\text{mm}] - 1,00 \times 0,00 [\text{mm}]) \right]$$
$$= 2410,25 [\text{kNm}]$$
$$\lambda_{rel,0} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{2410,25 [\text{kNm}]} = 0,16}$$
$$\lambda_{rel,0,lim} = 0,2 \times \sqrt{C_1} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}\right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,T}}\right)} = 0,2 \times \sqrt{1,91} \times \sqrt{\left(1 - \frac{638,18 [\text{kN}]}{5542,47 [\text{kN}]}\right) \times \left(1 - \frac{638,18 [\text{kN}]}{328730,77 [\text{kN}]}\right)} = 0,27$$
$$C_{my} = C_{my,0} = 1,42$$
$$C_{mz} = C_{mz,0} = 0,69$$
$$C_{mLT} = 1,00$$
$$b_{LT} = 0,5 \times a_{LT} \times \lambda_{rel,0}^2 \times \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = 0,5 \times 0,00 \times 0,16^2 \times \frac{|-4,12 [\text{kNm}]|}{1,00 \times 58,89 [\text{kNm}]} \times \frac{|-6,36 [\text{kNm}]|}{58,89 [\text{kNm}]} = 0,00$$
$$c_{LT} = 10 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}^2}{5 + \lambda_{rel,0}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 10 \times 0,00 \times \frac{0,16^2}{5 + 0,51^4} \times \frac{|-4,12 [\text{kNm}]|}{1,42 \times 1,00 \times 58,89 [\text{kNm}]} = 0,00$$
$$d_{LT} = 2 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,0}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{C_{mz} \times M_{pl,z,Rd}}$$
$$= 2 \times 0,00 \times \frac{0,16}{0,1 + 0,51^4} \times \frac{|-4,12 [\text{kNm}]|}{1,42 \times 1,00 \times 58,89 [\text{kNm}]} \times \frac{|-6,36 [\text{kNm}]|}{0,69 \times 58,89 [\text{kNm}]} = 0,00$$
$$e_{LT} = 1,7 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,0}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 1,7 \times 0,00 \times \frac{0,16}{0,1 + 0,51^4} \times \frac{|-4,12 [\text{kNm}]|}{1,42 \times 1,00 \times 58,89 [\text{kNm}]} = 0,00$$
$$w_y = \min \left(\frac{W_{pl,y}}{W_{pl,y}}, 1,5 \right) = \min \left(\frac{1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{1,2300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}, 1,5 \right) = \min (1,35; 1,50) = 1,35$$
$$w_z = \min \left(\frac{W_{pl,z}}{W_{pl,z}}, 1,5 \right) = \min \left(\frac{1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{1,2300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}, 1,5 \right) = \min (1,35; 1,50) = 1,35$$
$$\eta_{pl} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{Rk}} = \frac{638,18 [\text{kN}]}{1444,85 [\text{kN}]} = 0,44$$
$$\lambda_{rel,max} = \max (\lambda_{rel,y}, \lambda_{rel,z}) = \max (0,47; 0,51) = 0,51$$
$$C_{yy} = \max \left\{ 1 + (w_y - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 \right) \times \eta_{pl} - b_{LT} \right]; \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}} \right\}$$
$$= \max \left\{ 1 + (1,35 - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{1,35} \times 1,42^2 \times 0,51 - \frac{1,6}{1,35} \times 1,42^2 \times 0,51^2 \right) \times 0,44 - 0,00 \right]; \frac{1,2300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{1,02; 0,74\} = 1,02$$
$$C_{yz} = \max \left\{ 1 + (w_z - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_z^5} \right) \times \eta_{pl} - c_{LT} \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \times \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \right\}$$
$$= \max \left\{ 1 + (1,35 - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{0,69^2 \times 0,51^2}{1,35^5} \right) \times 0,44 - 0,00 \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,35}{1,35}} \times \frac{1,2300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{1,25; 0,44\} = 1,25$$
$$C_{zy} = \max \left\{ 1 + (w_y - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_y^5} \right) \times \eta_{pl} - d_{LT} \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \times \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}} \right\}$$
$$= \max \left\{ 1 + (1,35 - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{1,42^2 \times 0,51^2}{1,35^5} \right) \times 0,44 - 0,00 \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,35}{1,35}} \times \frac{1,2300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{1,05; 0,44\} = 1,05$$
$$C_{zz} = \max \left[1 + (w_z - 1) \times \left(2 - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 - e_{LT} \right) \times \eta_{pl}; \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \right]$$
$$= \max \left[1 + (1,35 - 1) \times \left(2 - \frac{1,6}{1,35} \times 0,69^2 \times 0,51 - \frac{1,6}{1,35} \times 0,69^2 \times 0,51^2 - 0,00 \right) \times 0,44; \frac{1,2300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]}{1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} \right] = \max [1,24; 0,74] = 1,24$$
$$N_{Rk} = A \times f_y = 4,0700 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}] = 1444,85 [\text{kN}]$$
$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}] = 58,89 [\text{kNm}]$$
$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 1,6590 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}] = 58,89 [\text{kNm}]$$
$$k_{yy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{f_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{yy}} = 1,42 \times 1,00 \times \frac{0,99}{1 - \frac{638,18 [\text{kN}]}{6531,42 [\text{kN}]}} \times \frac{1}{1,02} = 1,52$$



$$k_{yz} = C_{mz} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{yz}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 0,69 \times \frac{0,99}{1 - \frac{638,18[kN]}{5542,47[kN]}} \times \frac{1}{1,25} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,35}{1,35}} = 0,37$$
$$k_{zy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{zy}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 1,42 \times 1,00 \times \frac{0,99}{1 - \frac{638,18[kN]}{6531,42[kN]}} \times \frac{1}{1,05} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,35}{1,35}} = 0,88$$

$$k_{zz} = C_{mz} \times \frac{\mu_x}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,x}}} \times \frac{1}{C_{zz}} = 0,69 \times \frac{0,99}{1 - \frac{638,18[kN]}{5542,47[kN]}} \times \frac{1}{1,24} = 0,62$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\gamma_{M1} \times \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$
$$= \frac{638,18[kN]}{0,93 \times \frac{1444,85[kN]}{1,00}} + 1,52 \times \frac{|-4,12[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{58,89[kNm]}{1,00}} + 0,37 \times \frac{|-6,36[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{58,89[kNm]}{1,00}} = 0,62 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.61})$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\gamma_{M1} \times \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$
$$= \frac{638,18[kN]}{0,92 \times \frac{1444,85[kN]}{1,00}} + 0,88 \times \frac{|-4,12[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{58,89[kNm]}{1,00}} + 0,62 \times \frac{|-6,36[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{58,89[kNm]}{1,00}} = 0,61 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.62})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61); Posudek (6.62)}) = \max(0,62; 0,61) = 0,62 \leq 1,00$$

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.



10.5 Vaznice IPE 360

Hodnoty: UC celkový

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Hlavní

Extrém ID: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Vaznice - IPE360

Posudek EN 1993-1-1

Národní dodatek: Norma EN

Dílec B679	1,000 / 10,000 m	IPE360	Válcovaný	S 355	Všechny MSU	0,90 -
------------	------------------	--------	-----------	-------	-------------	--------

Klíč kombinace

Všechny MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS10 + 1.50*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2

Dílčí souč. spolehlivosti

Únosnost průřezů	γ_{M0}	1,00
Únosnost na stabilitu	γ_{M1}	1,00
Únosnost čistého průřezu	γ_{M2}	1,25

Materiál

Mez kluzu	f_y	355,0 MPa
Pevnost v tahu	f_u	490,0 MPa

...:POSUDEK ÚNOSNOSTI:...

Kritický posudek je na pozici 1,000 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-632,04	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	-0,94	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	13,52	kN
Kroucení	T_{Ed}	0,00	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-18,34	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	1,91	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

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

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	ψ [-]	k_σ [-]	λ_p [-]	ρ [-]	c/t	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63,00	12,70	102,43	90,90	0,9	0,5	1,0	5,0	5,0	7,3	8,1	11,7	1
3	SO	63,00	12,70	110,49	122,02	0,9	0,4	1,0	5,0	5,0	7,3	8,1	11,3	1
4	I	298,60	8,00	103,72	70,06	0,7		1,0	37,3	37,3	22,8	27,7	34,8	4
5	SO	63,00	12,70	71,34	82,87	0,9	0,4	1,0	5,0	5,0	7,3	8,1	11,3	1
7	SO	63,00	12,70	63,29	51,76	0,8	0,5	1,0	5,0	5,0	7,3	8,1	12,1	1

Průřez je klasifikován třídou 4

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

Efektivní průřez N -

Výpočet efektivní šířky

Podle EN 1993-1-5 čl. 4.4

Id	Typ	b_p [mm]	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	ψ [-]	k_σ [-]	λ_p [-]	ρ [-]	b_e [mm]	b_{e1} [mm]	b_{e2} [mm]
1	SO	63,00	355,00	355,00	1,0	0,4	0,3	1,0	63,00		
3	SO	63,00	355,00	355,00	1,0	0,4	0,3	1,0	63,00		
4	I	298,60	355,00	355,00	1,0	4,0	0,8	0,9	269,00	134,50	134,50
5	SO	63,00	355,00	355,00	1,0	0,4	0,3	1,0	63,00		
7	SO	63,00	355,00	355,00	1,0	0,4	0,3	1,0	63,00		

Efektivní průřez M_y -

Výpočet efektivní šířky

Podle EN 1993-1-5 čl. 4.4

Id	Typ	b_p [mm]	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	ψ [-]	k_σ [-]	λ_p [-]	ρ [-]	b_e [mm]	b_{e1} [mm]	b_{e2} [mm]
1	SO	63,00	355,00	355,00	1,0	0,4	0,3	1,0	63,00		
3	SO	63,00	355,00	355,00	1,0	0,4	0,3	1,0	63,00		
4	I	298,60	305,22	-305,22	-1,0	23,9	0,3	1,0	149,30	59,72	89,58
5	SO	63,00	-355,00	-355,00							
7	SO	63,00	-355,00	-355,00							

Efektivní průřez M_z -

Výpočet efektivní šířky

Podle EN 1993-1-5 čl. 4.4



Id	Typ	b _p [mm]	σ ₁ [MPa]	σ ₂ [MPa]	ψ [-]	k _σ [-]	λ _p [-]	ρ [-]	b _e [mm]	b _{e1} [mm]	b _{e2} [mm]
1	SO	63,00	-91,88	-355,00							
3	SO	63,00	355,00	91,88	0,3	0,5	0,3	1,0	63,00		
4	I	298,60	0,00	0,00							
5	SO	63,00	355,00	91,88	0,3	0,5	0,3	1,0	63,00		
7	SO	63,00	-91,88	-355,00							

Efektivní vlastnosti						
Efektivní plocha	A _{eff}	7,0374e+03	mm ²			
Efektivní moment setrvačnosti	I _{eff,y}	1,6269e+08	mm ⁴	I _{eff,z}	1,0435e+07	mm ⁴
Efektivní modul průřezu	W _{eff,y}	9,0383e+05	mm ³	W _{eff,z}	1,2276e+05	mm ³
Posun těžiště	e _{N,y}	0,00	mm	e _{N,z}	0,00	mm

Posudek na tlak

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

Efektivní průřezová plocha	A _{eff}	7,0374e+03	mm ²
Tlaková únosnost	N _{c,Rd}	2498,29	kN
Jedn. posudek		0,25	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,0374 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 2498,29 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.11})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-632,04 [\text{kN}]|}{2498,29 [\text{kN}]} = 0,25 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.9})$$

Posudek ohybového momentu pro M_y

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.15)

Efektivní modul průřezu	W _{eff,y,min}	9,0383e+05	mm ³
Ohybový moment	M _{c,y,Rd}	320,86	kNm
Jedn. posudek		0,06	-

$$M_{c,y,Rd} = \frac{W_{eff,y,min} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,0383 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 320,86 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.15})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{c,y,Rd}} = \frac{|-18,34 [\text{kNm}]|}{320,86 [\text{kNm}]} = 0,06 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

Posudek ohybového momentu pro M_z

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.15)

Efektivní modul průřezu	W _{eff,z,min}	1,2276e+05	mm ³
Ohybový moment	M _{c,z,Rd}	43,58	kNm
Jedn. posudek		0,04	-

$$M_{c,z,Rd} = \frac{W_{eff,z,min} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,2276 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 43,58 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.15})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{c,z,Rd}} = \frac{|1,91 [\text{kNm}]|}{43,58 [\text{kNm}]} = 0,04 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

Posudek smyku pro V_y

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A _v	4,5260e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V _y	V _{pl,y,Rd}	927,65	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,5260 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 927,65 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{c,y,Rd}} = \frac{|-0,94 [\text{kN}]|}{927,65 [\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

Posudek smyku pro V_z

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A _v	3,5108e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V _z	V _{pl,z,Rd}	719,57	kN
Jedn. posudek		0,02	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,5108 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 719,57 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|13,52 [\text{kN}]|}{719,57 [\text{kN}]} = 0,02 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)



Index vlákna	Vlákno	2	
Celkový kroučicí moment	T_{Ed}	0,0	MPa
Pružná smyková únosnost	T_{Rd}	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,00	-

$$\tau_{Ed} = \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,unit}} \times \tau_{Ed,unit} = \frac{0,00[kNm]}{1000000,00[kNm]} \times 34029164,82[MPa] = 0,0[MPa]$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0[MPa]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0[MPa]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}} = \frac{0,0[MPa]}{205,0[MPa]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.23)

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.3 a rovnice (6.43)

Efektivní vlastnosti			
Efektivní průřezová plocha	A_{eff}	7,0374e+03	mm ²
Posun těžiště ve směru osy y	$e_{N,y}$	0,00	mm
Posun těžiště ve směru osy z	$e_{N,z}$	0,00	mm
Efektivní modul průřezu	$W_{eff,y}$	9,0383e+05	mm ³
Efektivní modul průřezu	$W_{eff,z}$	1,2276e+05	mm ³

Normálová napětí			
Normálové napětí od normálové síly N	$\sigma_{N,Ed}$	89,8	MPa
Normálové napětí od ohybového momentu M_y	$\sigma_{M_y,Ed}$	20,3	MPa
Normálové napětí od ohybového momentu M_z	$\sigma_{M_z,Ed}$	15,6	MPa
Celkové podélné napětí	$\sigma_{tot,Ed}$	125,7	MPa
Jedn. posudek		0,35	-

$$\sigma_{N,Ed} = \frac{|N_{Ed}|}{A_{eff}} = \frac{|-632,04[kN]|}{7,0374 \cdot 10^3[mm^2]} = 89,8[MPa]$$

$$\sigma_{M_y,Ed} = \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{eff,y}} = \frac{|-18,34[kNm]|}{9,0383 \cdot 10^5[mm^3]} = 20,3[MPa]$$

$$\sigma_{M_z,Ed} = \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{eff,z}} = \frac{|1,91[kNm]|}{1,2276 \cdot 10^5[mm^3]} = 15,6[MPa]$$

$$\sigma_{tot,Ed} = \sigma_{N,Ed} + \sigma_{M_y,Ed} + \sigma_{M_z,Ed} = 89,8[MPa] + 20,3[MPa] + 15,6[MPa] = 125,7[MPa]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|\sigma_{tot,Ed}|}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{125,7[MPa]}{\frac{355,0[MPa]}{1,00}} = 0,35 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.43)

Tabulky rozhodnutí pro kombinovaný posudek průřezu

Přítomnost síly	
Osová síla N_{Ed}	Přítomen
Smyková síla $V_{y,Ed}$	Nevýznamný
Smyková síla $V_{z,Ed}$	Nevýznamný
Kroucení T_{Ed}	Nevýznamný
Ohybový moment $M_{y,Ed}$	Přítomen
Ohybový moment $M_{z,Ed}$	Přítomen
Data deplance	Nepřítomné nebo zanedbatelné

Zkontrolovat zadání	
Klasifikace je podporována	Ano
Klasifikace průřezu	Třída 4
Efektivní průřezové charakteristiky lze spočítat	Ano
Pružný posudek je nastaven uživatelem	Ne

Vybraný posudek	
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.3 a rovnice (6.43)	

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

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

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 9,000 m

Rozhodující součinitel využití η : 0,37

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

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



Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63,00	12,70	107,20	96,05	0,9	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	11,7	1
3	SO	63,00	12,70	115,00	126,16	0,9	0,4	1,0	5,0	7,3	8,1	11,3	1
4	I	298,60	8,00	107,71	66,08	0,6		1,0	37,3	22,8	27,7	35,7	4
5	SO	63,00	12,70	66,58	77,74	0,9	0,4	1,0	5,0	7,3	8,1	11,4	1
7	SO	63,00	12,70	58,79	47,63	0,8	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	12,1	1

Průřez je klasifikován třídou 4

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

Poznámka: Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití η podle Semi-Comp+.

Řez d_x [m]	Třída [-]	Součinitel využití η [-]
0,000	3	0,34
1,000	4	0,35
2,000	4	0,30
2,500	4	0,27
2,500	4	0,27
3,000	4	0,26
4,000	4	0,30
5,000	4	0,32
5,000	4	0,32
6,000	4	0,29
7,000	4	0,25
7,500	4	0,28
7,500	4	0,28
8,000	4	0,30
9,000	4	0,37
10,000	3	0,35

Posudek rovinného vzpěru

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

Parametry vzpěru	yy	zz
Typ posuvných styčnic	posuvné	neposuvné
Systémová délka	L	10,000
Součinitel vzpěru	k	1,89
Vzpěrná délka	l_{cr}	18,861
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	947,32
Štíhlost	λ	126,12
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	1,62
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20
Vzpěr. křivka	a	b
Imperfekce	α	0,21
Redukční součinitel	χ	0,32
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	811,13

Posudek rovinného vzpěru	
Efektivní průřezová plocha	A_{eff} 7,0374e+03 mm ²
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$ 811,13 kN
Jedn. posudek	0,78

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 \text{ [MPa]} \times 1,6260 \cdot 10^9 \text{ [mm}^4\text{]}}{18,861 \text{ [m]}^2} = 947,32 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 \text{ [MPa]} \times 1,0430 \cdot 10^7 \text{ [mm}^4\text{]}}{3,147 \text{ [m]}^2} = 2182,65 \text{ [kN]}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{18,861 \text{ [m]}}{149,55 \text{ [mm]}} = 126,12$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,147 \text{ [m]}}{37,88 \text{ [mm]}} = 83,09$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y \times \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{126,12 \times \sqrt{\frac{7,0374 \cdot 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}}{7,2700 \cdot 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}}}}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 \text{ [MPa]}}{355,0 \text{ [MPa]}}}} = 1,62 \quad (\text{EC3-1-1: 6.51})$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z \times \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{83,09 \times \sqrt{\frac{7,0374 \cdot 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}}{7,2700 \cdot 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}}}}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 \text{ [MPa]}}{355,0 \text{ [MPa]}}}} = 1,07 \quad (\text{EC3-1-1: 6.51})$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,62 - 0,20) + 1,62^2] = 1,97$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,07 - 0,20) + 1,07^2] = 1,22$$



$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,97 + \sqrt{1,97^2 - 1,62^2}}; 1 \right) = \min(0,32; 1) = 0,32 \quad (\text{EC3-1-1: 6.49})$$
$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,22 + \sqrt{1,22^2 - 1,07^2}}; 1 \right) = \min(0,55; 1) = 0,55 \quad (\text{EC3-1-1: 6.49})$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A_{eff} \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,32 \times 7,0374 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 811,13 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.48})$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A_{eff} \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,55 \times 7,0374 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 1382,64 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.48})$$

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}; N_{b,z,Rd}) = \min(811,13 [\text{kN}]; 1382,64 [\text{kN}]) = 811,13 [\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-632,04 [\text{kN}]|}{811,13 [\text{kN}]} = 0,78 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.46})$$

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 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	
Efektivní modul průřezu	$W_{eff,y}$	9,0383e+05	mm ³
Průřezný kritický moment	M_{cr}	695,87	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,LT}$	0,68	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,LT,0}$	0,40	

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

Parametry M_{cr}			
Délka klopení	l_{LT}	5,000	m
Vliv polohy zatížení		bez vlivu	
Opravný součinitel	k	1,00	
Opravný součinitel	k_w	1,00	
Součinitel momentu na klopení	C_1	3,16	
Součinitel momentu na klopení	C_2	0,30	
Součinitel momentu na klopení	C_3	1,00	
Vzdálenost středu smyku	d_T	0,00	mm
Vzdálenost polohy zatížení	z_g	0,00	mm
Konstanta monosymetrie	β_y	0,00	mm
Konstanta monosymetrie	z_j	0,00	mm

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{LT}^2} \times \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \times \frac{I_{yy} \times G \times I_x}{\pi^2 \times E \times I_y} + (C_3 \times z_g - C_3 \times z_j)^2 - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 3,16$$
$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{5,000 [\text{m}]^2}$$
$$\times \left[\left(\frac{1,00}{1,00} \right)^2 \times \frac{3,1350 \cdot 10^{11} [\text{mm}^6]}{1,0430 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]} + \frac{5,000 [\text{m}]^2 \times 80769,2 [\text{MPa}] \times 3,7440 \cdot 10^3 [\text{mm}^3]}{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]} + (0,30 \times 0,00 [\text{mm}] - 1,00 \times 0,00 [\text{mm}])^2 - (0,30 \times 0,00 [\text{mm}] - 1,00 \times 0,00 [\text{mm}]) \right]$$
$$= 695,87 [\text{kNm}]$$
$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{eff,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{9,0383 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{695,87 [\text{kNm}]} } = 0,68$$

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

Další parametry klopení			
Minimální souřadnice z	Z_{min}	-180,00	mm
Maximální souřadnice z	Z_{max}	180,00	mm
Poměr koncového momentu	ψ	-0,25	
Ekvivalentní bodové zatížení	F	8,58	kN
Ekvivalentní liniové zatížení	q	3,43	kN/m
Rozdíl od M		45,02	kNm
Rozdíl od F		8,58	kNm
Rozdíl od q		0,00	kNm
Výsledný typ zatížení		liniové zatížení q	

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 1	
Efektivní průřezová plocha	A_{eff}	7,0374e+03	mm ²
Efektivní modul průřezu	$W_{eff,y}$	9,0383e+05	mm ³
Efektivní modul průřezu	$W_{eff,z}$	1,2276e+05	mm ³
Návrhová tlaková síla	N_{Ed}	632,04	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	-39,01	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	2,85	kNm
Přídavný moment	$\Delta M_{y,Ed}$	0,00	kNm
Přídavný moment	$\Delta M_{z,Ed}$	0,00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N_{Rk}	2498,29	kN
Charakteristická momentová únosnost	$M_{y,Rk}$	320,86	kNm
Charakteristická momentová únosnost	$M_{z,Rk}$	43,58	kNm
Redukční součinitel	χ_y	0,32	
Redukční součinitel	χ_z	0,55	
Modifikovaný redukční součinitel	$\chi_{LT,mod}$	1,00	
Interakční součinitel	k_{yy}	0,80	
Interakční součinitel	k_{yz}	0,33	
Interakční součinitel	k_{zy}	1,59	
Interakční součinitel	k_{zz}	0,66	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B679 pozice 10,000 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B679 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 1			
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr,y}$	947,32	kN
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr,z}$	2182,65	kN
Pružné kritické zatížení	$N_{cr,T}$	2362,58	kN
Efektivní modul průřezu	$W_{eff,y}$	9,0383e+05	mm ³
Moment setrvačnosti	I_y	1,6260e+08	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	1,0430e+07	mm ⁴
Moment setrvačnosti v prostém kroucení	I_t	3,7440e+05	mm ⁴
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{my,0}$		Tabulka A.2 řádek 2 (obecná)	
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	-39,01	kNm
Maximální relativní průhyb	δ_z	0,6	mm
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{my,0}$	0,37	
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{mz,0}$		Tabulka A.2 řádek 1 (lineární)	
Poměr koncových momentů	ψ_z	-0,65	
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{mz,0}$	0,55	
Součinitel	μ_y	0,42	
Součinitel	μ_z	0,85	
Součinitel	ϵ_y	0,48	
Součinitel	a_{LT}	1,00	
Kritický moment pro rovnoměrný ohyb	$M_{cr,0}$	220,50	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	1,21	
Limitní relativní štíhlost	$\lambda_{rel,0,lim}$	0,30	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{my}	0,63	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mz}	0,55	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mLT}	1,00	

Posudek (6.61) = 0,78 + 0,10 + 0,02 = 0,90 -

Posudek (6.62) = 0,46 + 0,19 + 0,04 = 0,69 -

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,6260 \cdot 10^8 [\text{mm}^4]}{18,861 [\text{m}]^2} = 947,32 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{3,147 [\text{m}]^2} = 2182,65 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{l_0^2} \times \left(G \times I_t + \frac{\pi^2 \times E \times I_w}{l_0^2} \right) = \frac{1}{154,27 [\text{mm}]^2} \times \left(80769,2 [\text{MPa}] \times 3,7440 \cdot 10^5 [\text{mm}^4] + \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 3,1350 \cdot 10^{11} [\text{mm}^6]}{5,000 [\text{m}]^2} \right) = 2362,58 [\text{kN}]$$

$$C_{my,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times E \times I_y \times |\delta_z|}{L^2 \times |M_{y,Ed}|} - 1 \right) \times \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,6260 \cdot 10^8 [\text{mm}^4] \times |0,6 [\text{mm}]|}{10,000 [\text{m}]^2 \times |-39,01 [\text{kNm}]|} - 1 \right) \times \frac{|632,04 [\text{kN}]|}{947,32 [\text{kN}]} = 0,37$$

$$C_{mz,0} = 0,79 + 0,21 \times \psi_z + \frac{0,36 \times (\psi_z - 0,33) \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}} = 0,79 + 0,21 \times -0,65 + \frac{0,36 \times (-0,65 - 0,33) \times |632,04 [\text{kN}]|}{2182,65 [\text{kN}]} = 0,55$$



$$\begin{aligned}\mu_y &= \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \times \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{632,04[\text{kN}]}{947,32[\text{kN}]}}{1 - 0,32 \times \frac{632,04[\text{kN}]}{947,32[\text{kN}]}} = 0,42 \\ \mu_z &= \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \times \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{632,04[\text{kN}]}{2182,65[\text{kN}]}}{1 - 0,55 \times \frac{632,04[\text{kN}]}{2182,65[\text{kN}]}} = 0,85 \\ \varepsilon_y &= \frac{|M_{y,Ed}|}{N_{Ed}} \times \frac{A_{eff}}{W_{eff,y}} = \frac{39,01[\text{kNm}]}{632,04[\text{kN}]} \times \frac{7,0374 \cdot 10^3[\text{mm}^2]}{9,0383 \cdot 10^5[\text{mm}^3]} = 0,48 \\ a_{LT} &= \max\left(1 - \frac{I_y}{I_z}; 0\right) = \max\left(1 - \frac{3,7440 \cdot 10^5[\text{mm}^4]}{1,6260 \cdot 10^8[\text{mm}^4]}; 0\right) = \max(1,00; 0,00) = 1,00 \\ M_{cr,0} &= \frac{C_1 \times \pi^2 \times E \times I_y}{(k \times l_T)^2} \times \left[\frac{\left(\frac{k}{k_{cr}}\right)^2 \times I_y}{I_y} + \frac{(k \times l_T)^2 \times G \times I_z}{\pi^2 \times E \times I_y} + (C_2 \times z_0 - C_3 \times z_1)^2 - (C_2 \times z_0 - C_3 \times z_1) \right] \\ &= \frac{1,00 \times \pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^3[\text{mm}^4]}{(1,00 \times 5,000[\text{m}])^2} \times \left[\frac{\left(\frac{1,00}{1,00}\right)^2 \times 3,1350 \cdot 10^{11}[\text{mm}^6]}{1,0430 \cdot 10^3[\text{mm}^4]} + \frac{(1,00 \times 5,000[\text{m}])^2 \times 80769,2[\text{MPa}] \times 3,7440 \cdot 10^5[\text{mm}^4]}{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^3[\text{mm}^4]} + (0,30 \times 0,00[\text{mm}] - 1,00 \times 0,00[\text{mm}])^2 - (0,30 \times 0,00[\text{mm}] - 1,00 \times 0,00[\text{mm}]) \right] \\ &= 220,50[\text{kNm}] \\ \lambda_{rel,0} &= \sqrt{\frac{W_{eff,y} \times f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{9,0383 \cdot 10^5[\text{mm}^3] \times 355,0[\text{MPa}]}{220,50[\text{kNm}]} = 1,21 \\ \lambda_{rel,0,lim} &= 0,2 \times \sqrt{C_1} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}\right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,T}}\right)} = 0,2 \times \sqrt{3,16} \times \sqrt{\left(1 - \frac{632,04[\text{kN}]}{2182,65[\text{kN}]}\right) \times \left(1 - \frac{632,04[\text{kN}]}{2362,58[\text{kN}]}\right)} = 0,30 \\ C_{my} &= C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \times \frac{\sqrt{\varepsilon_y} \times a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} \times a_{LT}} = 0,37 + (1 - 0,37) \times \frac{\sqrt{0,48} \times 1,00}{1 + \sqrt{0,48} \times 1,00} = 0,63 \\ C_{mz} &= C_{mz,0} = 0,55 \\ C_{mLT} &= \max\left[C_{my}^2 \times \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}\right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,T}}\right)}}; 1\right] = \max\left[0,63^2 \times \frac{1,00}{\sqrt{\left(1 - \frac{632,04[\text{kN}]}{2182,65[\text{kN}]}\right) \times \left(1 - \frac{632,04[\text{kN}]}{2362,58[\text{kN}]}\right)}}; 1\right] \\ &= \max[0,54; 1,00] = 1,00 \\ N_{Rk} &= A_{eff} \times f_y = 7,0374 \cdot 10^3[\text{mm}^2] \times 355,0[\text{MPa}] = 2498,29[\text{kN}] \\ M_{y,Rk} &= W_{eff,y} \times f_y = 9,0383 \cdot 10^5[\text{mm}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 320,86[\text{kNm}] \\ M_{z,Rk} &= W_{eff,z} \times f_y = 1,2276 \cdot 10^5[\text{mm}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 43,58[\text{kNm}] \\ k_{yy} &= C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} = 0,63 \times 1,00 \times \frac{0,42}{1 - \frac{632,04[\text{kN}]}{947,32[\text{kN}]}} = 0,80 \\ k_{yz} &= C_{mz} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} = 0,55 \times \frac{0,42}{1 - \frac{632,04[\text{kN}]}{2182,65[\text{kN}]}} = 0,33 \\ k_{zy} &= C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} = 0,63 \times 1,00 \times \frac{0,85}{1 - \frac{632,04[\text{kN}]}{947,32[\text{kN}]}} = 1,59 \\ k_{zz} &= C_{mz} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} = 0,55 \times \frac{0,85}{1 - \frac{632,04[\text{kN}]}{2182,65[\text{kN}]}} = 0,66 \\ \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}|}{\gamma_{M1}} \\ &= \frac{632,04[\text{kN}]}{0,32 \times \frac{2498,29[\text{kN}]}{1,00}} + 0,80 \times \frac{39,01[\text{kNm}] + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{320,86[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,33 \times \frac{2,85[\text{kNm}] + |0,00[\text{kNm}]|}{43,58[\text{kNm}]} = 0,90 \leq 1,00 \quad (\text{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}|}{\gamma_{M1}} \\ &= \frac{632,04[\text{kN}]}{0,55 \times \frac{2498,29[\text{kN}]}{1,00}} + 1,59 \times \frac{39,01[\text{kNm}] + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{320,86[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,66 \times \frac{2,85[\text{kNm}] + |0,00[\text{kNm}]|}{43,58[\text{kNm}]} = 0,69 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.62}) \\ \text{Jedin. posudek} &= \max(\text{Posudek (6.61); Posudek (6.62)}) = \max(0,90; 0,69) = 0,90 \leq 1,00 \end{aligned}$$

**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	10,000	m
Stojlina		nevztláčená	
Výška stojiny	h_w	334,60	mm
Tloušťka stojiny	t	8,00	mm
Materiálový součinitel	ϵ	0,81	
Součinitel smykové korekce	η	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku	
Štíhlost stojiny	h_w/t 41,83
Limit štíhlosti stojiny	48,82

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{334,60[\text{mm}]}{8,00[\text{mm}]} = 41,83$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \epsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,82$$

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

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.



10.6 Vodorovné ztužení střechy CHS 139.7/8.0

Hodnoty: UC celkový
Lineární výpočet
Třída: Všechny MSU
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = Vodorovné ztužení střechy - CHS139.7/8.0

Posudek EN 1993-1-1

Národní dodatek: Norma EN

Dílec B816 0,000 / 5,397 m CHS139.7/8.0 Válcovaný S 355 Všechny MSU 0,84 -

Klíč kombinace

Všechny MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 +
1.50*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2

Dílicí souč. spolehlivosti

Únosnost průřezů	γ_{M0}	1,00
Únosnost na stabilitu	γ_{M1}	1,00
Únosnost čistého průřezu	γ_{M2}	1,25

Materiál

Mez kluzu	f_y	355,0	MPa
Pevnost v tahu	f_u	490,0	MPa

....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-338,22	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	-0,44	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	0,93	kN
Kroucení	T_{Ed}	0,07	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	1,50	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d	t	d/t	Třída 1 limit	Třída 2 limit	Třída 3 limit	Třída
[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
139,70	8,00	17,5	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

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

Průřezová plocha	A	3,3100e+03	mm ²
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	1175,05	kN
Jedn. posudek		0,29	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,3100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 1175,05 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.10})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-338,22 [\text{kN}]|}{1175,05 [\text{kN}]} = 0,29 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.9})$$

Posudek ohybového momentu pro M_z

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	1,3674e+05	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	48,54	kNm
Jedn. posudek		0,03	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,3674 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 48,54 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|1,50 [\text{kNm}]|}{48,54 [\text{kNm}]} = 0,03 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

Posudek smyku pro V_y

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	2,1072e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_y	$V_{pl,y,Rd}$	431,89	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,1072 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 431,89 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$



$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{y,Rd}} = \frac{|-0,44[\text{kN}]|}{431,89[\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.17)

Posudek smyku pro V_z

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_w	2,1072e+03	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_z	$V_{pl,z,Rd}$	431,89	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_w \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,1072 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 431,89 [\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.18)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{z,Rd}} = \frac{|0,93[\text{kN}]|}{431,89[\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.17)

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vláknů	Vlákno	1	
Celkový kroučící moment	T_{Ed}	0,3	MPa
Pružná smyková únosnost	T_{Rd}	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,00	-

$$T_{Ed} = \left| \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,ult}} \times T_{Ed,ult} \right| = \left| \frac{0,07 [\text{kNm}]}{1000000,00 [\text{kNm}]} \times 4587949,05 [\text{MPa}] \right| = 0,3 [\text{MPa}]$$

$$T_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0 [\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,3 [\text{MPa}]}{205,0 [\text{MPa}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.23)

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

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

Výslednice ohybového momentu	$M_{výslednice}$	1,50	kNm
Výslednice smykové síly	$V_{výslednice}$	1,03	kN
Návrhová plastická momentová únosnost redukována kvůli N_{Ed}	$M_{pl,Rd}$	42,70	kNm
Jedn. posudek		0,04	-

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|-338,22 [\text{kN}]|}{1175,05 [\text{kN}]} = 0,29$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \times (1 - n^{1,7}) = 48,54 [\text{kNm}] \times (1 - 0,29^{1,7}) = 42,70 [\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.29)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{výslednice}|}{M_{N,Rd}} = \frac{|1,50 [\text{kNm}]|}{42,70 [\text{kNm}]} = 0,04 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.31)

Poznámka: Výsledné vnitřní síly se použijí pro trubkové průřezy

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

Tabulky rozhodnutí pro kombinovaný posudek průřezu

Přítomnost síly	
Osová síla N_{Ed}	Přítomen
Smyková síla $V_{y,Ed}$	Nevýznamný
Smyková síla $V_{z,Ed}$	Nevýznamný
Kroucení T_{Ed}	Nevýznamný
Ohybový moment $M_{y,Ed}$	Nepřítomen
Ohybový moment $M_{z,Ed}$	Přítomen
Významná smyková síla bez odpovídajícího ohybového momentu	Ne
Data deplance	Nepřítomné nebo zanedbatelné

Zkontrolovat zadání	
Klasifikace je podporována	Ano
Klasifikace průřezu	Třída 1
Pružný posudek je nastaven uživatelem	Ne
Je k dispozici vzorec pro plastický smyk	Ano
Je k dispozici vzorec pro kombinovaný ohyb a smykovou sílu	Ano
Lze spočítat posudek kombinace ohybu a osové síly	Ano
Posudek plastické výslednice kruhové trubky je podporován	Ano

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

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.



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

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Rozhodující součinitel využití η : 0,31

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
139,70	8,00	17,5	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Poznámka: Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití η podle Semi-Comp+.

Řez d_x [m]	Třída [-]	Součinitel využití η [-]
0,000	1	0,31
0,540	1	0,30
1,079	1	0,30
1,619	1	0,30
2,159	1	0,30
2,699	1	0,30
3,238	1	0,30
3,778	1	0,30
4,318	1	0,30
4,858	1	0,30
5,397	1	0,30

Posudek rovinného vzpěru

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

Parametry vzpěru	yy	zz
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné
Systémová délka	L	5,397
Součinitel vzpěru	k	1,00
Vzpěrná délka	l_{cr}	5,397
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	512,26
Štíhlost	λ	115,73
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	1,51
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20
Vzpěr. křivka	a	a
Imperfekce	α	0,21
Redukční součinitel	χ	0,37
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	430,50

Posudek rovinného vzpěru	
Průřezová plocha	A
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$
Jedn. posudek	

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 7,2000 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{5,397 [\text{m}]^2} = 512,26 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 7,2000 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{3,645 [\text{m}]^2} = 1123,20 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{5,397 [\text{m}]}{46,64 [\text{mm}]} = 115,73$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,645 [\text{m}]}{46,64 [\text{mm}]} = 78,15$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{115,73}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 1,51$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{78,15}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 1,02$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,51 - 0,20) + 1,51^2] = 1,78$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,02 - 0,20) + 1,02^2] = 1,11$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,78 + \sqrt{1,78^2 - 1,51^2}}; 1 \right) = \min (0,37; 1) = 0,37$$

(EC3-1-1: 6.49)

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,11 + \sqrt{1,11^2 - 1,02^2}}; 1 \right) = \min (0,65; 1) = 0,65$$

(EC3-1-1: 6.49)



$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,37 \times 3,3100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 430,50 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,65 \times 3,3100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 763,35 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}; N_{b,z,Rd}) = \min(430,50 [\text{kN}]; 763,35 [\text{kN}]) = 430,50 [\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-338,22 [\text{kN}]|}{430,50 [\text{kN}]} = 0,79 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.46})$$

Posudek prostorového vzpěru

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

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.**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 1	
Průřezová plocha	A	3,3100e+03	mm ²
Plastický modul průřezu	W _{pl,y}	1,3674e+05	mm ³
Plastický modul průřezu	W _{pl,z}	1,3674e+05	mm ³
Návrhová tlaková síla	N _{Ed}	338,22	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	M _{y,Ed}	1,25	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	M _{z,Ed}	1,50	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N _{Rk}	1175,05	kN
Charakteristická momentová únosnost	M _{y,Rk}	48,54	kNm
Charakteristická momentová únosnost	M _{z,Rk}	48,54	kNm
Redukční součinitel	χ _y	0,37	
Redukční součinitel	χ _z	0,65	
Redukční součinitel	χ _{LT}	1,00	
Interakční součinitel	k _{yy}	1,79	
Interakční součinitel	k _{yz}	0,23	
Interakční součinitel	k _{zy}	3,46	
Interakční součinitel	k _{zz}	0,67	

Maximální moment M_{y,Ed} je odvozen z nosníku B816 pozice 2,699 m.Maximální moment M_{z,Ed} je odvozen z nosníku B816 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 1			
Kritické Eulerovo zatížení	N _{cr,y}	512,26	kN
Kritické Eulerovo zatížení	N _{cr,z}	1123,20	kN
Pružné kritické zatížení	N _{cr,T}	267531,81	kN
Plastický modul průřezu	W _{pl,y}	1,3674e+05	mm ³
Pružný modul průřezu	W _{el,y}	1,0300e+05	mm ³
Plastický modul průřezu	W _{pl,z}	1,3674e+05	mm ³
Pružný modul průřezu	W _{el,z}	1,0300e+05	mm ³
Moment setrvačnosti	I _y	7,2000e+06	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I _z	7,2000e+06	mm ⁴
Moment setrvačnosti v prostém kroucení	I _t	1,4410e+07	mm ⁴
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu C _{my,0}		Tabulka A.2 řádek 4 (liniové zatížení)	
Součinitel ekvivalentního momentu	C _{my,0}	1,02	
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu C _{mz,0}		Tabulka A.2 řádek 1 (lineární)	
Poměr koncových momentů	ψ _z	-0,59	
Součinitel ekvivalentního momentu	C _{mz,0}	0,57	
Součinitel	μ _y	0,45	
Součinitel	μ _z	0,87	
Součinitel	ε _y	0,12	
Součinitel	a _{LT}	0,00	
Kritický moment pro rovnoměrný ohyb	M _{cr,0}	772,15	kNm
Poměrná štíhlost	λ _{rel,0}	0,25	
Limitní relativní štíhlost	λ _{rel,0,lim}	0,19	
Součinitel ekvivalentního momentu	C _{my}	1,02	
Součinitel ekvivalentního momentu	C _{mz}	0,57	
Součinitel ekvivalentního momentu	C _{mLT}	1,00	
Součinitel	b _{LT}	0,00	
Součinitel	c _{LT}	0,00	
Součinitel	d _{LT}	0,00	
Součinitel	e _{LT}	0,00	
Součinitel	w _y	1,33	
Součinitel	w _z	1,33	
Součinitel	η _{pl}	0,29	
Maximální relativní štíhlost	λ _{rel,max}	1,51	



Parametry interakční metody 1

Součinitel	C_{yy}	0,75
Součinitel	C_{yz}	0,95
Součinitel	C_{zy}	0,45
Součinitel	C_{zz}	1,05

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,79 + 0,05 + 0,01 = 0,84$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,44 + 0,09 + 0,02 = 0,55$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 7,2000 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{5,397 [\text{m}]^2} = 512,26 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 7,2000 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{3,645 [\text{m}]^2} = 1123,20 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{l_0^2} \times \left(G \times I_t + \frac{\pi^2 \times E \times I_{\omega}}{l_0^2} \right) = \frac{1}{65,96 [\text{mm}]^2} \times \left(80769,2 [\text{MPa}] \times 1,4410 \cdot 10^7 [\text{mm}^4] + \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,6563 \cdot 10^{-22} [\text{mm}^6]}{5,397 [\text{m}]^2} \right) = 267531,81 [\text{kN}]$$

$$C_{my,0} = 1 + \frac{0,03 \times |N_{Ed}|}{N_{cr,y}} = 1 + \frac{0,03 \times |338,22 [\text{kN}]|}{512,26 [\text{kN}]} = 1,02$$

$$C_{mz,0} = 0,79 + 0,21 \times \psi_z + \frac{0,36 \times (\psi_z - 0,33) \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}} = 0,79 + 0,21 \times -0,59 + \frac{0,36 \times (-0,59 - 0,33) \times |338,22 [\text{kN}]|}{1123,20 [\text{kN}]} = 0,57$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}}{1 - \frac{\chi_y \times |N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{|338,22 [\text{kN}]|}{512,26 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,37 \times |338,22 [\text{kN}]|}{512,26 [\text{kN}]}} = 0,45$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}}{1 - \frac{\chi_z \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{|338,22 [\text{kN}]|}{1123,20 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,65 \times |338,22 [\text{kN}]|}{1123,20 [\text{kN}]}} = 0,87$$

$$\varepsilon_y = \left| \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \right| \times \frac{A}{W_{pl,y}} = \left| \frac{1,25 [\text{kNm}]}{338,22 [\text{kN}]} \right| \times \frac{3,3100 \cdot 10^3 [\text{mm}^2]}{1,0300 \cdot 10^5 [\text{mm}^3]} = 0,12$$

$$a_{LT} = \max \left(1 - \frac{l_y}{l_y}, 0 \right) = \max \left(1 - \frac{1,4410 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{7,2000 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}, 0 \right) = \max (-1,00; 0,00) = 0,00$$

$$M_{z,0} = \frac{C_T \times \pi^2 \times E \times I_z}{(k \times l_T)^2} \times \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_0} \right)^2 \times l_y^2 + \frac{(k \times l_y)^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z}} + (C_2 \times z_1 - C_3 \times z_2) \right] - (C_2 \times z_1 - C_3 \times z_2)$$
$$= \frac{1,00 \times \pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 7,2000 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{(1,00 \times 5,397 [\text{m}])^2} \times \left[\sqrt{\left(\frac{1,00}{1,00} \right)^2 \times 1,6563 \cdot 10^{-22} [\text{mm}^6]} + \frac{(1,00 \times 5,397 [\text{m}])^2 \times 80769,2 [\text{MPa}] \times 1,4410 \cdot 10^7 [\text{mm}^4]}{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 7,2000 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]} + (0,45 \times 0,00 [\text{mm}] - 0,53 \times 0,00 [\text{mm}])^2 - (0,45 \times 0,00 [\text{mm}] - 0,53 \times 0,00 [\text{mm}]) \right]$$
$$= 772,15 [\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,0} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{1,3674 \cdot 10^5 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{772,15 [\text{kNm}]} = 0,25$$

$$\lambda_{rel,0,lim} = 0,2 \times \sqrt{C_1} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}} \right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,T}} \right)} = 0,2 \times \sqrt{1,13} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|338,22 [\text{kN}]|}{1123,20 [\text{kN}]} \right) \times \left(1 - \frac{|338,22 [\text{kN}]|}{267531,81 [\text{kN}]} \right)} = 0,19$$

$$C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \times \frac{\sqrt{\varepsilon_y} \times a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} \times a_{LT}} = 1,02 + (1 - 1,02) \times \frac{\sqrt{0,12} \times 0,00}{1 + \sqrt{0,12} \times 0,00} = 1,02$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 0,57$$

$$C_{mLT} = \max \left[C_{my}^2 \times \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}} \right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,T}} \right)}}; 1 \right] = \max \left[1,02^2 \times \frac{0,00}{\sqrt{\left(1 - \frac{|338,22 [\text{kN}]|}{1123,20 [\text{kN}]} \right) \times \left(1 - \frac{|338,22 [\text{kN}]|}{267531,81 [\text{kN}]} \right)}}; 1 \right]$$
$$= \max [0,00; 1,00] = 1,00$$

$$b_{LT} = 0,5 \times a_{LT} \times \lambda_{rel,0}^2 \times \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = 0,5 \times 0,00 \times 0,25^2 \times \frac{|1,25 [\text{kNm}]|}{1,00 \times 48,54 [\text{kNm}]} \times \frac{|1,50 [\text{kNm}]|}{48,54 [\text{kNm}]} = 0,00$$

$$c_{LT} = 10 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}^2}{5 + \lambda_{rel,0}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 10 \times 0,00 \times \frac{0,25^2}{5 + 1,02^4} \times \frac{|1,25 [\text{kNm}]|}{1,02 \times 1,00 \times 48,54 [\text{kNm}]} = 0,00$$

$$d_{LT} = 2 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,0}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{C_{mz} \times M_{pl,z,Rd}}$$
$$= 2 \times 0,00 \times \frac{0,25}{0,1 + 1,02^4} \times \frac{|1,25 [\text{kNm}]|}{1,02 \times 1,00 \times 48,54 [\text{kNm}]} \times \frac{|1,50 [\text{kNm}]|}{0,57 \times 48,54 [\text{kNm}]} = 0,00$$



$$e_{LT} = 1,7 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 1,7 \times 0,00 \times \frac{0,25}{0,1 + 1,02^4} \times \frac{[1,25[\text{kNm}]]}{1,02 \times 1,00 \times 48,54[\text{kNm}]} = 0,00$$

$$w_y = \min\left(\frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}}, 1,5\right) = \min\left(\frac{1,3674 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}{1,0300 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}, 1,5\right) = \min(1,33; 1,50) = 1,33$$

$$w_z = \min\left(\frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}}, 1,5\right) = \min\left(\frac{1,3674 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}{1,0300 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}, 1,5\right) = \min(1,33; 1,50) = 1,33$$

$$\eta_{pl} = \frac{|N_{Ed}|}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{[338,22[\text{kN}]]}{\frac{1175,05[\text{kN}]}{1,00}} = 0,29$$

$$\lambda_{rel,max} = \max(\lambda_{rel,y}; \lambda_{rel,z}) = \max(1,51; 1,02) = 1,51$$

$$C_{yy} = \max\left\{1 + (w_y - 1) \times \left[2 - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2\right] \times \eta_{pl} - b_{LT}\right\}; \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}\right\}$$
$$= \max\left\{1 + (1,33 - 1) \times \left[2 - \frac{1,6}{1,33} \times 1,02^2 \times 1,51 - \frac{1,6}{1,33} \times 1,02^2 \times 1,51^2\right] \times 0,29 - 0,00\right\}; \frac{1,0300 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}{1,3674 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}\right\} = \max\{0,74; 0,75\}$$
$$= 0,75$$

$$C_{yz} = \max\left\{1 + (w_z - 1) \times \left[2 - 14 \times \frac{C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_z^5}\right] \times \eta_{pl} - c_{LT}\right\}; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \times \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}\right\}$$
$$= \max\left\{1 + (1,33 - 1) \times \left[2 - 14 \times \frac{0,57^2 \times 1,51^2}{1,33^5}\right] \times 0,29 - 0,00\right\}; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,33}{1,33}} \times \frac{1,0300 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}{1,3674 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}\right\} = \max\{0,95; 0,45\} = 0,95$$

$$C_{zy} = \max\left\{1 + (w_y - 1) \times \left[2 - 14 \times \frac{C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_y^5}\right] \times \eta_{pl} - d_{LT}\right\}; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \times \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}\right\}$$
$$= \max\left\{1 + (1,33 - 1) \times \left[2 - 14 \times \frac{1,02^2 \times 1,51^2}{1,33^5}\right] \times 0,29 - 0,00\right\}; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,33}{1,33}} \times \frac{1,0300 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}{1,3674 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}\right\} = \max\{0,42; 0,45\} = 0,45$$

$$C_{zz} = \max\left\{1 + (w_z - 1) \times \left[2 - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 - e_{LT}\right] \times \eta_{pl}; \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}\right\}$$
$$= \max\left\{1 + (1,33 - 1) \times \left[2 - \frac{1,6}{1,33} \times 0,57^2 \times 1,51 - \frac{1,6}{1,33} \times 0,57^2 \times 1,51^2 - 0,00\right] \times 0,29; \frac{1,0300 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}{1,3674 \cdot 10^5[\text{mm}^3]}\right\} = \max\{1,05; 0,75\} = 1,05$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 3,3100 \cdot 10^3[\text{mm}^2] \times 355,0[\text{MPa}] = 1175,05[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1,3674 \cdot 10^5[\text{mm}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 48,54[\text{kNm}]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 1,3674 \cdot 10^5[\text{mm}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 48,54[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{\eta y}} = 1,02 \times 1,00 \times \frac{0,45}{1 - \frac{[338,22[\text{kN}]]}{512,26[\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,75} = 1,79$$

$$k_{yz} = C_{mz} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{\eta z}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 0,57 \times \frac{0,45}{1 - \frac{[338,22[\text{kN}]]}{1123,20[\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,95} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,33}{1,33}} = 0,23$$

$$k_{zy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{\eta y}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 1,02 \times 1,00 \times \frac{0,87}{1 - \frac{[338,22[\text{kN}]]}{512,26[\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,45} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,33}{1,33}} = 3,46$$

$$k_{zz} = C_{mz} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{\eta z}} = 0,57 \times \frac{0,87}{1 - \frac{[338,22[\text{kN}]]}{1123,20[\text{kN}]}} \times \frac{1}{1,05} = 0,67$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$
$$= \frac{[338,22[\text{kN}]]}{0,37 \times \frac{1175,05[\text{kN}]}{1,00}} + 1,79 \times \frac{[1,25[\text{kNm}]] + [0,00[\text{kNm}]]}{1,00 \times \frac{48,54[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,23 \times \frac{[1,50[\text{kNm}]] + [0,00[\text{kNm}]]}{\frac{48,54[\text{kNm}]}{1,00}} = 0,84 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.61})$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$
$$= \frac{[338,22[\text{kN}]]}{0,65 \times \frac{1175,05[\text{kN}]}{1,00}} + 3,46 \times \frac{[1,25[\text{kNm}]] + [0,00[\text{kNm}]]}{1,00 \times \frac{48,54[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,67 \times \frac{[1,50[\text{kNm}]] + [0,00[\text{kNm}]]}{\frac{48,54[\text{kNm}]}{1,00}} = 0,55 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.62})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}; \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,84; 0,55) = 0,84 \leq 1,00$$

Převěk splňuje podmínky stabilního posudku.



10.7 Svislé ztužení střechy CHS 114.3/3.6

Hodnoty: **UC**celkový

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Svislé ztužení - CHS114.3/3.6

Posudek EN 1993-1-1

Národní dodatek: Norma EN

Dílec B889 | **0,000 / 2,702 m** | **CHS114.3/3.6** | **Válcovaný** | **S 355** | **Všechny MSU** | **0,48 -****Klíč kombinace**Všechny MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 +
0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2**Dílič souč. spolehlivosti**

Únosnost průřezů	γ_{M0}	1,00
Únosnost na stabilitu	γ_{M1}	1,00
Únosnost čistého průřezu	γ_{M2}	1,25

Materiál

Mez kluzu	f_y	355,0	MPa
Pevnost v tahu	f_u	490,0	MPa

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-69,95	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	-0,10	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	0,12	kN
Kroucení	T_{Ed}	0,06	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0,19	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d	t	d/t	Třída 1 limit	Třída 2 limit	Třída 3 limit	Třída
[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	
114,30	3,60	31,8	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

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

Průřezová plocha	A	1,2500e+03	mm ²
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	443,75	kN
Jedn. posudek		0,16	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,2500 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 443,75 [\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.10)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-69,95 [\text{kN}]|}{443,75 [\text{kN}]} = 0,16 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.9)

Posudek ohybového momentu pro M_z

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	4,3436e+04	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	15,42	kNm
Jedn. posudek		0,01	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,3436 \cdot 10^4 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 15,42 [\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|0,19 [\text{kNm}]|}{15,42 [\text{kNm}]} = 0,01 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.12)

Posudek smyku pro V_y

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	7,9577e+02	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_y	$V_{pl,y,Rd}$	163,10	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{7,9577 \cdot 10^2 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 163,10 [\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.18)



$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{c,y,Rd}} = \frac{|-0,10[\text{kN}]|}{163,10[\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.17)

Posudek smyku pro V_z

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	7,9577e+02	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_z	$V_{pl,z,Rd}$	163,10	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{7,9577 \cdot 10^2 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 163,10 [\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.18)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|0,12[\text{kN}]|}{163,10[\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.17)

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákna	Vlákno	1	
Celkový kroučicí moment	T_{Ed}	0,8	MPa
Pružná smyková únosnost	T_{Rd}	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,00	-

$$T_{Ed} = \left| \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,unit}} \times T_{Ed,unit} \right| = \left| \frac{0,06[\text{kNm}]}{1000000,00[\text{kNm}]} \times 14430533,27[\text{MPa}] \right| = 0,8[\text{MPa}]$$

$$T_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0[\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0[\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{0,8[\text{MPa}]}{205,0[\text{MPa}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.23)

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

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

Výslednice ohybového momentu	$M_{výslednice}$	0,19	kNm
Výslednice smykové síly	$V_{výslednice}$	0,16	kN
Návrhová plastická momentová únosnost redukována kvůli N_{Ed}	$M_{N,Rd}$	14,75	kNm
Jedn. posudek		0,01	-

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|-69,95[\text{kN}]|}{443,75[\text{kN}]} = 0,16$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \times (1 - n^{1,7}) = 15,42[\text{kNm}] \times (1 - 0,16^{1,7}) = 14,75[\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.29)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{výslednice}|}{M_{N,Rd}} = \frac{|0,19[\text{kNm}]|}{14,75[\text{kNm}]} = 0,01 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.31)

Poznámka: Výsledné vnitřní síly se použijí pro trubkové průřezy

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

Tabulky rozhodnutí pro kombinovaný posudek průřezu

Přítomnost síly	
Osová síla N_{Ed}	Přítomen
Smyková síla $V_{y,Ed}$	Nevýznamný
Smyková síla $V_{z,Ed}$	Nevýznamný
Kroucení T_{Ed}	Nevýznamný
Ohybový moment $M_{y,Ed}$	Nepřítomen
Ohybový moment $M_{z,Ed}$	Přítomen
Významná smyková síla bez odpovídajícího ohybového momentu	Ne
Data deplance	Nepřítomné nebo zanedbatelné

Zkontrolovat zadání	
Klasifikace je podporována	Ano
Klasifikace průřezu	Třída 1
Pružný posudek je nastaven uživatelem	Ne
Je k dispozici vzorec pro plastický smyk	Ano
Je k dispozici vzorec pro kombinovaný ohyb a smykovou sílu	Ano
Lze spočítat posudek kombinace ohybu a osově síly	Ano
Posudek plastické výslednice kruhové trubky je podporován	Ano

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

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.



....POSUDEK STABILITY:....

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Rozhodující součinitel využití η : 0,17

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
114,30	3,60	31,8	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Poznámka: Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití η podle Semi-Comp+.

Řez d_x [m]	Třída [-]	Součinitel využití η [-]
0,000	1	0,17
0,270	1	0,16
0,540	1	0,16
0,811	1	0,16
1,081	1	0,16
1,351	1	0,16
1,621	1	0,16
1,892	1	0,16
2,162	1	0,16
2,432	1	0,16
2,702	1	0,16

Posudek rovinného vzpěru

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

Parametry vzpěru		yy	zz	
Typ posuvných styčníků		posuvné	posuvné	
Systémová délka	L	2,702	2,702	m
Součinitel vzpěru	k	1,00	1,77	
Vzpěrná délka	l_{cr}	2,702	4,781	m
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	544,89	174,12	kN
Štíhlost	λ	68,95	121,98	
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	0,90	1,60	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	a	
Imperfekce	α	0,21	0,21	
Redukční součinitel	χ	0,73	0,33	
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	324,97	148,45	kN

Posudek rovinného vzpěru

Průřezová plocha	A	1,2500e+03	mm ²
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	148,45	kN
Jedn. posudek		0,47	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,9200 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{2,702 [\text{m}]^2} = 544,89 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,9200 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{4,781 [\text{m}]^2} = 174,12 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,702 [\text{m}]}{39,19 [\text{mm}]} = 68,95$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{4,781 [\text{m}]}{39,19 [\text{mm}]} = 121,98$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{68,95}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 0,90$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{121,98}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 1,60$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,90 - 0,20) + 0,90^2] = 0,98$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,60 - 0,20) + 1,60^2] = 1,92$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,98 + \sqrt{0,98^2 - 0,90^2}}; 1 \right) = \min (0,73; 1) = 0,73$$

(EC3-1-1: 6.49)

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,92 + \sqrt{1,92^2 - 1,60^2}}; 1 \right) = \min (0,33; 1) = 0,33$$

(EC3-1-1: 6.49)



$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,73 \times 1,2500 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 324,97 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,33 \times 1,2500 \cdot 10^3 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 148,45 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.47})$$

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}; N_{b,z,Rd}) = \min(324,97 [\text{kN}]; 148,45 [\text{kN}]) = 148,45 [\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-69,95 [\text{kN}]|}{148,45 [\text{kN}]} = 0,47 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.46})$$

Posudek prostorového vzpěru

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

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.**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 1
Průřezová plocha	A	1,2500e+03 mm ²
Plastický modul průřezu	W _{pl,y}	4,3436e+04 mm ³
Plastický modul průřezu	W _{pl,z}	4,3436e+04 mm ³
Návrhová tlaková síla	N _{Ed}	69,95 kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	M _{y,Ed}	0,08 kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	M _{z,Ed}	0,19 kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N _{Rk}	443,75 kN
Charakteristická momentová únosnost	M _{y,Rk}	15,42 kNm
Charakteristická momentová únosnost	M _{z,Rk}	15,42 kNm
Redukční součinitel	χ _y	0,73
Redukční součinitel	χ _z	0,33
Redukční součinitel	χ _{L,T}	1,00
Interakční součinitel	k _{yy}	1,30
Interakční součinitel	k _{yz}	0,66
Interakční součinitel	k _{zy}	0,75
Interakční součinitel	k _{zz}	0,72

Maximální moment M_{y,Ed} je odvozen z nosníku B889 pozice 1,351 m.Maximální moment M_{z,Ed} je odvozen z nosníku B889 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 1		
Kritické Eulerovo zatížení	N _{cr,y}	544,89 kN
Kritické Eulerovo zatížení	N _{cr,z}	174,12 kN
Pružné kritické zatížení	N _{cr,T}	100961,54 kN
Plastický modul průřezu	W _{pl,y}	4,3436e+04 mm ³
Pružný modul průřezu	W _{el,y}	3,3600e+04 mm ³
Plastický modul průřezu	W _{pl,z}	4,3436e+04 mm ³
Pružný modul průřezu	W _{el,z}	3,3600e+04 mm ³
Moment setrvačnosti	I _y	1,9200e+06 mm ⁴
Moment setrvačnosti	I _z	1,9200e+06 mm ⁴
Moment setrvačnosti v prostém kroucení	I _t	3,8400e+06 mm ⁴
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu C _{my,0}		Tabulka A.2 řádek 4 (liniové zatížení)
Součinitel ekvivalentního momentu	C _{my,0}	1,00
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu C _{mz,0}		Tabulka A.2 řádek 1 (lineární)
Poměr koncových momentů	ψ _z	-0,34
Součinitel ekvivalentního momentu	C _{mz,0}	0,62
Součinitel	μ _y	0,96
Součinitel	μ _z	0,69
Součinitel	ε _y	0,04
Součinitel	α _{L,T}	0,00
Kritický moment pro rovnoměrný ohyb	M _{cr,0}	411,09 kNm
Poměrná štíhlost	λ _{rel,0}	0,19
Limitní relativní štíhlost	λ _{rel,0,lim}	0,19
Součinitel ekvivalentního momentu	C _{my}	1,00
Součinitel ekvivalentního momentu	C _{mz}	0,62
Součinitel ekvivalentního momentu	C _{mLT}	1,00
Součinitel	b _{LT}	0,00
Součinitel	c _{LT}	0,00
Součinitel	d _{LT}	0,00
Součinitel	e _{LT}	0,00
Součinitel	w _y	1,29
Součinitel	w _z	1,29
Součinitel	η _{pl}	0,16
Maximální relativní štíhlost	λ _{rel,max}	1,60



Parametry interakční metody 1

Součinitel	C_{yy}	0,85
Součinitel	C_{yz}	0,92
Součinitel	C_{zy}	0,63
Součinitel	C_{zz}	1,00

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,22 + 0,01 + 0,01 = 0,23$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,47 + 0,00 + 0,01 = 0,48$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,9200 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{2,702 [\text{m}]^2} = 544,89 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,9200 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{4,781 [\text{m}]^2} = 174,12 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{l_0^2} \times \left(G \times I_t + \frac{\pi^2 \times E \times I_w}{l_0^2} \right) = \frac{1}{55,43 [\text{mm}]^2} \times \left(80769,2 [\text{MPa}] \times 3,8400 \cdot 10^6 [\text{mm}^4] + \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 8,8683 \cdot 10^{-24} [\text{mm}^8]}{2,702 [\text{m}]^2} \right) = 100961,54 [\text{kN}]$$

$$C_{my,0} = 1 + \frac{0,03 \times |N_{Ed}|}{N_{cr,y}} = 1 + \frac{0,03 \times |69,95 [\text{kN}]|}{544,89 [\text{kN}]} = 1,00$$

$$C_{mz,0} = 0,79 + 0,21 \times \psi_z + \frac{0,36 \times (\psi_z - 0,33) \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}} = 0,79 + 0,21 \times -0,34 + \frac{0,36 \times (-0,34 - 0,33) \times |69,95 [\text{kN}]|}{174,12 [\text{kN}]} = 0,62$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}}{1 - \frac{\chi_y \times |N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{|69,95 [\text{kN}]|}{544,89 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,73 \times |69,95 [\text{kN}]|}{544,89 [\text{kN}]}} = 0,96$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}}{1 - \frac{\chi_z \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{|69,95 [\text{kN}]|}{174,12 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,33 \times |69,95 [\text{kN}]|}{174,12 [\text{kN}]}} = 0,69$$

$$\varepsilon_y = \left| \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \right| \times \frac{A}{W_{pl,y}} = \left| \frac{0,08 [\text{kNm}]}{69,95 [\text{kN}]} \right| \times \frac{1,2500 \cdot 10^3 [\text{mm}^2]}{3,3600 \cdot 10^4 [\text{mm}^3]} = 0,04$$

$$a_{LT} = \max \left(1 - \frac{l_t}{l_y}; 0 \right) = \max \left(1 - \frac{3,8400 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{1,9200 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}; 0 \right) = \max (-1,00; 0,00) = 0,00$$

$$M_{cr,0} = \frac{C_T \times \pi^2 \times E \times I_y}{(k \times l_{cr})^2} \times \left[\sqrt{\left(\frac{k_y}{k_z} \right)^2 \times I_y + \frac{(k_y \times l_y)^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z}} + (C_2 \times z_y - C_3 \times z_z)^2 - (C_2 \times z_z - C_3 \times z_y) \right] \\ = \frac{1,00 \times \pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,9200 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{(1,00 \times 2,702 [\text{m}])^2} \times \left[\sqrt{\left(\frac{1,00}{1,00} \right)^2 \times 1,9200 \cdot 10^9 [\text{mm}^4] + \frac{(1,00 \times 2,702 [\text{m}])^2 \times 80769,2 [\text{MPa}] \times 3,8400 \cdot 10^6 [\text{mm}^4]}{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,9200 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}} + \{0,45 \times 0,00 [\text{mm}] - 0,53 \times 0,00 [\text{mm}]\}^2 - \{0,45 \times 0,00 [\text{mm}] - 0,53 \times 0,00 [\text{mm}]\} \right] \\ = 411,09 [\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,0} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{4,3436 \cdot 10^4 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{411,09 [\text{kNm}]} = 0,19$$

$$\lambda_{rel,0,lim} = 0,2 \times \sqrt{C_1} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}} \right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,T}} \right)} = 0,2 \times \sqrt{1,13} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|69,95 [\text{kN}]|}{174,12 [\text{kN}]} \right) \times \left(1 - \frac{|69,95 [\text{kN}]|}{100961,54 [\text{kN}]} \right)} = 0,19$$

$$C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \times \frac{\sqrt{\varepsilon_y} \times a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} \times a_{LT}} = 1,00 + (1 - 1,00) \times \frac{\sqrt{0,04} \times 0,00}{1 + \sqrt{0,04} \times 0,00} = 1,00$$

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

$$C_{mLT} = \max \left[C_{my}^2 \times \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}} \right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,T}} \right)}}; 1 \right] = \max \left[1,00^2 \times \frac{0,00}{\sqrt{\left(1 - \frac{|69,95 [\text{kN}]|}{174,12 [\text{kN}]} \right) \times \left(1 - \frac{|69,95 [\text{kN}]|}{100961,54 [\text{kN}]} \right)}}; 1 \right] \\ = \max [0,00; 1,00] = 1,00$$

$$b_{LT} = 0,5 \times a_{LT} \times \lambda_{rel,0}^2 \times \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = 0,5 \times 0,00 \times 0,19^2 \times \frac{|0,08 [\text{kNm}]}{1,00 \times 15,42 [\text{kNm}]} \times \frac{|0,19 [\text{kNm}]}{15,42 [\text{kNm}]} = 0,00$$

$$c_{LT} = 10 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}^2}{5 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 10 \times 0,00 \times \frac{0,19^2}{5 + 1,60^4} \times \frac{|0,08 [\text{kNm}]}{1,00 \times 1,00 \times 15,42 [\text{kNm}]} = 0,00$$

$$d_{LT} = 2 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{C_{mz} \times M_{pl,z,Rd}} \\ = 2 \times 0,00 \times \frac{0,19}{0,1 + 1,60^4} \times \frac{|0,08 [\text{kNm}]}{1,00 \times 1,00 \times 15,42 [\text{kNm}]} \times \frac{|0,19 [\text{kNm}]}{0,62 \times 15,42 [\text{kNm}]} = 0,00$$



$$e_{LT} = 1,7 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,0}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 1,7 \times 0,00 \times \frac{0,19}{0,1 + 1,60^4} \times \frac{|0,08[\text{kNm}]|}{1,00 \times 1,00 \times 15,42[\text{kNm}]} = 0,00$$

$$w_y = \min\left(\frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}}, 1,5\right) = \min\left(\frac{4,3436 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}{3,3600 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}, 1,5\right) = \min(1,29; 1,50) = 1,29$$

$$w_z = \min\left(\frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}}, 1,5\right) = \min\left(\frac{4,3436 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}{3,3600 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}, 1,5\right) = \min(1,29; 1,50) = 1,29$$

$$\eta_{pl} = \frac{|N_{Ed}|}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{MI}}} = \frac{69,95[\text{kN}]}{\frac{443,75[\text{kN}]}{1,00}} = 0,16$$

$$\lambda_{rel,max} = \max(\lambda_{rel,y}; \lambda_{rel,z}) = \max(0,90; 1,60) = 1,60$$

$$C_{yy} = \max\left\{1 + (w_y - 1) \times \left[2 - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2\right] \times \eta_{pl} - b_{LT}\right\}; \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}\} \\ = \max\left\{1 + (1,29 - 1) \times \left[2 - \frac{1,6}{1,29} \times 1,00^2 \times 1,60 - \frac{1,6}{1,29} \times 1,00^2 \times 1,60^2\right] \times 0,16 - 0,00\right\}; \frac{3,3600 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}{4,3436 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}\} = \max\{0,85; 0,77\} \\ = 0,85$$

$$C_{yz} = \max\left\{1 + (w_z - 1) \times \left[2 - 14 \times \frac{C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_z^5}\right] \times \eta_{pl} - c_{LT}\right\}; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \times \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}\} \\ = \max\left\{1 + (1,29 - 1) \times \left[2 - 14 \times \frac{0,62^2 \times 1,60^2}{1,29^5}\right] \times 0,16 - 0,00\right\}; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,29}{1,29}} \times \frac{3,3600 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}{4,3436 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}\} = \max\{0,92; 0,46\} = 0,92$$

$$C_{zy} = \max\left\{1 + (w_y - 1) \times \left[2 - 14 \times \frac{C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_y^5}\right] \times \eta_{pl} - d_{LT}\right\}; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \times \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}\} \\ = \max\left\{1 + (1,29 - 1) \times \left[2 - 14 \times \frac{1,00^2 \times 1,60^2}{1,29^5}\right] \times 0,16 - 0,00\right\}; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,29}{1,29}} \times \frac{3,3600 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}{4,3436 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}\} = \max\{0,63; 0,46\} = 0,63$$

$$C_{zz} = \max\left\{1 + (w_z - 1) \times \left[2 - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 - e_{LT}\right] \times \eta_{pl}; \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}\right\} \\ = \max\left\{1 + (1,29 - 1) \times \left[2 - \frac{1,6}{1,29} \times 0,62^2 \times 1,60 - \frac{1,6}{1,29} \times 0,62^2 \times 1,60^2 - 0,00\right] \times 0,16; \frac{3,3600 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}{4,3436 \cdot 10^4[\text{mm}^3]}\right\} = \max\{1,00; 0,77\} = 1,00$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 1,2500 \cdot 10^3[\text{mm}^2] \times 355,0[\text{MPa}] = 443,75[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 4,3436 \cdot 10^4[\text{mm}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 15,42[\text{kNm}]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 4,3436 \cdot 10^4[\text{mm}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 15,42[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{yy}} = 1,00 \times 1,00 \times \frac{0,96}{1 - \frac{69,95[\text{kN}]}{544,89[\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,85} = 1,30$$

$$k_{yz} = C_{mz} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{yz}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 0,62 \times \frac{0,96}{1 - \frac{69,95[\text{kN}]}{174,12[\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,92} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,29}{1,29}} = 0,66$$

$$k_{zy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{zy}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 1,00 \times 1,00 \times \frac{0,69}{1 - \frac{69,95[\text{kN}]}{544,89[\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,63} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,29}{1,29}} = 0,75$$

$$k_{zz} = C_{mz} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{zz}} = 0,62 \times \frac{0,69}{1 - \frac{69,95[\text{kN}]}{174,12[\text{kN}]}} \times \frac{1}{1,00} = 0,72$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{MI}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{MI}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{MI}}} \\ = \frac{69,95[\text{kN}]}{0,73 \times \frac{443,75[\text{kN}]}{1,00}} + 1,30 \times \frac{0,08[\text{kNm}] + 0,00[\text{kNm}]}{1,00 \times \frac{15,42[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,66 \times \frac{0,19[\text{kNm}] + 0,00[\text{kNm}]}{15,42[\text{kNm}]} = 0,23 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.61})$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{MI}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{MI}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{MI}}} \\ = \frac{69,95[\text{kN}]}{0,33 \times \frac{443,75[\text{kN}]}{1,00}} + 0,75 \times \frac{0,08[\text{kNm}] + 0,00[\text{kNm}]}{1,00 \times \frac{15,42[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,72 \times \frac{0,19[\text{kNm}] + 0,00[\text{kNm}]}{15,42[\text{kNm}]} = 0,48 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.62})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}; \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,23; 0,48) = 0,48 \leq 1,00$$

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.



10.8 Sloup CHS 457.0/20.0

Hodnoty: UC celkový

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Sloup - CHS457.0/20.0

Posudek EN 1993-1-1

Národní dodatek: Norma EN

Dílec B924	0,000 / 18,662 m	CHS457.0/20.0	Válcovaný	S 355	Všechny MSU	0,82 -
------------	------------------	---------------	-----------	-------	-------------	--------

Klíč kombinace

Všechny MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2

Dílčí souč. spolehlivosti

Únosnost průřezů	γ_{M0}	1,00
Únosnost na stabilitu	γ_{M1}	1,00
Únosnost čistého průřezu	γ_{M2}	1,25

Materiál

Mez kluzu	f_y	355,0	MPa
Pevnost v tahu	f_u	490,0	MPa

....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-735,77	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	-3,00	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	0,88	kN
Kroucení	T_{Ed}	4,81	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-16,50	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0,86	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d	t	d/t	Třída 1 limit	Třída 2 limit	Třída 3 limit	Třída
[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	
457,00	20,00	22,9	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

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

Průřezová plocha	A	2,7500e+04	mm ²
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	9762,50	kN
Jedn. posudek		0,08	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,7500 \cdot 10^4 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 9762,50 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.10})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-735,77 [\text{kN}]|}{9762,50 [\text{kN}]} = 0,08 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.9})$$

Posudek ohybového momentu pro M_y

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	3,7618e+06	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	1335,43	kNm
Jedn. posudek		0,01	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 1335,43 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-16,50 [\text{kNm}]|}{1335,43 [\text{kNm}]} = 0,01 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

Posudek ohybového momentu pro M_z

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

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	3,7618e+06	mm ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	1335,43	kNm
Jedn. posudek		0,00	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 1335,43 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$



$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|0,86[\text{kNm}]|}{1335,43[\text{kNm}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.12)

Posudek smyku pro V_y

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	1,7507e+04	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_y	$V_{pl,y,Rd}$	3588,23	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{MO}} = \frac{1,7507 \cdot 10^4 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 3588,23 [\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.18)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{|-3,00[\text{kN}]|}{3588,23[\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.17)

Posudek smyku pro V_z

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

Součinitel smykové korekce	η	1,20	
Smyk. plocha	A_v	1,7507e+04	mm ²
Plastická smyková únosnost pro V_z	$V_{pl,z,Rd}$	3588,23	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{MO}} = \frac{1,7507 \cdot 10^4 [\text{mm}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 3588,23 [\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.18)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{|0,88[\text{kN}]|}{3588,23[\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.17)

Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákna	Vlákno	1	
Celkový krouticí moment	T_{Ed}	0,8	MPa
Pružná smyková únosnost	T_{Rd}	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,00	-

$$\tau_{Ed} = \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,lim}} \times \tau_{Ed,lim} = \frac{4,81[\text{kNm}]}{1000000,00[\text{kNm}]} \times 166681,44[\text{MPa}] = 0,8[\text{MPa}]$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{MO}} = \frac{355,0[\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0[\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}} = \frac{0,8[\text{MPa}]}{205,0[\text{MPa}]} = 0,00 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.23)

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

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

Výslednice ohybového momentu	$M_{výslednice}$	16,52	kNm
Výslednice smykové síly	$V_{výslednice}$	3,13	kN
Návrhová plastická momentová únosnost redukována kvůli N_{Ed}	$M_{N,Rd}$	1318,95	kNm
Jedn. posudek		0,01	-

$$n = \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|-735,77[\text{kN}]|}{9762,50[\text{kN}]} = 0,08$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \times (1 - n^{1,7}) = 1335,43[\text{kNm}] \times (1 - 0,08^{1,7}) = 1318,95[\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.29)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{výslednice}|}{M_{N,Rd}} = \frac{|16,52[\text{kNm}]|}{1318,95[\text{kNm}]} = 0,01 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.31)

Poznámka: Výsledné vnitřní síly se použijí pro trubkové průřezy

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

Tabulky rozhodnutí pro kombinovaný posudek průřezu

Přítomnost síly	
Osová síla N_{Ed}	Přítomen
Smyková síla $V_{y,Ed}$	Nevýznamný
Smyková síla $V_{z,Ed}$	Nevýznamný
Kroucení T_{Ed}	Nevýznamný
Ohybový moment $M_{y,Ed}$	Přítomen
Ohybový moment $M_{z,Ed}$	Přítomen
Významná smyková síla bez odpovídajícího ohybového momentu	Ne
Data deplance	Nepřítomné nebo zanedbatelné



Zkontrolovat zadání	
Klasifikace je podporována	Ano
Klasifikace průřezu	Třída 1
Pružný posudek je nastaven uživatelem	Ne
Je k dispozici vzorec pro plastický smyk	Ano
Je k dispozici vzorec pro kombinovaný ohyb a smykovou sílu	Ano
Lze spočítat posudek kombinace ohybu a osově síly	Ano
Posudek plastické výslednice kruhové trubky je podporován	Ano

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

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

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

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

Rozhodující součinitel využití η : 0,08

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
457,00	20,00	22,9	33,1	46,3	59,6	1

Průřez je klasifikován třídou 1

Poznámka: Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití η podle Semi-Comp+.

Řez d. [m]	Třída [-]	Součinitel využití η [-]
0,000	1	0,08
0,982	1	0,08
1,964	1	0,08
2,947	1	0,08
3,929	1	0,08
4,911	1	0,08
5,893	1	0,08
6,876	1	0,08
7,858	1	0,08
8,840	1	0,08
9,822	1	0,08
10,804	1	0,08
11,787	1	0,08
12,769	1	0,08
13,751	1	0,08
14,733	1	0,08
15,716	1	0,07
16,698	1	0,07
17,680	1	0,07
18,662	1	0,07

Posudek rovinného vzpěru

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

Parametry vzpěru		yy	zz
Typ posuvných styčníků		posuvné	neposuvné
Systémová délka	L	18,662	18,662
Součinitel vzpěru	k	2,00	0,70
Vzpěrná délka	l_{cr}	37,369	13,064
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	974,82	7976,74
Štíhlost	λ	241,80	84,53
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	3,16	1,11
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20
Vzpěr. křivka	a	a	a
Imperfekce	α	0,21	0,21
Redukční součinitel	χ	0,09	0,59
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	912,27	5776,58

Posudek rovinného vzpěru			
Průřezová plocha	A	2,7500e+04	mm ²
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	912,27	kN
Jedn. posudek		0,81	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,5680 \cdot 10^8 [\text{mm}^4]}{37,369 [\text{m}]^2} = 974,82 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,5680 \cdot 10^8 [\text{mm}^4]}{13,064 [\text{m}]^2} = 7976,74 [\text{kN}]$$

$$\chi_y = \frac{l_{cr,y}}{I_y} = \frac{37,369 [\text{m}]}{154,54 [\text{mm}]} = 241,80$$



$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{13,064[m]}{154,54[mm]} = 84,53$$
$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{241,80}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{355,0[MPa]}}} = 3,15 \quad (EC3-1-1: 6.50)$$
$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{84,53}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{355,0[MPa]}}} = 1,11 \quad (EC3-1-1: 6.50)$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (3,15 - 0,20) + 3,15^2] = 5,82$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,11 - 0,20) + 1,11^2] = 1,21$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{5,82 + \sqrt{5,82^2 - 3,15^2}}; 1 \right) = \min(0,09; 1) = 0,09 \quad (EC3-1-1: 6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}; 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,21 + \sqrt{1,21^2 - 1,11^2}}; 1 \right) = \min(0,59; 1) = 0,59 \quad (EC3-1-1: 6.49)$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,09 \times 2,7500 \cdot 10^4[mm^2] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 912,27[kN] \quad (EC3-1-1: 6.47)$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,59 \times 2,7500 \cdot 10^4[mm^2] \times 355,0[MPa]}{1,00} = 5776,58[kN] \quad (EC3-1-1: 6.47)$$

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}; N_{b,z,Rd}) = \min(912,27[kN]; 5776,58[kN]) = 912,27[kN]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-735,77[kN]|}{912,27[kN]} = 0,81 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1: 6.46)$$

Posudek prostorového vzpěru

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

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná ke klopení.

Další parametry klopení			
Minimální souřadnice z	z_{min}	-228,50	mm
Maximální souřadnice z	z_{max}	228,50	mm
Poměr koncového momentu	ψ	0,00	
Ekvivalentní bodové zatížení	F	0,00	kN
Ekvivalentní liniové zatížení	q	0,00	kN/m
Rozdíl od M		0,00	kNm
Rozdíl od F		0,00	kNm
Rozdíl od q		0,00	kNm
Výsledný typ zatížení		liniový moment M	

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 1	
Průřezová plocha	A	2,7500e+04	mm ²
Plastický modul průřezu	W_{ply}	3,7618e+06	mm ³
Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	3,7618e+06	mm ³
Návrhová tlaková síla	N_{Ed}	735,77	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	-16,50	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	-13,37	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N_{Rk}	9762,50	kN
Charakteristická momentová únosnost	$M_{y,Rk}$	1335,43	kNm
Charakteristická momentová únosnost	$M_{z,Rk}$	1335,43	kNm
Redukční součinitel	χ_y	0,09	
Redukční součinitel	χ_z	0,59	
Redukční součinitel	χ_{LT}	1,00	
Interakční součinitel	k_{yy}	0,87	
Interakční součinitel	k_{yz}	0,46	
Interakční součinitel	k_{zy}	2,61	
Interakční součinitel	k_{zz}	1,66	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B924 pozice 0,000 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B924 pozice 9,331 m.



Parametry interakční metody 1			
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr,y}$	974,82	kN
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr,z}$	7976,74	kN
Pružné kritické zatížení	$N_{cr,T}$	2221830,20	kN
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	3,7618e+06	mm ³
Pružný modul průřezu	$W_{el,y}$	2,8740e+06	mm ³
Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	3,7618e+06	mm ³
Pružný modul průřezu	$W_{el,z}$	2,8740e+06	mm ³
Moment setrvačnosti	I_y	6,5680e+08	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	6,5680e+08	mm ⁴
Moment setrvačnosti v prostém kroucení	I_t	1,3140e+09	mm ⁴
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{my,0}$		Tabulka A.2 řádek 1 (lineární)	
Poměr koncových momentů	ψ_y	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{my,0}$	0,70	
Metoda pro součinitel ekvivalentního momentu $C_{mz,0}$		Tabulka A.2 řádek 2 (obecná)	
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	-13,37	kNm
Maximální relativní průhyb	δ_y	-10,9	mm
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{mz,0}$	1,20	
Součinitel	μ_y	0,26	
Součinitel	μ_z	0,96	
Součinitel	e_y	0,21	
Součinitel	a_{LT}	0,00	
Kritický moment pro rovnoměrný ohyb	$M_{cr,0}$	20367,20	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,26	
Limitní relativní štíhlost	$\lambda_{rel,0,lim}$	0,26	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{my}	0,70	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mz}	1,20	
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mLT}	1,00	
Součinitel	b_{LT}	0,00	
Součinitel	c_{LT}	0,00	
Součinitel	d_{LT}	0,00	
Součinitel	e_{LT}	0,00	
Součinitel	w_y	1,31	
Součinitel	w_z	1,31	
Součinitel	η_{rel}	0,08	
Maximální relativní štíhlost	$\lambda_{rel,max}$	3,16	
Součinitel	C_{ry}	0,86	
Součinitel	C_{yz}	0,46	
Součinitel	C_{zy}	0,63	
Součinitel	C_{zz}	0,76	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,81 + 0,01 + 0,00 = 0,82 -$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,13 + 0,03 + 0,02 = 0,18 -$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,5680 \cdot 10^8 [\text{mm}^4]}{37,369 [\text{m}]^2} = 974,82 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,5680 \cdot 10^8 [\text{mm}^4]}{13,064 [\text{m}]^2} = 7976,74 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{l_0^2} \times \left(G \times I_t + \frac{\pi^2 \times E \times I_w}{l_0^2} \right) = \frac{1}{218,56 [\text{mm}]^2} \times \left(80769,2 [\text{MPa}] \times 1,3140 \cdot 10^9 [\text{mm}^4] + \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 3,7880 \cdot 10^{-20} [\text{mm}^6]}{18,662 [\text{m}]^2} \right) = 2221830,20 [\text{kN}]$$

$$C_{my,0} = 0,79 + 0,21 \times \psi_y + \frac{0,36 \times (\psi_y - 0,33) \times |N_{Ed}|}{N_{cr,y}} = 0,79 + 0,21 \times 0,00 + \frac{0,36 \times (0,00 - 0,33) \times |735,77 [\text{kN}]|}{974,82 [\text{kN}]} = 0,70$$

$$C_{mz,0} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times E \times I_z \times |\delta_y|}{l^2 \times |M_{z,Ed}|} - 1 \right) \times \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}} = 1 + \left(\frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 6,5680 \cdot 10^8 [\text{mm}^4] \times |-10,9 [\text{mm}]|}{18,662 [\text{m}]^2 \times |-13,37 [\text{kNm}]|} - 1 \right) \times \frac{|735,77 [\text{kN}]|}{7976,74 [\text{kN}]} = 1,20$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}}{1 - \frac{\chi_y \times |N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{|735,77 [\text{kN}]|}{974,82 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,09 \times |735,77 [\text{kN}]|}{974,82 [\text{kN}]}} = 0,26$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}}{1 - \frac{\chi_z \times |N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{|735,77 [\text{kN}]|}{7976,74 [\text{kN}]}}{1 - \frac{0,59 \times |735,77 [\text{kN}]|}{7976,74 [\text{kN}]}} = 0,96$$

$$e_y = \frac{|M_{y,Ed}|}{|N_{Ed}|} \times \frac{A}{W_{el,y}} = \frac{-16,50 [\text{kNm}]}{735,77 [\text{kN}]} \times \frac{2,7500 \cdot 10^4 [\text{mm}^2]}{2,8740 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]} = 0,21$$

$$a_{LT} = \max \left(1 - \frac{l_0}{l_y}, 0 \right) = \max \left(1 - \frac{1,3140 \cdot 10^3 [\text{mm}]}{6,5680 \cdot 10^3 [\text{mm}]} , 0 \right) = \max (-1,00; 0,00) = 0,00$$



$$M_{cr,0} = \frac{C_3 \times \pi^2 \times E \times I_z}{(k \times l_{cr})^2} \times \sqrt{\frac{(k \times l_{cr})^2 \times I_w}{I_z} + \frac{(k \times l_{cr})^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + [C_3 \times z_g - C_3 \times z_0]^2 - (C_3 \times z_g - C_3 \times z_0)} \\ = \frac{1,00 \times \pi^2 \times 210000,0 [\text{NPa}] \times 6,5680 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{(1,00 \times 18,662 [\text{m}])^2} \times \sqrt{\frac{(1,00 \times 18,662 [\text{m}])^2 \times 80769,2 [\text{MPa}] \times 1,3140 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]}{\pi^2 \times 210000,0 [\text{NPa}] \times 6,5680 \cdot 10^9 [\text{mm}^4]} + [0,00 \times 0,00 [\text{mm}] - 1,00 \times 0,00 [\text{mm}]]^2 - [0,00 \times 0,00 [\text{mm}] - 1,00 \times 0,00 [\text{mm}]]} \\ = 20367,20 [\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,0} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{20367,20 [\text{kNm}]} = 0,26$$

$$\lambda_{rel,0,lim} = 0,2 \times \sqrt{C_1} \times \sqrt{\left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}\right) \times \left(1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}\right)} = 0,2 \times \sqrt{1,77} \times \sqrt{\left(1 - \frac{735,77 [\text{kN}]}{7976,74 [\text{kN}]}\right) \times \left(1 - \frac{735,77 [\text{kN}]}{2221830,20 [\text{kN}]}\right)} = 0,26$$

$$C_{my} = C_{my,0} = 0,70$$

$$C_{mz} = C_{mz,0} = 1,20$$

$$C_{mLT} = 1,00$$

$$b_{LT} = 0,5 \times a_{LT} \times \lambda_{rel,0}^2 \times \frac{|M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = 0,5 \times 0,00 \times 0,26^2 \times \frac{|-16,50 [\text{kNm}]|}{1,00 \times 1335,43 [\text{kNm}]} \times \frac{|-13,37 [\text{kNm}]|}{1335,43 [\text{kNm}]} = 0,00$$

$$c_{LT} = 10 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}^2}{5 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 10 \times 0,00 \times \frac{0,26^2}{5 + 1,11^4} \times \frac{|-16,50 [\text{kNm}]|}{0,70 \times 1,00 \times 1335,43 [\text{kNm}]} = 0,00$$

$$d_{LT} = 2 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} \times \frac{|M_{z,Ed}|}{C_{mz} \times M_{pl,z,Rd}} \\ = 2 \times 0,00 \times \frac{0,26}{0,1 + 1,11^4} \times \frac{|-16,50 [\text{kNm}]|}{0,70 \times 1,00 \times 1335,43 [\text{kNm}]} \times \frac{|-13,37 [\text{kNm}]|}{1,20 \times 1335,43 [\text{kNm}]} = 0,00$$

$$e_{LT} = 1,7 \times a_{LT} \times \frac{\lambda_{rel,0}}{0,1 + \lambda_{rel,z}^4} \times \frac{|M_{y,Ed}|}{C_{my} \times \chi_{LT} \times M_{pl,y,Rd}} = 1,7 \times 0,00 \times \frac{0,26}{0,1 + 1,11^4} \times \frac{|-16,50 [\text{kNm}]|}{0,70 \times 1,00 \times 1335,43 [\text{kNm}]} = 0,00$$

$$w_y = \min \left(\frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}}; 1,5 \right) = \min \left(\frac{3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]}{2,8740 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]}; 1,5 \right) = \min (1,31; 1,50) = 1,31$$

$$w_z = \min \left(\frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}}; 1,5 \right) = \min \left(\frac{3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]}{2,8740 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]}; 1,5 \right) = \min (1,31; 1,50) = 1,31$$

$$\eta_{pl} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{Rk}} = \frac{735,77 [\text{kN}]}{9762,50 [\text{kN}]} = 0,08$$

$$\lambda_{rel,max} = \max(\lambda_{rel,y}; \lambda_{rel,z}) = \max(3,16; 1,11) = 3,16$$

$$C_{yy} = \max \left\{ 1 + (w_y - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_y} \times C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 \right) \times \eta_{pl} - b_{LT} \right]; \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}} \right\} \\ = \max \left\{ 1 + (1,31 - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{1,31} \times 0,70^2 \times 3,16 - \frac{1,6}{1,31} \times 0,70^2 \times 3,16^2 \right) \times 0,08 - 0,00 \right]; \frac{2,8740 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]}{3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{0,86; 0,76\} \\ = 0,86$$

$$C_{yz} = \max \left\{ 1 + (w_z - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_z^5} \right) \times \eta_{pl} - c_{LT} \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \times \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \right\} \\ = \max \left\{ 1 + (1,31 - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{1,20^2 \times 3,16^2}{1,31^5} \right) \times 0,08 - 0,00 \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,31}{1,31}} \times \frac{2,8740 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]}{3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{-0,18; 0,46\} = 0,46$$

$$C_{zy} = \max \left\{ 1 + (w_y - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{C_{my}^2 \times \lambda_{rel,max}^2}{w_y^5} \right) \times \eta_{pl} - d_{LT} \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \times \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}} \right\} \\ = \max \left\{ 1 + (1,31 - 1) \times \left[\left(2 - 14 \times \frac{0,70^2 \times 3,16^2}{1,31^5} \right) \times 0,08 - 0,00 \right]; 0,6 \times \sqrt{\frac{1,31}{1,31}} \times \frac{2,8740 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]}{3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]} \right\} = \max \{0,63; 0,46\} = 0,63$$

$$C_{zz} = \max \left\{ 1 + (w_z - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max} - \frac{1,6}{w_z} \times C_{mz}^2 \times \lambda_{rel,max}^2 - e_{LT} \right) \times \eta_{pl}; \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}} \right] \right\} \\ = \max \left\{ 1 + (1,31 - 1) \times \left[\left(2 - \frac{1,6}{1,31} \times 1,20^2 \times 3,16 - \frac{1,6}{1,31} \times 1,20^2 \times 3,16^2 - 0,00 \right) \times 0,08; \frac{2,8740 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]}{3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3]} \right] \right\} = \max \{0,51; 0,76\} = 0,76$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 2,7500 \cdot 10^4 [\text{mm}^2] \times 355,0 [\text{MPa}] = 9762,50 [\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}] = 1335,43 [\text{kNm}]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 3,7618 \cdot 10^6 [\text{mm}^3] \times 355,0 [\text{MPa}] = 1335,43 [\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\lambda_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{yy}} = 0,70 \times 1,00 \times \frac{0,26}{1 - \frac{735,77 [\text{kN}]}{9762,50 [\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,86} = 0,87$$



$$k_{yz} = C_{mz} \times \frac{\mu_y}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{yz}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} = 1,20 \times \frac{0,26}{1 - \frac{735,77[\text{kN}]}{7976,74[\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,46} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,31}{1,31}} = 0,46$$

$$k_{zy} = C_{my} \times C_{mLT} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,y}}} \times \frac{1}{C_{zy}} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} = 0,70 \times 1,00 \times \frac{0,96}{1 - \frac{735,77[\text{kN}]}{974,82[\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,63} \times 0,6 \times \sqrt{\frac{1,31}{1,31}} = 2,61$$

$$k_{zz} = C_{mz} \times \frac{\mu_z}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,z}}} \times \frac{1}{C_{zz}} = 1,20 \times \frac{0,96}{1 - \frac{735,77[\text{kN}]}{7976,74[\text{kN}]}} \times \frac{1}{0,76} = 1,66$$

$$\begin{aligned} \text{Posudek (6.61)} &= \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\gamma_{M1}} \\ &= \frac{735,77[\text{kN}]}{0,09 \times \frac{9762,50[\text{kN}]}{1,00}} + 0,87 \times \frac{|-16,50[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{1335,43[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,46 \times \frac{|-13,37[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{1335,43[\text{kNm}]}{1,00}} = \mathbf{0,82 \leq 1,00} \end{aligned}$$

(EC3-1-1: 6.61)

$$\begin{aligned} \text{Posudek (6.62)} &= \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\gamma_{M1}} \\ &= \frac{735,77[\text{kN}]}{0,59 \times \frac{9762,50[\text{kN}]}{1,00}} + 2,61 \times \frac{|-16,50[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{1335,43[\text{kNm}]}{1,00}} + 1,66 \times \frac{|-13,37[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{1335,43[\text{kNm}]}{1,00}} = \mathbf{0,18 \leq 1,00} \end{aligned}$$

(EC3-1-1: 6.62)

Jedn. posudek = max (Posudek (6.61); Posudek (6.62)) = max (0,82; 0,18) = **0,82 ≤ 1,00**

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.



11. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Průhyby konstrukce byly posouzeny v mezním stavu použitelnosti na základě výsledků globálního výpočtu (SCIA Engineer).

U příhradového vazníku je kontrolován průhyb celé soustavy ve svislém směru u_z v hlavním poli a na volných koncích konzol. Vzhledem k prosklenému střešnímu plášti byly uvažovány zpřísněné mezní hodnoty průhybů:

pro hlavní pole vazníku $U_{lim} = L/400$

pro střešní vaznice $U_{lim} = L/200$

pro sloupy $U_{lim} = L/300$

11.1 Dolní pás vazníku CHS 244.5/12.5

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrémí ID: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5

Celkový posudek

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	$u_{y,max}$ [mm]	$u_{y,var}$ [mm]	Lim. $u_{y,max}$ [mm]	Lim. $u_{y,var}$ [mm]	Posudek $u_{y,max}$ [-]	Posudek $u_{y,var}$ [-]	Nadvýšení dx u_z [mm]	Posudek Celkový [-]
B284	1,018	MSP-Char (auto)/1	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	0,0 -5,6	0,0 -2,5	10,2 10,2	5,7 5,7	0,00 0,55	0,00 0,44	- -	0,55

Jméno	Klíč kombinace
MSP-Char (auto)/1	ZS1 + ZS3 + ZS6 + 0.60*ZS10 + 0.60*ZS13 + ZS15 + ZS2

$$U_z^{lim} = \frac{L}{400} = \frac{23000}{400} = 57,5 \text{ mm} > U_{tot} = 5,6 \text{ mm} - \text{vyhovuje}$$



11.2 Vaznice IPE 360

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Vaznice - IPE360

Celkový posudek

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	$U_{y,max}$ [mm]	$U_{y,var}$ [mm]	Lim. $U_{y,max}$ [mm]	Lim. $U_{y,var}$ [mm]	Posudek $U_{y,max}$ [-]	Posudek $U_{y,var}$ [-]	Nadvýšení dx u_z [mm]	Posudek Celkový [-]
B678	5,001	MSP-Char (auto)/1	Vaznice - IPE360	0,0 -23,1	0,0 -10,7	25,0 50,0	13,9 27,8	0,00 0,46	0,00 0,39	- -	0,46

Jméno	Klíč kombinace
MSP-Char (auto)/1	ZS1 + ZS3 + ZS5 + 0.60*ZS9 + 0.60*ZS14 + ZS15 + ZS2

$$U_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{12000}{200} = 60 \text{ mm} > U_{tot} = 23,1 \text{ mm} - \text{vyhovuje}$$

11.3 Sloup CHS 457.0/20.0

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSP

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Sloup - CHS457.0/20.0

Celkový posudek

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	$U_{y,max}$ [mm]	$U_{y,var}$ [mm]	Lim. $U_{y,max}$ [mm]	Lim. $U_{y,var}$ [mm]	Posudek $U_{y,max}$ [-]	Posudek $U_{y,var}$ [-]	Nadvýšení dx u_z [mm]	Posudek Celkový [-]
B908	18,948	MSP-Char (auto)6/1	Sloup - CHS457.0/20.0	31,4 0,0	32,4 0,0	189,5 94,7	105,3 52,6	0,17 0,00	0,31 0,00	- -	0,31

Jméno	Klíč kombinace
MSP-Char (auto)6/1	ZS1 + ZS3 + 0.60*ZS12 + ZS13 + ZS15

$$U_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{18000}{300} = 60 \text{ mm} > U_{tot} = 31,4 \text{ mm} - \text{vyhovuje}$$



12. POSOUZENÍ VYBRANÝCH SPOJŮ

12.1 Připojení vazníku na sloup: čepový spoj

Vnitřní síly ve styčnicku:

Filtr: Průřez = Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B534	1,013+	MSU-Sada B (auto)/1	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	3,15	0,59	29,34	0,56	-20,05	-0,93
B534	0,000	MSU-Sada B (auto)/2	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-35,49	-2,28	-8,41	-0,07	-0,47	-1,91
B534	0,000	MSU-Sada B (auto)/3	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-64,89	2,15	-14,74	0,65	-0,83	1,74
B534	1,013-	MSU-Sada B (auto)/4	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-126,94	-1,07	-30,64	0,44	-32,36	-2,04
B534	0,000	MSU-Sada B (auto)/5	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-8,62	-1,05	-2,84	-0,77	-0,11	0,05
B534	0,000	MSU-Sada B (auto)/6	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-77,89	1,09	-28,40	1,19	-0,20	-0,69
B534	1,013+	MSU-Sada B (auto)/4	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-95,10	1,27	55,82	0,78	-39,61	-1,95
B534	2,026	MSU-Sada B (auto)/4	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-95,25	1,27	54,88	0,78	16,45	-0,67
B534	1,013-	MSU-Sada B (auto)/7	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-60,44	-1,94	-17,42	0,31	-17,76	-4,59
B534	1,013-	MSU-Sada B (auto)/8	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-51,72	2,07	-11,31	0,50	-11,84	3,95

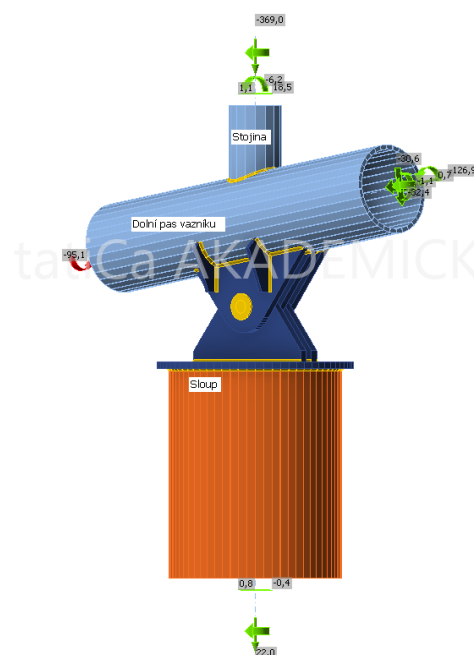
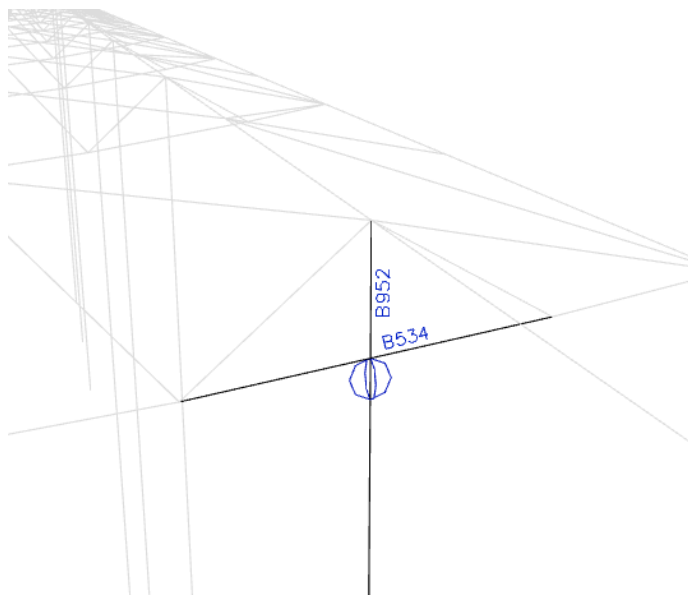
Jméno	Klíč kombinace
MSU-Sada B (auto)/1	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS4 + 0.90*ZS14 + ZS15 + ZS2
MSU-Sada B (auto)/2	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS7 + 1.50*ZS13 + ZS15 + ZS2
MSU-Sada B (auto)/3	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS8 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSU-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSU-Sada B (auto)/5	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS11 + 0.90*ZS13 + ZS15 + ZS2
MSU-Sada B (auto)/6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSU-Sada B (auto)/7	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS5 + 1.50*ZS7 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSU-Sada B (auto)/8	ZS1 + ZS3 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS8 + 0.90*ZS14 + ZS15 + ZS2



Filtr: Průřez = Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B952	0,714	MSÚ-Sada B (auto)/1	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-404,33	1,38	18,75	-0,08	7,25	0,32
B952	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-194,42	-2,14	9,63	0,02	-3,20	1,10
B952	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-35,94	-0,06	1,96	0,11	-0,64	-0,04
B952	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-249,54	-0,42	12,19	-0,16	-4,05	0,06
B952	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/5	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-369,00	1,13	18,48	-0,11	-6,16	-0,52
B952	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/6	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-252,87	2,15	11,89	-0,06	-3,91	-1,03

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS5 + 1.50*ZS9 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/3	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS11 + 0.90*ZS14 + ZS15 + ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS5 + 0.90*ZS7 + 1.50*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/6	ZS1 + ZS3 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS10 + 0.90*ZS13 + ZS15 + ZS2





Filtr: Průřez = Sloup - CHS457.0/20.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B941	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	Sloup - CHS457.0/20.0	-548,92	2,29	1,02	-0,22	-19,30	13,55
B941	18,948	MSÚ-Sada B (auto)10/2	Sloup - CHS457.0/20.0	22,20	0,79	-0,37	0,14	0,00	0,00
B941	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	Sloup - CHS457.0/20.0	-315,22	-7,72	0,80	-1,08	-15,07	51,40
B941	0,000	MSÚ-Sada B (auto)10/4	Sloup - CHS457.0/20.0	-163,85	7,05	-0,14	0,79	2,72	-38,65
B941	0,000	CO3/5	Sloup - CHS457.0/20.0	-31,57	0,78	-7,71	2,12	51,23	-14,84
B941	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/6	Sloup - CHS457.0/20.0	-114,81	-2,42	5,50	-2,89	-47,21	45,91
B941	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/7	Sloup - CHS457.0/20.0	-278,46	0,77	-7,54	2,77	48,00	-14,62
B941	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	Sloup - CHS457.0/20.0	-347,81	-1,48	8,21	-2,07	-60,73	27,99
B941	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/9	Sloup - CHS457.0/20.0	-163,62	5,05	-0,39	1,32	7,41	-38,78
B941	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/10	Sloup - CHS457.0/20.0	-362,06	-6,18	1,23	-1,66	-23,35	60,26

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS10 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)10/2	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS11 + 0.90*ZS14 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/3	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)10/4	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS10 + 0.90*ZS14 + ZS15
CO3/5	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS8 + 0.90*ZS14 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)12/6	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS7 + 1.50*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/7	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS5 + 1.50*ZS8 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/8	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS7 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/9	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS10 + 1.50*ZS14 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/10	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS9 + 1.50*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2

Vstupní údaje:

$$F_{v,Ed} = 126,9 \text{ kN}$$

Plechy:

$$f_{up} = 490 \text{ MPa}$$

$$f_{yp} = 355 \text{ MPa}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

Návrh čepu:

$$M60 \text{ 6.8,}$$

$$d = 60 \text{ mm,}$$

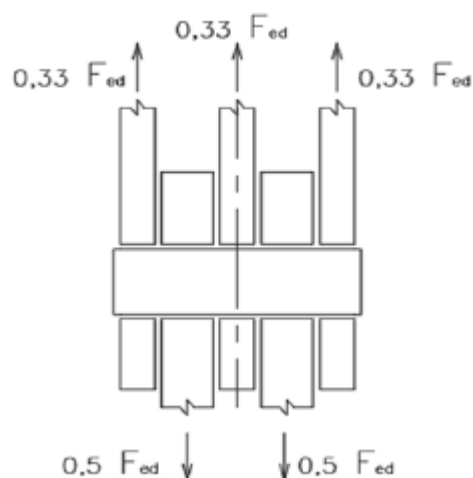
$$d_0 = 62 \text{ mm}$$

$$f_{up} = 600 \text{ MPa,}$$

$$f_{yp} = 480 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0,$$

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





Geometrické požadavky na čepový spoj:

Dána tloušťka t

$$a \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{2 t f_{yp}} + \frac{2 d_0}{3} = \frac{126,9 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 20 \cdot 355} + \frac{2 \cdot 62}{3} \\ = 8,94 + 40,33 = 49,27 \text{ mm}$$

Návrh: $a = 50 \text{ mm}$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{2 t f_{yp}} + \frac{d_0}{3} = 8,94 + 20,67 = 29,60 \text{ mm}$$

Návrh: $c = 30 \text{ mm}$

Návrhová únosnost čepu ve střihu:

 $n = 4$ (dle střihové roviny)

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 60^2}{4} = 2827,4 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot n \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 4 \cdot 2827,4 \cdot 600}{1,25} = 3257 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{126,9}{3257} = 0,039 \Rightarrow 1,00 - \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost plechu a čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 20 \cdot 60 \cdot 480}{1,0} = 864,0 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{126,9}{864,0} = 0,147 \Rightarrow 1,00 - \text{VYHOVUJE}$$

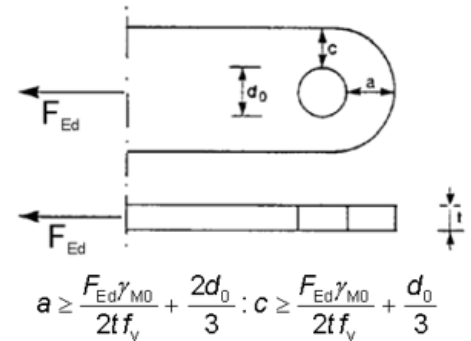
Únosnost čepu v ohybu:

$$M_{Ed} = 7,10 \text{ kNm}$$

$$W_{el} = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 60^3}{32} = 17240 \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{0,8 \cdot W_{el} \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,8 \cdot 17240 \cdot 600}{1,25} = 8,14 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{7,10}{8,14} = 0,87 \leq 1,0 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$





Únosnost čepu při kombinaci stříhu a ohybu:

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{7,10}{8,14}\right)^2 + \left(\frac{126,9}{864,0}\right)^2 = 0,761 + 0,002 = 0,763 \leq 1,0 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Návrh a posouzení svaru:

Návrh: $a_w = 7 \text{ mm}$

Délka svaru: $l_w = 600 \text{ mm}$

$$A_w = a_w l_w = 7 \cdot 600 = 4200 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{126,9 \cdot 10^3}{4200} = 30,21 \text{ MPa}$$

$$\tau_{||} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = \tau_1 = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{30,21}{\sqrt{2}} = 21,36 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3(\tau_1^2 + \tau_{||}^2)} = \sqrt{21,36^2 + 3(21,36^2 + 0)} = 42,73 \text{ MPa}$$

$$42,73 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{0,8\gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_1 = 21,36 \leq \frac{0,9f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



12.2 Kotvení sloupu (Sloup CHS 457/20)

Jméno	Stav	R_x [kN]	R_y [kN]	R_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
Sn5/N431	MSÚ-Sada B (auto)10/1	-0,77	-8,04	33,94	57,43	-14,68	-0,09
Sn6/N434	MSÚ-Sada B (auto)/2	0,45	7,45	260,84	-47,01	8,48	1,26
Sn17/N454	MSÚ-Sada B (auto)10/3	-0,40	-0,45	-21,13	8,46	-7,52	-2,04
Sn19/N456	MSÚ-Sada B (auto)/4	-0,88	-3,00	735,77	0,86	-16,50	4,81
Sn5/N431	MSÚ-Sada B (auto)/5	0,31	5,52	214,26	-47,71	5,95	-3,59
Sn5/N431	MSÚ-Sada B (auto)12/6	-1,33	-6,64	60,95	68,90	-25,29	-1,97
Sn6/N434	MSÚ-Sada B (auto)/7	-9,35	-0,89	193,74	16,65	-82,47	-4,00
Sn6/N434	CO3/8	8,46	0,58	88,34	-10,90	65,85	2,24
Sn5/N431	MSÚ-Sada B (auto)/9	-5,75	-1,48	237,85	27,95	-52,06	-7,56
Sn29/N486	MSÚ-Sada B (auto)/4	-0,66	-3,18	256,72	3,26	-12,56	6,87

1. Maximální přitlak do betonu:

Sn19/N456 (auto)/4 $\rightarrow R_z = 735,77 \text{ kN}$

2. Uplift / tah kotev:

Sn5/N431 (auto)10/1

$$M_{res} = \sqrt{57,43^2 + 14,68^2} = 59,3 \text{ kNm}$$
$$e = \frac{59,3}{33,94} = 1,75$$

Sn5/N431 (auto)12/6

$$M_{res} = \sqrt{68,90^2 + 25,29^2} = 73,4 \text{ kNm}$$
$$e \approx \frac{73,4}{60,95} = 1,20$$

3. Maximální ohyb v patě sloupu:

Sn6/N434 (auto)/7 $\rightarrow M_y = 82,47 \text{ kN}$

Pro návrh a posouzení paty vetknutého sloupu v IDEA StatiCa budou použity následující řídicí zatěžovací stavy:

Stav A (Sn5/N431, auto10/1): tah kotev / uplift.

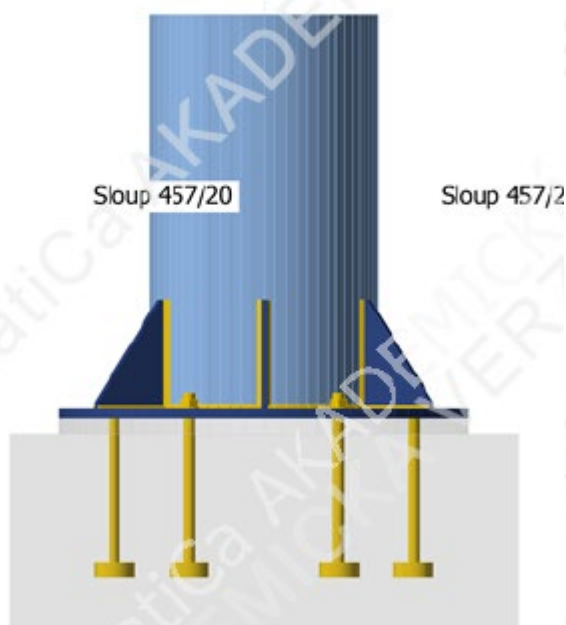
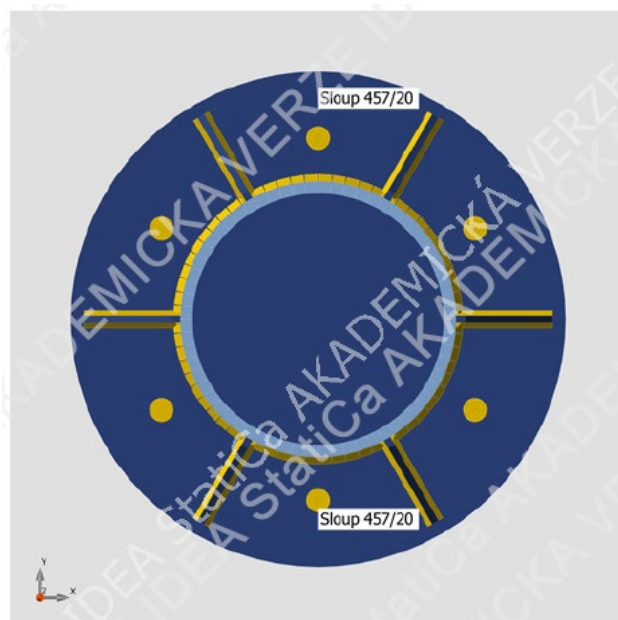
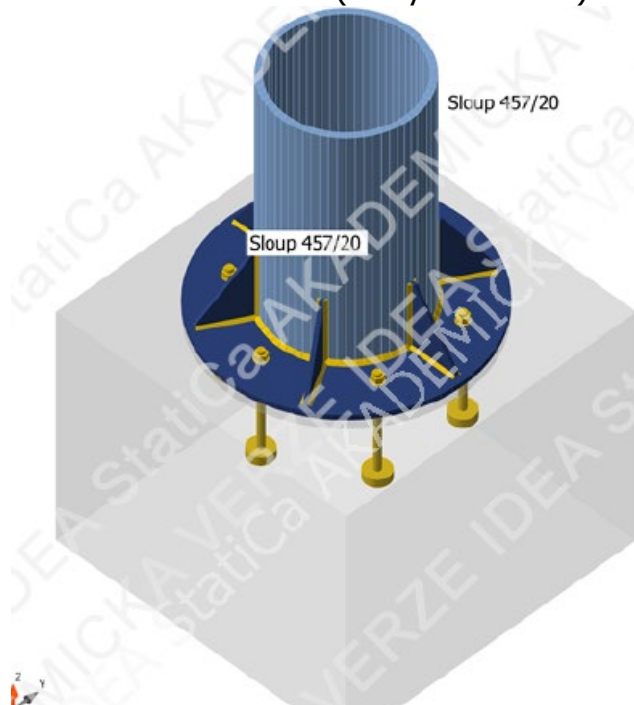
Stav B (Sn19/N456, auto1/4): maximální přitlak do betonu.

Stav C (Sn6/N434 (auto)/7): maximální ohyb v patě sloupu.

Tím je zajištěno, že detail bude navržen na rozhodující mechanismy porušení jak na straně kotev, tak na straně betonu.



Výpočet byl proveden v souladu s normami ČSN EN 1993-1-8 (ocelové spoje) a ČSN EN 1992-4 (kotvy do betonu).



Rozhodující kombinace – Ohyb v patě sloupu:

$$N_{Ed} = 193,74 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -82,47 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 9,35 \text{ kN}$$



Posudek

Souhrn

Název	Hodnota	Status posudku
Výpočet	100,0%	OK
Plech	$0,0 < 5,0\%$	OK
Lok. deformace	$0,0 < 3\%$	OK
Kotvy	$95,9 < 100\%$	OK
Svary	$38,7 < 100\%$	OK
Betonový blok	$16,9 < 100\%$	OK
Boulení	Nespočteno	

Plech

Název	t_p [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Status
Sloup 457/20	20,0	Ohyb v patě	92,7	0,0	0,0	OK
Patní deska	18,0	Ohyb v patě	143,3	0,0	0,0	OK
Žebraa	12,0	Tlak do betonu	41,7	0,0	0,0	OK
Žebrab	12,0	Ohyb v patě	51,2	0,0	0,0	OK
Žebzac	12,0	Tlak do betonu	48,4	0,0	0,0	OK
Žebrad	12,0	Tlak do betonu	61,1	0,0	0,0	OK
Žebrae	12,0	Ohyb v patě	109,7	0,0	0,0	OK
Žebraf	12,0	Ohyb v patě	54,8	0,0	0,0	OK

Tahová únosnost kotvy:

$$F_{t,Rd} = \frac{c \cdot k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,85 \cdot 0,90 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 303 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 148,3 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 33,94 \text{ kN}$$

- *vyhovuje*

kde:

$c = 0,85$ - redukční součinitel pro zavít

$k_2 = 0,90$ - součinitel pro kotvy s nezapuštěnou hlavou

$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ - minimální pevnost šroubu v tahu

$A_s = 303 \text{ mm}^2$ - plocha účinná v tahu

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

Únosnost betonu při vytažení:

$$N_{Rk,p} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} = 7,50 \cdot 4646 \cdot 10^{-6} \cdot 25,0 \cdot 10^3 = 871,2 \text{ kN}$$

kde:

$k_2 = 7,50$ - součinitel potrhání/nepotrhání betonu

A_h - nosná plocha hlavy spojovacího prvku



$$A_h = \frac{\pi}{4} (d_h^2 - d^2) = \frac{3,14}{4} (80^2 - 22^2) = 4646 \text{ mm}^2,$$

kde:

$d_h = 80,0 \text{ mm} \leq 6 \cdot t_h + d$ – účinná velikost podložky, kde:

$t_h \geq \frac{d}{6}$ – tloušťka hlavy spojovacího prvku s hlavou

$t_h = 9,7 \text{ mm}$

$d = 22,0 \text{ mm}$ – průměr dřívku spojovacího prvku

$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$ – pevnost betonu v tlaku

$\gamma_{Mc} = 1,80$ – bezpečnostní součinitel pro beton

$$N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mc}} = \frac{871,2}{1,80} = 484,0 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 33,94 \text{ kN}$$

- *vyhovuje*

Smyková únosnost:

$$F_{1vb,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,60 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 116,4 \text{ kN}$$

$\alpha_v = 0,60$ – výpočtová smyková síla

$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – minimální pevnost šroubu v tahu

$A = 303 \text{ mm}^2$ – plocha účinná v tahu

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

$$F_{2vb,Rd} = \frac{\alpha_b \cdot f_{yb} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,25 \cdot 640 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 48,1 \text{ kN}$$

$\alpha_b = 0,44 - 0,0003 f_{yb} = 0,25$ – výpočtová smyková síla

$f_{yb} = 640,0 \text{ MPa}$ – mez kluzu kotevního šroubu

$235,0 \leq f_{yb} \leq 640,0$

$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – minimální pevnost šroubu v tahu

$$F_{vb,Rd} = \min(F_{1vb,Rd}; F_{2vb,Rd}) = 48,1 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 8,04 \text{ kN} - \text{vyhovuje}$$

Únosnost vylomení betonu:

Posouzení se provádí pro skupinu kotev na společné patní desce

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} = \frac{674,0 \text{ kN}}{1,50} = 449,4 \text{ kN} \geq V_{Ed,g} = 9,35 \text{ kN}$$

- *vyhovuje*



$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 674,0 \text{ kN}$$

kde:

$k_8 = 2,00$ - součinitel zohledňující hloubku ukotvení spojovacího prvku

$N_{Rk,c} = 337,0 \text{ kN}$ – charakteristické porušení betonového kužele kotvy nebo skupiny kotev; předpokládá se, že všechny kotvy jsou v tahu

$\gamma_{Mc} = 1,50$ – bezpečnostní součinitel pro beton

Interakce tahové a smykové síly v betonu (EN 1992-4 – Tabulka 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}\right)^{1,5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}\right)^{1,5} = 0,96 \leq 1,0$$

Kde:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}$$

– největší hodnota využití pro režimy tahových selhání

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}$$

– největší hodnota využití pro režimy smykového selhání

$$\frac{N_{Ed,g}}{N_{Rd,c}}$$

= 87,9 % – selhání na vytržení betonu u kotvy v tahu

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}}$$

= 7,2 % – selhání betonu při vytažení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}}$$

= 0,0 % – selhání při vylomení betonu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}}$$

= 26,4 % – selhání hrany betonu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}}$$

= 2,1 % – selhání při vylomení betonu

Posouzení únosnosti svaru:

Položka	Hrana	T_w [mm]	L [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	U_t [%]	U_{tc} [%]	Konstrukční zásady	Status
Sloup 457/20-arc 49	Žebrae	▲ 6,0 ▲	219	Ohyb v patě	168,4	0,0	-47,5	-49,5	-79,0	38,7	23,4	OK	OK
		▲ 6,0 ▲	219	Ohyb v patě	164,3	0,0	-48,9	47,2	77,3	37,7	22,7	OK	OK

$$\sigma_{w,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,90 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = \left(\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2) \right)^{0,5} \\ = (47,5^2 + 3(49,5^2 + 79,0^2))^{0,5} = 168,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 47,5 \text{ MPa}$$

kde:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$ – mezní pevnost



$\beta_w = 0,90$ – korelační součinitel EN 1993-1-8 tabulka 4.1

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

Využití napětí:

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{\sigma_{\perp}}{\sigma_{\perp,Rd}}\right)$$

kde:

$\sigma_{w,Ed} = 168,4 \text{ MPa}$ – Maximální normálové napětí příčné k ose svaru

$\sigma_{w,Rd} = 435,6 \text{ MPa}$ – Únosnost na srovnávací napětí

$\sigma_{\perp} = -47,5 \text{ MPa}$ – Normálové napětí kolmé na účinný rozměr svaru

$\sigma_{\perp,Rd} = 352,8 \text{ MPa}$ – Únosnost na kolmé napětí

Navržené kotvení sloupu vyhovuje ve všech posuzovaných mezních stavech únosnosti i použitelnosti. Nejvíce namáhanými prvky jsou kotevní šrouby v tahu při ohybu v patě sloupu, jejichž únosnost je však splněna s dostatečnou rezervou.



12.3 Montážní spoj dolního pásu (CHS 244.5/12.5)

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B291	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/1	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-754,93	0,34	2,22	0,09	-0,34	-0,23
B291	2,006	MSÚ-Sada B (auto)/2	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	2139,60	-1,10	-5,48	-1,15	-3,18	-2,68
B291	2,006	MSÚ-Sada B (auto)/3	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	2131,27	-1,02	-5,56	-1,00	-3,35	-2,47
B291	0,000	MSÚ-Sada B (auto)11/4	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-666,94	0,17	2,43	-0,33	0,19	-0,20
B291	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/5	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	1694,68	-0,93	-2,95	-1,52	6,86	-0,41
B291	0,000	MSÚ-Sada B (auto)10/6	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-516,73	0,31	1,89	0,32	-0,83	-0,23
B291	2,006	MSÚ-Sada B (auto)12/7	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	1639,92	-0,73	-3,83	-0,31	-4,45	-1,45
B291	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	1699,59	-1,03	-2,98	-1,49	6,91	-0,68
B291	2,006	MSÚ-Sada B (auto)/8	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	1699,74	-1,03	-4,88	-1,49	-0,98	-2,75
B291	2,006	MSÚ-Sada B (auto)12/1	Dolní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-754,82	0,34	0,82	0,09	2,71	0,46

Účinky zatížení:

Název	Prvek	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
tah dolního pásu	CHS244,5/12,5 / Konec	2139,6	0,0	-5,5	0,0	-3,2	0,0
	CHS244,5/12(2) / Konec	2139,6	0,0	-5,5	0,0	-3,2	0,0
tlak dolního pásu	CHS244,5/12,5 / Konec	-754,8	0,3	0,8	0,1	2,7	0,5
	CHS244,5/12(2) / Konec	-754,8	0,3	0,8	0,1	2,7	0,5

Posudek:

Souhrn

Název	Hodnota	Status posudku
Výpočet	100,0%	OK
Plechy	0,1 < 5,0%	OK
Lok. deformace	0,0 < 3%	OK
Šrouby	81,9 < 100%	OK
Svary	98,1 < 100%	OK
Boulení	Nespočteno	
GMNA	Spočteno	

Výpočet a posouzení napojení dolního pásu bylo provedeno v programu IDEA StatiCa (dle Eurokódů EN, zejména ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8 posouzení plechů, šroubů a svarů)

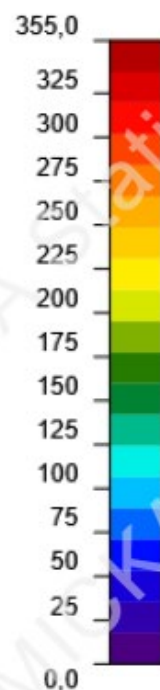


Souhrnný posudek

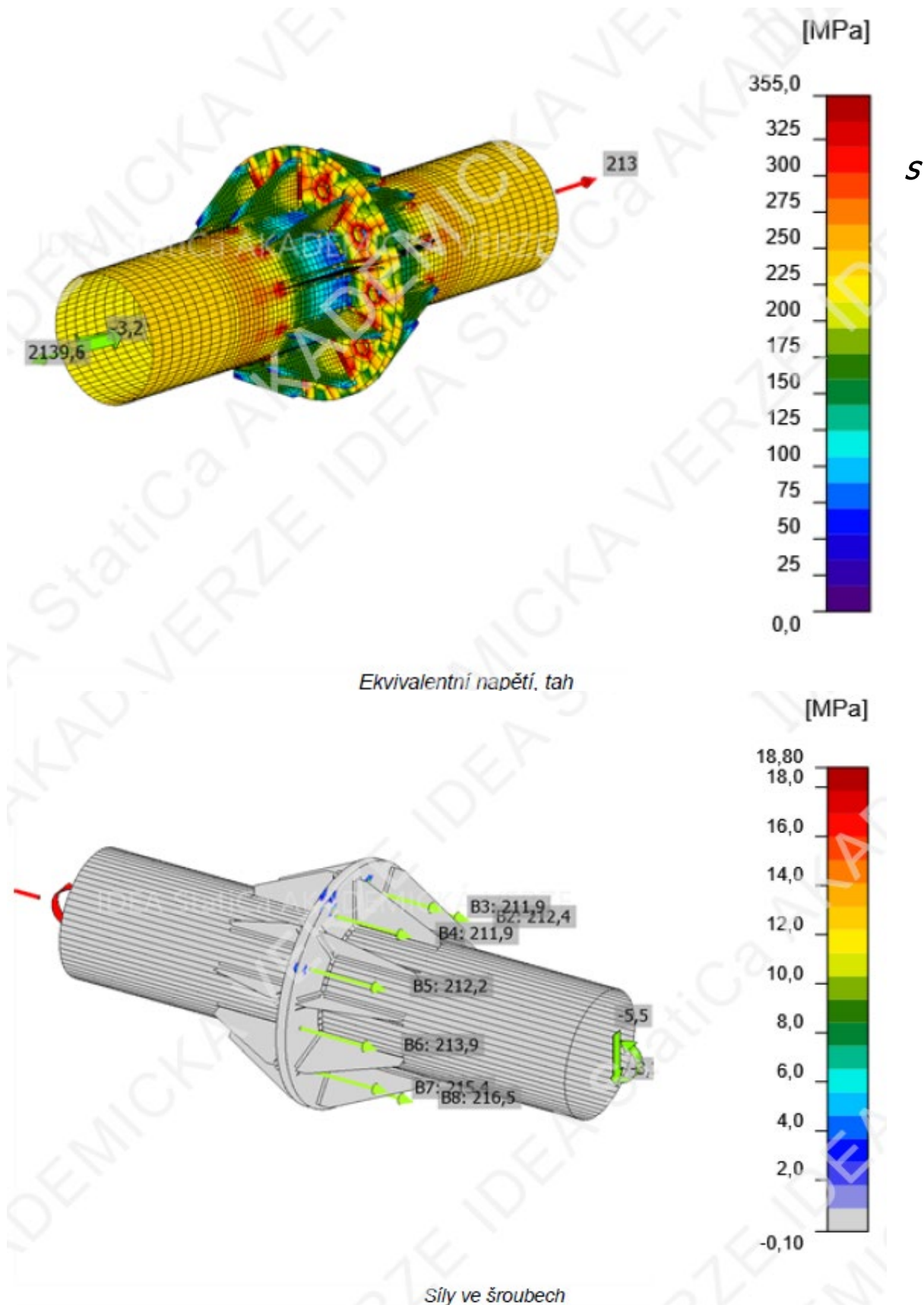
Posi

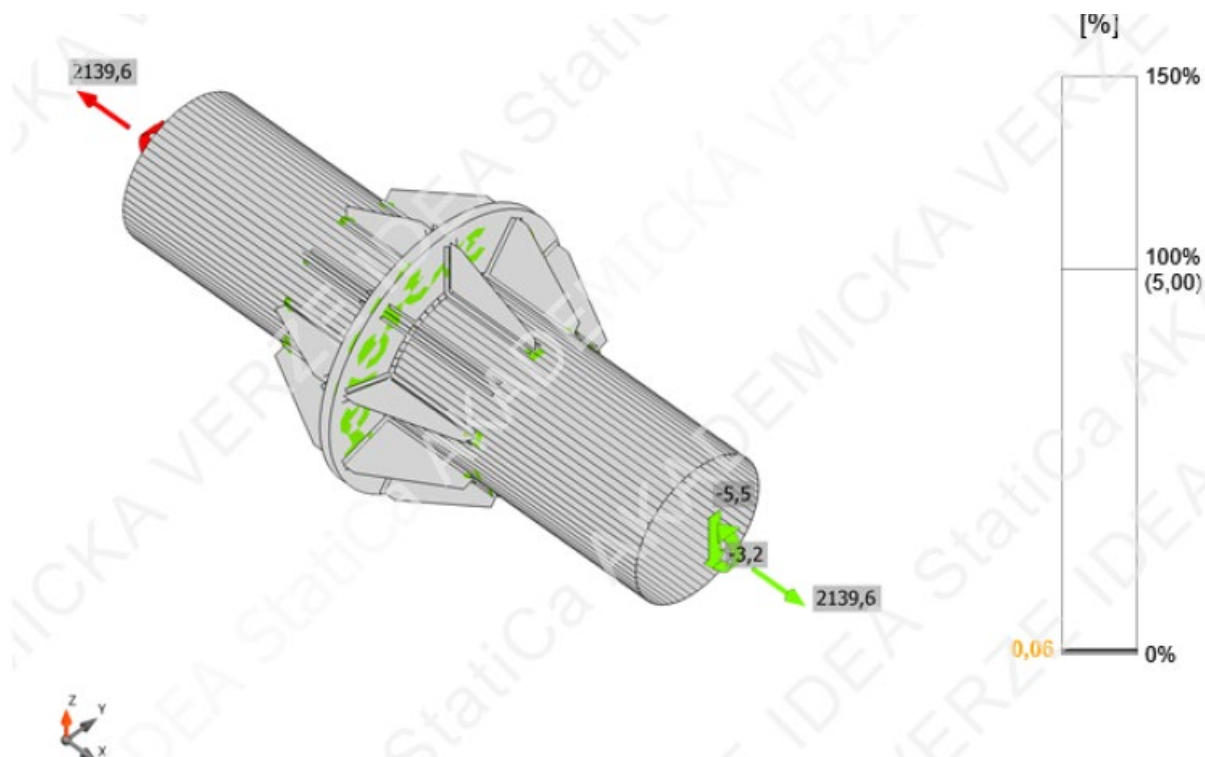


[MPa]



Ekvivalentní napětí, tlak





Posudek přetvoření, tah dolního pásu

Šrouby

Tvar	Položka	Třída	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t,t}$ [%]	$U_{t,s}$ [%]	$U_{t,ts}$ [%]	Konstrukční zásady	Status
	B1	M27 8.8 - 1	tah dolního pásu	213,7	0,7	402,6	80,8	0,4	58,1	OK	OK
	B2	M27 8.8 - 1	tah dolního pásu	212,4	0,5	271,6	80,4	0,3	57,7	OK	OK
	B3	M27 8.8 - 1	tah dolního pásu	211,9	0,6	263,5	80,2	0,3	57,6	OK	OK
	B4	M27 8.8 - 1	tah dolního pásu	211,9	0,6	263,5	80,2	0,3	57,6	OK	OK
	B5	M27 8.8 - 1	tah dolního pásu	212,2	0,6	288,9	80,3	0,3	57,6	OK	OK
	B6	M27 8.8 - 1	tah dolního pásu	213,9	0,6	385,6	80,9	0,3	58,1	OK	OK
	B7	M27 8.8 - 1	tah dolního pásu	215,4	0,6	279,3	81,5	0,3	58,5	OK	OK
	B8	M27 8.8 - 1	tah dolního pásu	216,5	0,4	263,5	81,9	0,2	58,7	OK	OK
	B9	M27 8.8 - 1	tah dolního pásu	215,9	0,5	263,5	81,7	0,3	58,6	OK	OK
	B10	M27 8.8 - 1	tah dolního pásu	215,1	0,5	282,0	81,3	0,3	58,4	OK	OK

Návrhová data

Třída	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M27 8.8 - 1	264,4	573,2	176,3



Šroub B9:

Posouzení únosnosti v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 459 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 264,4 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 216,5 \text{ kN}$$

- *vyhovuje*

$$k_2 = 0,90$$

$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – mezní pevnost šroubu v tahu

$A_s = 459 \text{ mm}^2$ – oblast tahového napětí šroubu

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

Posouzení únosnosti v protlačení:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 3,14 \cdot 0,0431 \cdot 0,018 \cdot 490 \cdot 10^3}{1,25} =$$

$$= 573,2 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 216,5 \text{ kN} - \textit{vyhovuje}$$

$d_m = 43,1 \text{ mm}$ – menší z hodnot průměrů příčných vzdáleností rohů a hran, které se stanoví na hlavě a matici šroubu.

$t_p = 18,0 \text{ mm}$ – tloušťka plechu

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$ – mezní pevnost

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

Posouzení únosnosti ve smyku:

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{1,00 \cdot 0,60 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 459 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 176,3 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 0,4 \text{ kN}$$

- *vyhovuje*

$\beta_p = 1,00$ – redukční faktor pro vložku

$\alpha_v = 0,60$ – redukční faktor pro smykové napětí

$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – mezní pevnost šroubu v tahu

$A_s = 459 \text{ mm}^2$ – oblast tahového napětí šroubu

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



Posouzení únosnosti v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,55 \cdot 490 \cdot 10^3 \cdot 0,027 \cdot 0,018}{1,25} = 263,5 \text{ kN} \geq F_{b,Ed} = 0,4 \text{ kN}$$

- *vyhovuje*

$$k_1 = \min \left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left(2,8 \cdot \frac{51}{30} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{105}{30} - 1,7; 2,5 \right) \\ = \min(3,06; 3,17; 2,5) = 2,5$$

- Součinitel pro vzdálenost od okraje a rozteč šroubů kolmo ke směru přenosu zatížení

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right) = \min \left(\frac{50}{3 \cdot 30}; \frac{72}{3 \cdot 30} - \frac{1}{4}; \frac{800}{490}; 1 \right) = 0,55$$

- Součinitel pro vzdálenost od okraje a rozteč šroubů kolmo ke směru přenosu zatížení

$e_2 = 51 \text{ mm}$ - vzdálenost k okraji desky ve směru kolmo na smykovou sílu
 $p_2 = 105 \text{ mm}$ - vzdálenost k okraji desky ve směru kolmo na smykovou sílu
 $d_0 = 30,0 \text{ mm}$ - průměr otvoru šroubu
 $e_1 = 50 \text{ mm}$ - vzdálenost k okraji desky ve směru smykové síly
 $p_1 = 72 \text{ mm}$ - vzdálenost mezi šrouby ve směru smykové síly
 $f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ - mezní pevnost šroubu v tahu
 $f_u = 490,0 \text{ MPa}$ - mezní pevnost plechu
 $d = 27,0 \text{ mm}$ - jmenovitý průměr spojovacího prostředku
 $t = 18,0 \text{ mm}$ - Tloušťka desky
 $\gamma_{M2} = 1,25$ - součinitel spolehlivosti

Využití v tahu:

$$\frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = \frac{216,5}{\min(264,4; 573,2)} = \frac{216,5}{264,4} = 0,82 \leq 1,0$$

- *vyhovuje*

kde:

$$F_{t,Ed} = 216,5 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 264,4 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 573,2 \text{ kN}$$

Využití ve smyku:

$$\max \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} \right) = \max \left(\frac{0,4}{176,3}; \frac{0,4}{263,5} \right) = 0,00 \leq 1,0$$

- *vyhovuje*

kde:

$$F_{v,Ed} = 0,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 176,3 \text{ kN}$$



$$F_{b,Ed} = 0,4 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 263,5 \text{ kN}$$

Interakce tahu a smyku:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = \frac{0,4}{176,3} + \frac{216,5}{1,4 \cdot 264,4} = 0,59 \leq 1,0$$

- *vyhovuje*

$$F_{v,Ed} = 0,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 176,3 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = 216,5 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 264,4 \text{ kN}$$

Posouzení svaru ŽEB 1g:

Položka	Hrana	T_w [mm]	L [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pI} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	U_t [%]	U_{t_c} [%]	Konstrukční zásady
DD1a	ŽEB1g	6,0	89	tah dolního pásu	427,3	0,2	154,7	147,9	-176,1	98,1	69,5	OK

Posouzení únosnosti svaru:

$$\sigma_{w,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = \left(\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2) \right)^{0,5} =$$

$$= (154,7^2 + 3 \cdot (147,9^2 + 176,1^2))^{0,5} = 427,3 \text{ MPa} - \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 211,8 \text{ MPa}$$

kde:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$ - mezní pevnost

$\beta_w = 0,90$ - korelační součinitel EN 1993-1-8 tabulka 4.1

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

Využití napětí

$$U_t = \max \left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}} \right) = 0,98 \leq 1,0$$

kde:

$\sigma_{w,Ed} = 427,3 \text{ MPa}$ - maximální normálové napětí příčné k ose svaru

$\sigma_{w,Rd} = 435,6 \text{ MPa}$ - únosnost na srovnávací napětí

$\sigma_{\perp} = -211,8 \text{ MPa}$ - normálové napětí kolmé na účinný rozměr svaru

$\sigma_{\perp,Rd} = 352,8 \text{ MPa}$ - únosnost na kolmé napětí.



12.4 Montážní spoj horního pásu (CHS 244.5/12.5)

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B281	2,010	MSÚ-Sada B (auto)/1	Horní pás vazniku - CHS244.5/12.5	-1330,05	0,83	1,30	0,37	6,73	1,36
B281	0,000	MSÚ-Sada B (auto)12/2	Horní pás vazniku - CHS244.5/12.5	1298,32	-0,80	0,12	-0,47	0,76	0,02
B281	2,010	MSÚ-Sada B (auto)9/3	Horní pás vazniku - CHS244.5/12.5	778,39	-0,51	-1,48	-0,97	-0,68	-0,94
B281	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Horní pás vazniku - CHS244.5/12.5	-1189,96	0,74	3,69	0,48	2,92	-0,38
B281	0,000	MSÚ-Sada B (auto)10/5	Horní pás vazniku - CHS244.5/12.5	-401,97	0,20	0,49	-1,14	-0,43	0,12
B281	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/6	Horní pás vazniku - CHS244.5/12.5	41,78	-0,01	3,11	0,69	3,62	-0,53
B281	2,010	MSÚ-Sada B (auto)10/7	Horní pás vazniku - CHS244.5/12.5	849,10	-0,55	-1,44	-1,03	-1,38	-0,98
B281	2,010	MSÚ-Sada B (auto)/8	Horní pás vazniku - CHS244.5/12.5	-1213,70	0,77	1,76	0,52	8,54	1,12
B281	2,010	MSÚ-Sada B (auto)12/9	Horní pás vazniku - CHS244.5/12.5	1275,13	-0,79	-1,19	0,24	-0,12	-1,74

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 0,75*ZS6 + 0,90*ZS10 + 1,50*ZS14 + 1,35*ZS15 + 1,35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/2	ZS1 + ZS3 + 0,90*ZS12 + 1,50*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)9/3	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 1,50*ZS12 + 0,90*ZS13 + 1,35*ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/4	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 1,50*ZS5 + 0,90*ZS10 + 0,90*ZS14 + 1,35*ZS15 + 1,35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)10/5	ZS1 + ZS3 + 1,50*ZS12 + 0,90*ZS14 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/6	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 1,50*ZS6 + 0,90*ZS13 + 1,35*ZS15 + 1,35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)10/7	ZS1 + ZS3 + 1,50*ZS12 + 0,90*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/8	1,35*ZS1 + 1,35*ZS3 + 1,50*ZS6 + 0,90*ZS10 + 0,90*ZS14 + 1,35*ZS15 + 1,35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/9	ZS1 + ZS3 + 0,90*ZS8 + 1,50*ZS13 + ZS15

Účinky zatížení:

Název	Prvek	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
tah horního pásu	CHS244,5/12,5 / Konec	1275,1	-0,8	-1,2	0,2	-0,1	-1,7
	CHS244,5/12(2) / Konec	1275,1	-0,8	-1,2	0,2	-0,1	-1,7
tlak horního pásu	CHS244,5/12,5 / Konec	-1330,1	0,8	1,3	0,4	6,7	1,4
	CHS244,5/12(2) / Konec	-1330,1	0,8	1,3	0,4	6,7	1,4

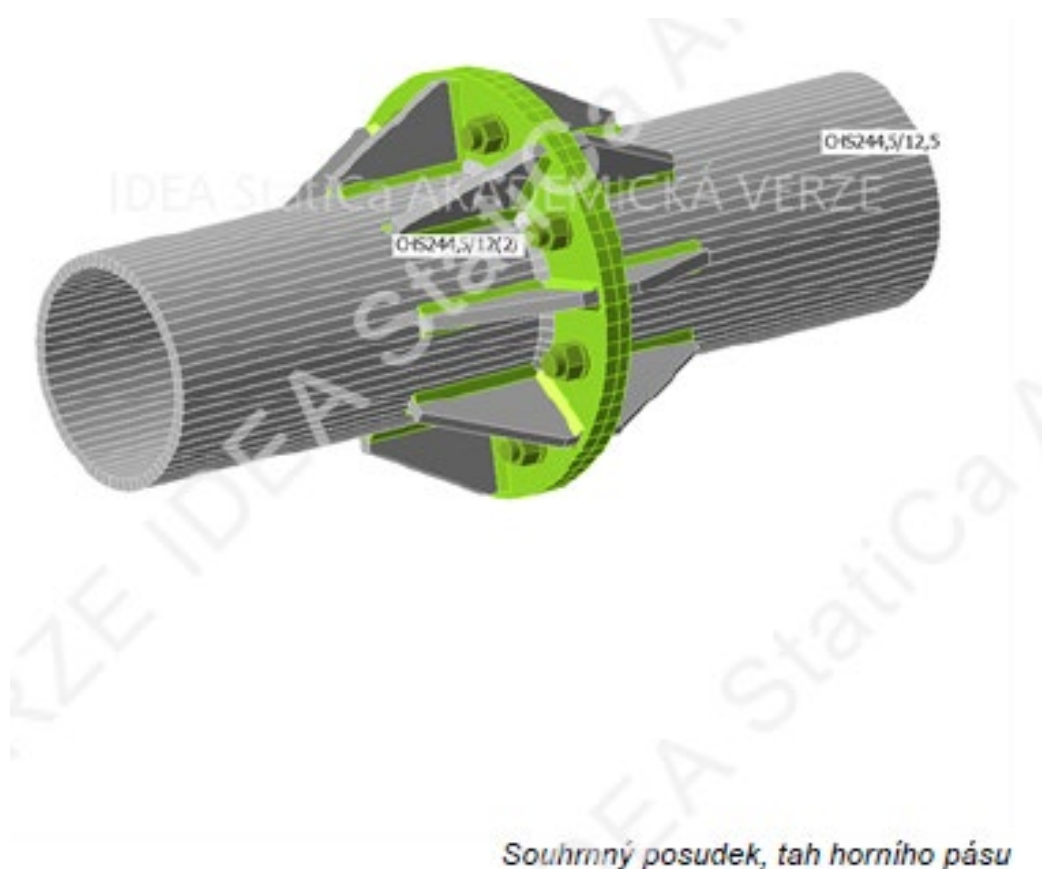


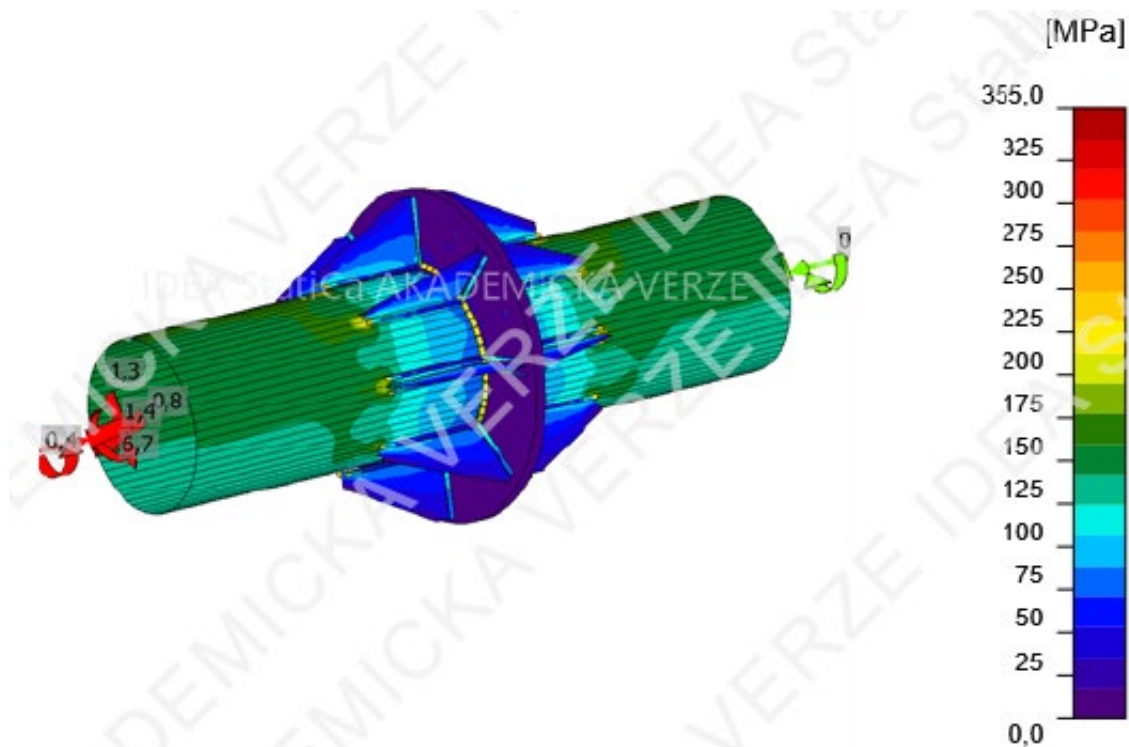
Posudek:

Souhrn

Název	Hodnota	Status posudku
Výpočet	100,0%	OK
Plech	$0,2 < 5,0\%$	OK
Lok. deformace	$0,0 < 3\%$	OK
Šrouby	$82,2 < 100\%$	OK
Svary	$81,9 < 100\%$	OK
Boulení	Nespočteno	
GMNA	Spočteno	

Výpočet a posouzení napojení horního pásu bylo provedeno v programu IDEA StatiCa (dle Eurokódů EN, zejména ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8 posouzení plechů, šroubů a svarů)

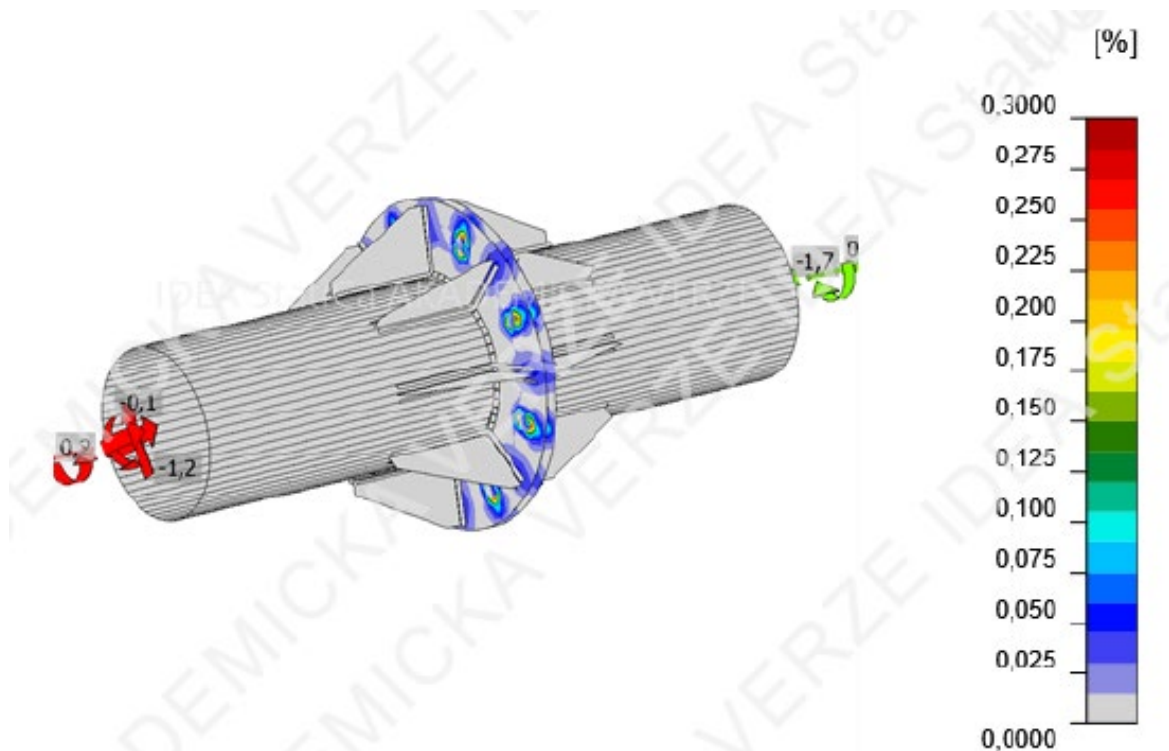




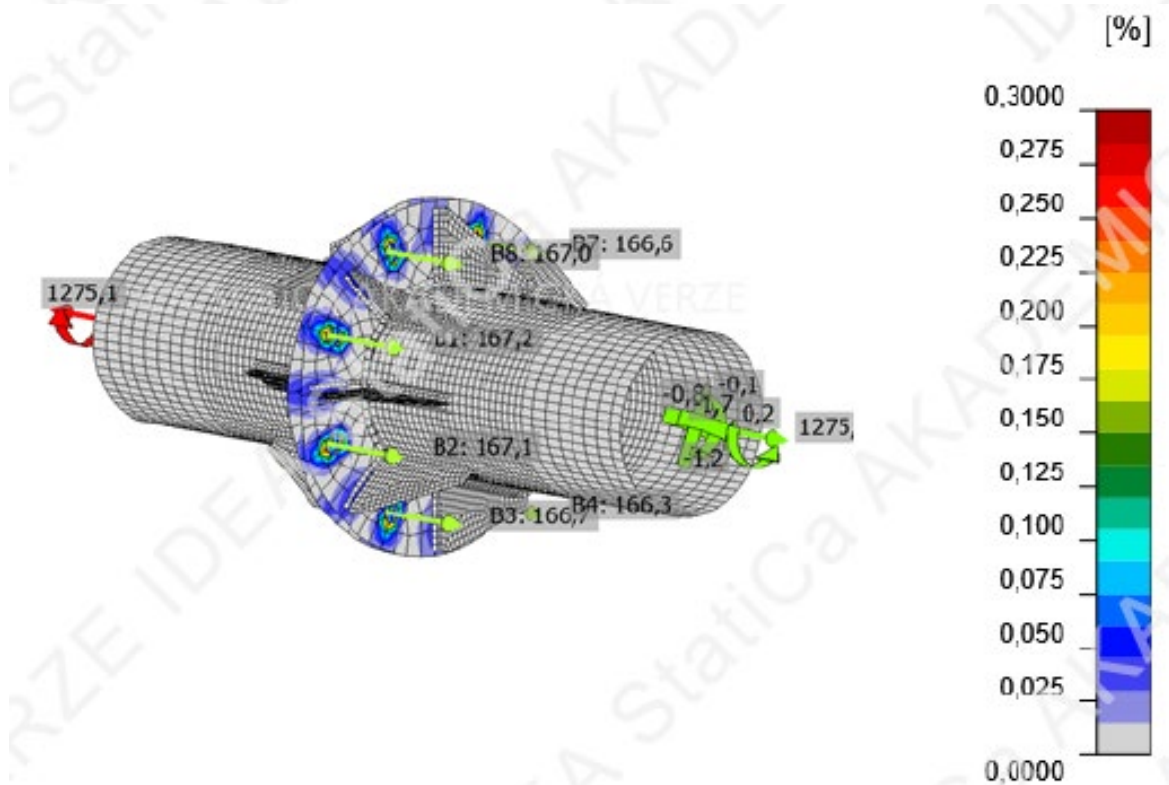
Ekvivalentní napětí, tlak honího pásu



Ekvivalentní napětí, tah horního pásu



Ekvivalentní přetvoření, tah horního pásu



Ekvivalentní přetvoření, tah horního pásu



Šrouby

Tvar	Položka	Třída	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t,t}$ [%]	$U_{t,s}$ [%]	$U_{t,ts}$ [%]	Konstrukční zásady	Status
	B1	M24 8.8 - 1	tah horního pásu	167,2	0,1	216,9	82,2	0,1	58,8	OK	OK
	B2	M24 8.8 - 1	tah horního pásu	167,1	0,2	217,9	82,2	0,2	58,9	OK	OK
	B3	M24 8.8 - 1	tah horního pásu	166,7	0,3	245,2	82,0	0,2	58,8	OK	OK
	B4	M24 8.8 - 1	tah horního pásu	166,3	0,4	320,6	81,8	0,3	58,7	OK	OK
	B5	M24 8.8 - 1	tah horního pásu	166,1	0,3	273,1	81,7	0,3	58,6	OK	OK
	B6	M24 8.8 - 1	tah horního pásu	166,2	0,3	227,6	81,8	0,2	58,6	OK	OK
	B7	M24 8.8 - 1	tah horního pásu	166,6	0,2	216,9	81,9	0,1	58,6	OK	OK
	B8	M24 8.8 - 1	tah horního pásu	167,0	0,0	216,9	82,1	0,0	58,7	OK	OK

Návrhová data

Třída	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M24 8.8 - 1	203,3	449,1	135,6

Šroub B1:

Posouzení únosnosti v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 353 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 203,3 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 167,2 \text{ kN}$$

- *vyhovuje*

$$k_2 = 0,90$$

 $f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ - mezní pevnost šroubu v tahu $A_s = 353 \text{ mm}^2$ - oblast tahového napětí šroubu $\gamma_{M2} = 1,25$ - součinitel spolehlivosti

Posouzení únosnosti v protlačení:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 3,14 \cdot 0,038 \cdot 0,016 \cdot 490 \cdot 10^3}{1,25} =$$

$$= 449,1 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 167,2 \text{ kN} - \textit{vyhovuje}$$

 $d_m = 38,0 \text{ mm}$ - menší z hodnot průměrů příčných vzdáleností rohů a hran, které se stanoví na



hlavě a matici šroubu.

$t_p = 16,0 \text{ mm}$ – tloušťka plechu

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$ – mezní pevnost

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

Posouzení únosnosti ve smyku:

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{1,00 \cdot 0,60 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 353 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 135,6 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 0,1 \text{ kN}$$

- *vyhovuje*

$\beta_p = 1,00$ – redukční faktor pro vložku

$\alpha_v = 0,60$ – redukční faktor pro smykové napětí

$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – mezní pevnost šroubu v tahu

$A_s = 353 \text{ mm}^2$ – oblast tahového napětí šroubu

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

Posouzení únosnosti v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,55 \cdot 490 \cdot 10^3 \cdot 0,027 \cdot 0,018}{1,25} = 263,5 \text{ kN} \geq F_{b,Ed} = 0,4 \text{ kN}$$

- *vyhovuje*

$$k_1 = \min \left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left(2,8 \cdot \frac{47}{26} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{98}{26} - 1,7; 2,5 \right) \\ = \min(3,36; 3,57; 2,5) = 2,5$$

- Součinitel pro vzdálenost od okraje a rozteč šroubů kolmo ke směru přenosu zatížení

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right) = \min \left(\frac{47}{3 \cdot 26}; \frac{98}{3 \cdot 26} - \frac{1}{4}; \frac{800}{490}; 1 \right) = 0,58$$

- Součinitel pro vzdálenost od okraje a rozteč šroubů kolmo ke směru přenosu zatížení

$e_2 = 47 \text{ mm}$ – vzdálenost k okraji desky ve směru kolmo na smykovou sílu

$p_2 = 98 \text{ mm}$ – vzdálenost k okraji desky ve směru kolmo na smykovou sílu

$d_0 = 26,0 \text{ mm}$ – průměr otvoru šroubu

$e_1 = 45 \text{ mm}$ – vzdálenost k okraji desky ve směru smykové síly

$p_1 = 98 \text{ mm}$ – vzdálenost mezi šrouby ve směru smykové síly

$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – mezní pevnost šroubu v tahu

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$ – mezní pevnost plechu

$d = 24,0 \text{ mm}$ – jmenovitý průměr spojovacího prostředku

$t = 16,0 \text{ mm}$ – Tloušťka desky

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



Využití v tahu:

$$\frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = \frac{167,2}{\min(203,3; 449,1)} = \frac{167,2}{203,3} = 0,82 \leq 1,0$$

- *vyhovuje*

kde:

$$F_{t,Ed} = 167,2 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 203,3 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 449,1 \text{ kN}$$

Využití ve smyku:

$$\max\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \max\left(\frac{0,1}{135,6}; \frac{0,1}{216,9}\right) = 0,00 \leq 1,0$$

- *vyhovuje*

kde:

$$F_{v,Ed} = 0,1 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 135,6 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = 0,1 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 216,9 \text{ kN}$$

Interakce tahu a smyku:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = \frac{0,4}{176,3} + \frac{216,5}{1,4 \cdot 264,4} = 0,59 \leq 1,0$$

- *vyhovuje*

$$F_{v,Ed} = 0,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 135,6 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = 167,2 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 203,3 \text{ kN}$$



Posouzení svaru ŽEB 2e:

Položka	Hrana	T_w [mm]	L [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	U_t [%]	U_{tc} [%]	Konstrukční zásady
DD1b	ŽEB2e	6,0	89	tah horního pásu	356,6	0,0	140,5	138,5	-128,9	81,9	50,0	OK

Posouzení únosnosti svaru:

$$\sigma_{w,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = \left(\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2) \right)^{0,5} =$$
$$= (140,5^2 + 3 \cdot (138,5^2 + 128,9^2))^{0,5} = 356,6 \text{ Mpa} - \text{vyhovuje}$$
$$\sigma_{\perp,Rd} = \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 140,5 \text{ MPa}$$

kde:

 $f_u = 490,0 \text{ Mpa}$ - mezní pevnost $\beta_w = 0,90$ - korelační součinitel EN 1993-1-8 tabulka 4.1 $\gamma_{M2} = 1,25$ - součinitel spolehlivosti

Využití napětí

$$U_t = \max \left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}} \right) = \max \left(\frac{356,6}{435,6}; \frac{140,5}{352,8} \right) = \max(0,81; 0,39) = 0,82 \leq 1,0$$

kde:

 $\sigma_{w,Ed} = 356,6 \text{ Mpa}$ - maximální normálové napětí příčné k ose svaru $\sigma_{w,Rd} = 435,6 \text{ Mpa}$ - únosnost na srovnávací napětí $\sigma_{\perp} = 140,5 \text{ Mpa}$ - normálové napětí kolmé na účinný rozměr svaru $\sigma_{\perp,Rd} = 352,8 \text{ Mpa}$ - únosnost na kolmé napětí.



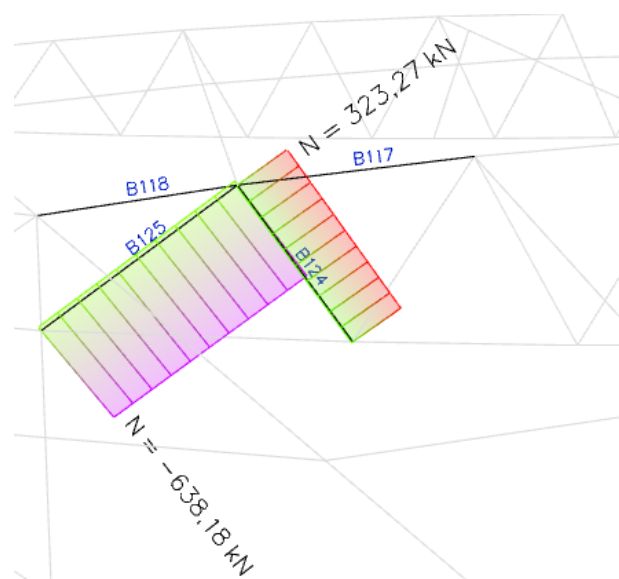
12.5 Připojení diagonál na horní pás vazníku (CHS 139.7/10.0)

Diagonály vazníků:

Filtr: Průřez = Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B125	2,069	MSÚ-Sada B (auto)/1	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-638,18	4,15	-2,38	2,28	-4,12	2,23
B125	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-614,15	4,46	-1,56	2,41	0,15	-6,84
B125	2,069	MSÚ-Sada B (auto)/3	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-638,17	4,06	-2,38	2,20	-4,12	2,17
B124	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	303,86	-10,57	6,71	-1,57	-5,15	5,34
B125	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	-614,03	3,79	-1,52	2,46	0,10	-5,93
B124	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/5	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	322,68	-9,68	7,10	-1,40	-5,50	4,57
B124	1,726	MSÚ-Sada B (auto)/5	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	323,27	-9,68	6,68	-1,40	6,40	-12,14
B124	1,726	MSÚ-Sada B (auto)/2	Diagonála vazníku - krajní - CHS139.7/10.0	304,45	-10,57	6,29	-1,57	6,08	-12,91

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1+ 1.35*ZS3+ 1.50*ZS6+ 0.90*ZS9+ 0.90*ZS13+ 1.35*ZS15+ 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1+ 1.35*ZS3+ 1.50*ZS5+ 0.90*ZS9+ 0.90*ZS13+ 1.35*ZS15+ 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/3	1.35*ZS1+ 1.35*ZS3+ 1.50*ZS6+ 0.90*ZS13+ 1.35*ZS15+ 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1+ 1.35*ZS3+ 1.50*ZS5+ 0.90*ZS9+ 0.90*ZS14+ 1.35*ZS15+ 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/5	1.35*ZS1+ 1.35*ZS3+ 1.50*ZS6+ 0.90*ZS9+ 0.90*ZS14+ 1.35*ZS15+ 1.35*ZS2





Horní pás vazníku:

Filtr: Průřez = Horní pás vazníku - CHS244.5/12.5

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B117	2,011	MSÚ-Sada B (auto)/1	Horní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-191,88	6,17	1,72	-38,08	10,15	9,29
B118	0,000	MSÚ-Sada B (auto)10/2	Horní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-35,28	-3,70	2,68	-0,78	-0,88	0,07
B117	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	Horní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-130,81	7,69	3,86	-36,92	4,36	-4,43
B118	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	Horní pás vazníku - CHS244.5/12.5	483,05	1,89	-34,37	25,96	16,16	-2,83
B118	1,682	MSÚ-Sada B (auto)/3	Horní pás vazníku - CHS244.5/12.5	573,44	4,88	-39,19	21,56	-47,93	6,21
B118	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	Horní pás vazníku - CHS244.5/12.5	573,66	4,88	-37,61	21,56	16,66	-2,00
B118	1,682	MSÚ-Sada B (auto)12/5	Horní pás vazníku - CHS244.5/12.5	32,14	-3,49	-2,82	3,13	-2,82	-6,79
B117	2,011	MSÚ-Sada B (auto)/6	Horní pás vazníku - CHS244.5/12.5	-182,48	7,91	1,95	-37,60	10,43	11,31

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)10/2	ZS1 + ZS3 + 1.50*ZS11 + 0.90*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/3	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS13 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2
MSÚ-Sada B (auto)12/5	ZS1 + ZS3 + 0.90*ZS11 + 1.50*ZS13 + ZS15
MSÚ-Sada B (auto)/6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS14 + 1.35*ZS15 + 1.35*ZS2

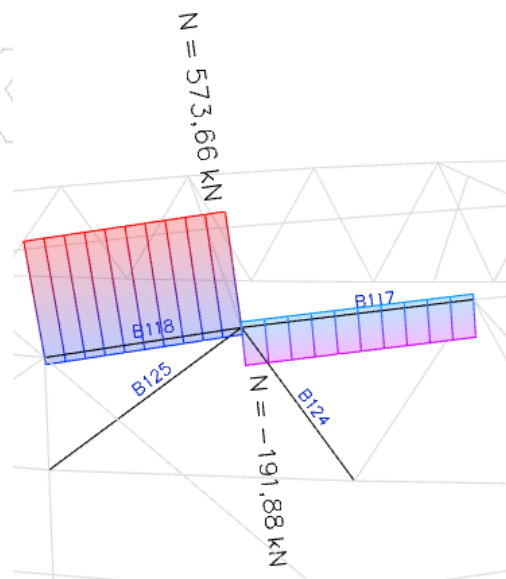
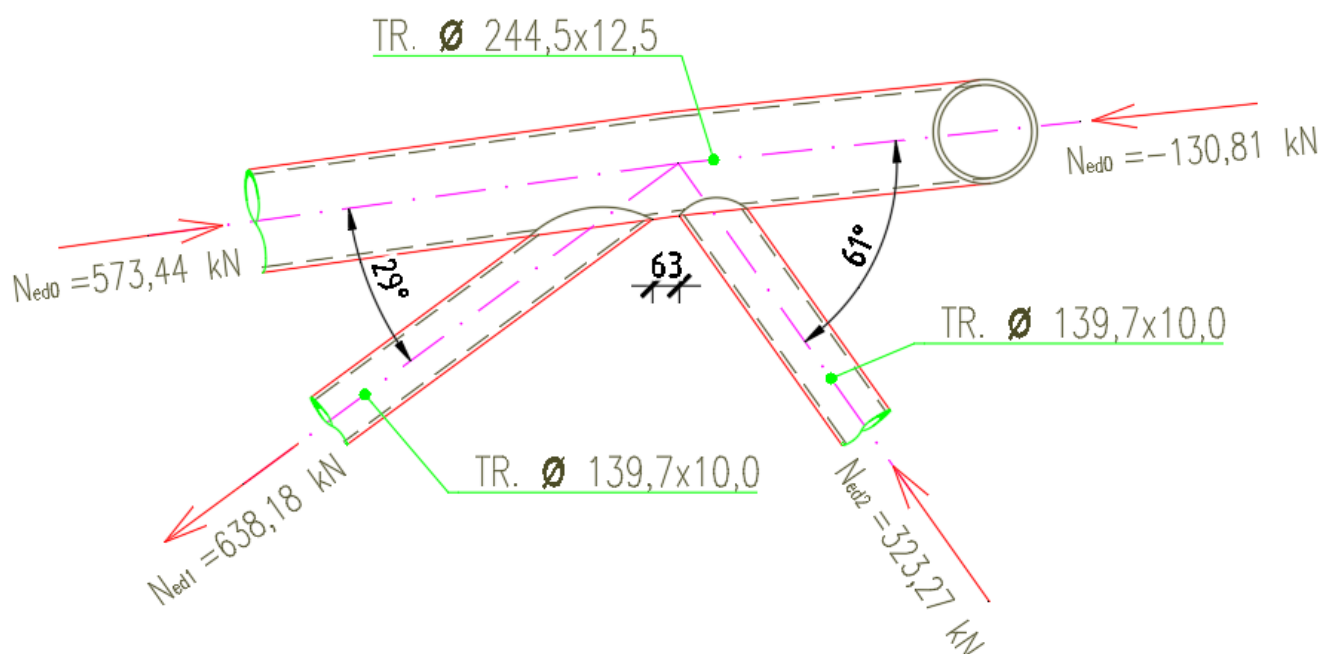




Schéma vnitřních sil ve styčniku:



Vstupní hodnoty:

geometrie horního pásu:

$$\begin{aligned}d_0 &= 244,5 \text{ mm} \\t_0 &= 12,5 \text{ mm} \\A_0 &= 9,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

diagonály:

$$\begin{aligned}d_1 &= d_2 = 139,7 \text{ mm} \\t_1 &= t_2 = 10 \text{ mm}\end{aligned}$$

materiál:

$$\begin{aligned}f_y &= 355 \text{ MPa} \\f_u &= 490 \text{ MPa}\end{aligned}$$

geometrie:

$$\begin{aligned}\theta_1 &= 29^\circ \\ \theta_2 &= 61^\circ \\ g &= 63 \text{ mm}\end{aligned}$$

vnitřní síly:

horní pás
diagonály

$$\begin{aligned}N_{Ed,0} &= 573,44 \text{ kN} \\ N_{Ed,1} &= -638,18 \text{ kN} \\ N_{Ed,2} &= 323,27 \text{ kN}\end{aligned}$$



Odolnost proti porušení povrchu pásu:

$$\gamma = \frac{d_0}{2t_0} = \frac{244,5}{2 \cdot 12,5} = 9,78$$

$$\beta = \frac{d_1 + d_2}{2d_0} = \frac{139,7 + 139,7}{2 \cdot 244,5} = 0,57$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{Ed,0}}{A_0} = \frac{573,44 \cdot 10^3}{9,1 \cdot 10^3} = 63,0 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_y} = \frac{63,0}{355} = 0,18$$

$$b_n = \frac{10 \cdot d_1}{d_0/t_0} = \frac{10 \cdot 139,7}{244,5/12,5} = 71,4$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4\eta}{b_n} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,18}{71,4} = 1,30 \geq 1,0$$

$$k_n = 1,0$$

Odolnost pásu proti porušení tlakem od diagonál:
diagonála 1

$$N_{Rd,1} = \frac{8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot (d_1 + d_2) \cdot \pi}{\sin \theta_1 \cdot 4d_0 \cdot \gamma_{M5}}$$

$$N_{Rd,1} = \frac{8,9 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 12,5^2 \cdot \sqrt{9,78} \cdot (139,7 + 139,7) \cdot \pi}{\sin 29^\circ \cdot 4 \cdot 244,5} = 1198,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{N_{Rd,1}} = \frac{638,18}{1198,3} = 0,53 \leq 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

diagonála 2

$$N_{Rd,2} = \frac{8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot (d_1 + d_2) \cdot \pi}{\sin \theta_2 \cdot 4d_0 \cdot \gamma_{M5}}$$

$$N_{Rd,2} = \frac{8,9 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 12,5^2 \cdot \sqrt{9,78} \cdot (139,7 + 139,7) \cdot \pi}{\sin 61^\circ \cdot 4 \cdot 244,5} = 664,9 \text{ kN}$$



$$\frac{N_{Ed,2}}{N_{Rd,2}} = \frac{323,27}{664,9} = 0,49 \leq 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

Odolnost proti porušení pásu smykem:
diagonála 1

$$A_v = \frac{2A_0}{\pi} = \frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^3}{\pi} = 0,00579 \text{ m}^2$$

$$N_{Rd,1} = \frac{f_y \cdot A_v}{\sqrt{3} \sin \theta_1} = \frac{355 \cdot 0,00579 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \sin 29^\circ} = 2432,6 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{N_{Rd,1}} = \frac{638,18}{2432,6} = 0,26 \leq 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

diagonála 2

$$N_{Rd,2} = \frac{f_y \cdot A_v}{\sqrt{3} \sin \theta_2} = \frac{355 \cdot 0,00579 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \sin 61^\circ} = 1364,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,2}}{N_{Rd,2}} = \frac{323,27}{1364,8} = 0,03 \leq 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

Odolnost horního pásu jako celku:

$$N_{Rd,0} = \frac{A_0 \cdot f_y}{\gamma_{M5}} = \frac{9,1 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 3230,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,0}}{N_{Rd,0}} = \frac{573,44}{3230,5} = 0,18 \leq 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

Odolnost proti porušení mezipásmového prutu:

$$d_{eff} = \frac{10}{d_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} \cdot d_1 = \frac{10}{244,5/12,5} \cdot \frac{355 \cdot 12,5}{355 \cdot 10} \cdot 139,7 = 89,28 \text{ mm}$$

diagonála 1

$$N_{Rd,1} = \frac{f_{y1} t_1 (2d_1 - 4t_1 + d_1 + d_{eff})}{\gamma_{M5}} \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{355 \cdot 10 (2 \cdot 139,7 - 4 \cdot 10 + 139,7 + 89,28)}{1,0} \cdot \frac{\pi}{4} = 1305,9 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{N_{Rd,1}} = \frac{638,18}{1305,9} = 0,49 \leq 1,0 - \text{ VYHOVUJE}$$



diagonála 2

$$\frac{N_{Ed,2}}{N_{Rd,1}} = \frac{323,27}{1305,9} = 0,25 \leq 1,0 - \text{VYHOVUJE}$$

Odolnost proti prolomení smykem:

$$b_{e,p} = \frac{10}{d_0/t_0} \cdot d_1 = \frac{10}{244,5/12,5} \cdot 139,7 = 71,42 \text{ mm}$$

pro $\theta_1 = 29^\circ$

$$N_{Rd,1} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin \theta_1} \left(\frac{2d_1}{\sin \theta_1} + d_1 + b_{e,p} \right) \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{\gamma_{M5}}$$

$$N_{Rd,1} = \frac{355 \cdot 12,5}{\sqrt{3} \sin 29^\circ} \left(\frac{2 \cdot 139,7}{\sin 29^\circ} + 139,7 + 71,42 \right) \frac{\pi}{4} = 3268,2 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{N_{Rd,1}} = \frac{638,18}{3268,2} = 0,20 \leq 1,0 - \text{VYHOVUJE}$$

pro $\theta_2 = 61^\circ$

$$N_{Rd,2} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin \theta_2} \left(\frac{2d_1}{\sin \theta_2} + d_1 + b_{e,p} \right) \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{\gamma_{M5}}$$

$$N_{Rd,2} = \frac{355 \cdot 12,5}{\sqrt{3} \sin 61^\circ} \left(\frac{2 \cdot 139,7}{\sin 61^\circ} + 139,7 + 71,42 \right) \frac{\pi}{4} = 1220,7 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,2}}{N_{Rd,2}} = \frac{323,27}{1220,7} = 0,26 \leq 1,0 - \text{VYHOVUJE}$$

Návrh a posouzení svaru:

Návrh: $a_w = 6 \text{ mm}$

Diagonála 1 ($\theta_1 = 29^\circ$, $N_{Ed,1} = 638,18 \text{ kN}$)

$$l_w = \pi \cdot \sqrt{2a^2 + b^2}$$

$$a = \frac{d_1}{\sin \theta_1} = \frac{139,7}{\sin 29^\circ} = 288,2 \text{ mm}$$

$$b = d_1 = 139,7 \text{ mm}$$



$$l_w = \pi \sqrt{2 \cdot 288,2^2 + 139,7^2} = 1353,4 \text{ mm}$$

$$A_w = a_w \cdot l_w = 6 \cdot 1353,4 = 8120,2 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{638,18 \cdot 10^3}{8120,2} = 78,59 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{\sigma}{\cos \theta_1} = \frac{78,59}{\cos 29^\circ} = 89,86 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma}{\sin \theta_1} = \frac{78,59}{\sin 29^\circ} = 162,11 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{162,11^2 + 3(162,11^2 + 89,86^2)} = 359,64 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{0,8\gamma_{M2}} = \frac{490}{0,8 \cdot 1,25} = 490 \text{ MPa} - \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9f_u}{\gamma_{M2}} \Rightarrow 162,11 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 - \text{VYHOVUJE}$$

Diagonála 2 ($\theta_2 = 61^\circ$, $N_{Ed,2} = 323,27 \text{ kN}$) – pro úplnost

$$a = \frac{139,7}{\sin 61^\circ} = 159,7 \text{ mm}, b = 139,7 \text{ mm}$$

$$l_w = \pi \sqrt{2 \cdot 159,7^2 + 139,7^2} = 834,4 \text{ mm}$$

$$A_w = 6 \cdot 834,4 = 5006,4 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{323,27 \cdot 10^3}{5006,4} = 64,57 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{64,57}{\cos 61^\circ} = 133,19 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{64,57}{\sin 61^\circ} = 73,83 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 273,90 \text{ MPa} \leq 490 \text{ MPa} - \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9f_u}{\gamma_{M2}} \quad 146,8 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa} - \text{VYHOVUJE}$$



13. VÝKAZ MATERIÁLU

Výběr: Vše
Způsob třídění: Materiál

Souhrnný

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [mm ³]
Ocel	174703,40	2404,118	2,2255e+10
Celkem	174703,40	2404,118	2,2255e+10

Poznámka: Hodnota 'Povrch' představuje pro 1D dílce celkový vnější povrch, zatímco pro 2D dílce odpovídá ploše střednicové roviny.

Ocel (1D)

Materiál	Hustota [kg/m ³]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [mm ³]
S 355	7850,00	174703,40	2404,118	2,2255e+10
Celkem		174703,40	2404,118	2,2255e+10