

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Posouzení konstrukce vodojemu s administrativní vestavbou



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>František</u>	Jméno: <u>Nesnídal</u>	Osobní číslo: <u>424433</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Posouzení konstrukce vodojemu s administrativní vestavbou</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Water tank with inbuilt administrative platform structural design</u>	
Pokyny pro vypracování: Návrh konstrukce administrativní vestavby a posouzení konstrukce s využitím stávajících ocelových prvků vodojemu. Návrh řešení případného zesílení stávající konstrukce. Posouzení typických detailů, výkresová dokumentace (dispoziční a posouzené detaily), technická zpráva.	
Seznam doporučené literatury: Návrh bude proveden dle platných norem.	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Michal Jandera</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>15.2.2019</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>19.5.2019</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>15.2.2019</u>	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Posouzení konstrukce vodojemu s administrativní vestavbou** zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 19. 5. 2019

František Nesnídal

Poděkování:

Rád bych poděkoval doc. Ing. Michalovi Janderovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích při vypracování diplomové práce. Za poskytnutí dokumentace původního stavu konstrukce bych rád poděkoval Ing. Pavlu Korejčikovi. Za připomínky a praktické rady bych rád poděkoval Ing. Vladimíru Kasovi. Své rodině bych rád poděkoval za podporu během studia a během vypracování této práce.

**POSOUZENÍ KONSTRUKCE VODOJEMU S
ADMINISTRATIVNÍ VESTAVBOU**

**WATER TANK WITH INBUILD ADMINISTRATIVE
PLATFORM STRUCTURAL DESIGN**

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je návrh ocelové konstrukce administrativní vestavby a posouzení konstrukce s využitím stávajících ocelových prvků vodojemu a návrh řešení jejich případného zesílení. Posouzení typických detailů, výkresová dokumentace (dispoziční a posouzené detaily) a technická zpráva jsou rovněž součástí zadání.

Klíčová slova:

Ocelové konstrukce, vodojem, detaily ocelových konstrukcí, administrativní vestavba

Summary

The subject of this master thesis is design of a steel administrative inbuild structure and verification of the existing structural members of the water tower including design of their eventual reinforcement. Design of typical details, drawing documentation (dispositional and details) and technical report are part of the project.

Key words:

Steel structures, water tank, steel structure details, administrative inbuild

1 Obsah

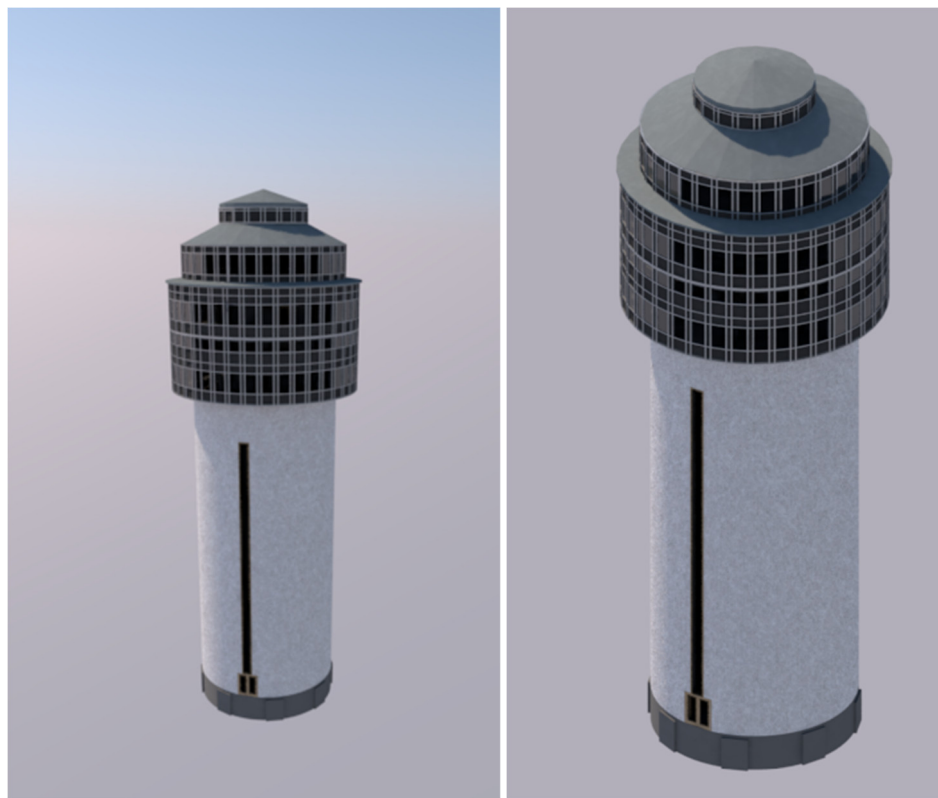
1	Obsah	2
2	Úvod	1
2.1	Schémata dispozic	2
3	Technická zpráva	6
3.1	Popis konstrukce.....	6
3.2	Popis nosné konstrukce	6
3.3	Údaje o zatížení	6
3.4	Použité materiály	7
3.5	Použité normy.....	7
3.6	Výroba ocelové konstrukce	7
3.7	Montáž ocelové konstrukce	7
3.8	Ochrana proti korozi.....	8
3.9	Ochrana proti požáru	8
4	Zatížení	8
4.1	Sněhem podle ČSN EN 1991-1-3.....	8
4.1.1	Horní část střechy	9
4.1.2	Spodní část střechy	9
4.2	Větretem podle ČSN EN 1991-1-4.....	10
4.2.1	Zděný plášť vodojemu.....	11
4.2.2	Lehký obvodový plášť v horní části	18
4.2.3	Zatížení střechy	23
4.3	Uvažované skladby konstrukcí	25
4.3.1	Vnitřní jádro	25
4.3.2	Střecha	25
4.3.3	LOP	25
4.3.4	Podlahy	26
4.4	Zatížení výtahem	26
4.5	Zatížení technologií v šachtě jádra	26
5	Statický výpočet.....	26
5.1	Charakteristický ocelobetonový strop	26
5.1.1	Trapézový plech	27
5.2	Technické podlaží.....	28
5.2.1	Vnější nosník.....	28
5.2.2	Vnitřní nosník.....	29

5.3	Dispečink.....	30
5.3.1	Vnější nosník.....	30
5.3.2	Vnitřní nosník.....	31
5.3.3	Konzoly	33
5.3.4	Připojení nosníků na hlavní sloup (Dispečink).....	34
5.3.5	Přípoj konzoly a sloupu (Dispečink).....	36
5.4	Vyhlídkové foyer.....	41
5.4.1	Vnější nosník.....	41
5.4.2	Vnitřní nosník.....	42
5.4.3	Konzoly	43
5.5	Jednací prostor.....	44
5.5.1	Vnější nosník.....	45
5.5.2	Vnitřní nosník.....	46
5.6	Charakteristický přípoj patrových nosníků.....	48
5.7	Schodiště.....	50
5.7.1	Hlavní schodiště mezi vstupním lobby s expozicí a technickým patrem	50
5.7.2	Schodiště mezi vyhlídkovým foyer a jednacím prostorem.....	56
5.8	Vnější diagonály	64
5.8.1	Spodní vnější diagonála.....	64
5.8.2	Spodní vodorovný nosník napojený na diagonálu.....	68
5.8.3	Přípoj vnějších diagonál z L průřezů.....	68
5.8.4	Napojení vodorovných členěných prutů na hlavní sloup	72
5.9	Jádro	74
5.9.1	Příčel pro technickou šachtu.....	74
5.9.2	Vnější příčel – v prostoru pater	75
5.9.3	Vnitřní příčel	76
5.9.4	Sloup.....	77
5.9.5	Spodní diagonála	78
5.9.6	Patka sloupu jádra	79
5.9.7	Jádro – napojení diagonál.....	80
5.9.8	Jádro – napojení diagonál na sloup v patě.....	82
5.10	Prstenc.....	84
5.10.1	Vnější profil prstence	84
5.10.2	Vnitřní profil prstence	85
5.10.3	Spoj vnitřní a vnější části prstence	86
5.10.4	Napojení vnitřních prutů prstence	91
5.10.5	Konzola prstence	93
5.10.6	Napojení prstence na konzolu	96

5.11	Střecha	98
5.11.1	Vodorovné nosníky	99
5.11.2	Šikmý nosník střechy	106
5.11.3	Horní vodorovný nosník.....	112
5.11.4	Diagonály střechy.....	112
5.11.5	Napojení hlavní sloup – střešní nosník.....	114
5.11.6	Napojení ve vrcholu	117
5.11.7	Napojení horní vodorovná část.....	118
5.11.8	Napojení diagonál na nosníky	120
5.11.9	Napojení vodorovných nosníků na hlavní nosník střechy.....	121
5.12	Hlavní sloupy.....	123
5.12.1	Horní šikmá část vnějšího sloupu.....	123
5.12.2	Spodní sloup.....	126
5.12.3	MSP.....	130
5.12.4	Hlavní sloup patka.....	131
6	Závěr	133
7	Použitý software	133
8	Odkazovaná literatura	133
9	Seznam příloh	134
9.1	Příloha A – vnitřní síly	134
9.1.1	Střecha.....	134
9.1.2	Prstenec	143
9.1.3	Hlavní schodiště	147
9.1.4	Schodiště mezi vyhlídkovým foyer a jednacím prostorem.....	153
9.1.5	Jádro	158
9.1.6	Vnější sloupy.....	163
9.1.7	Vnější diagonály.....	166
9.1.8	Technické podlaží.....	167
9.1.9	Dispečink.....	169
9.1.10	Vyhlídkové foyer.....	173
9.1.11	Jednací prostor	177
9.2	Příloha B – příloha statického výpočtu.....	180
9.2.1	Posouzení základové patky jádra.....	180
9.2.2	Kotvení hlavní sloup	184
9.2.3	Kotvení patky jádra	187
9.2.4	Model Dlubal RSTAB.....	190
9.3	Trapézový plech	192
9.3.1	Zatížení FIN EC	193

2 Úvod

Posouzena bude část stávající konstrukce vodojemu a nově navržená část konstrukce pro změněné využití – administrativní budovy. Při volbě geometrie konstrukce bylo vycházeno z vytvořených schémat půdorysů a řezu, které byly vytvořeny na základně původní studie objektu pro změněné využití a výkresové dokumentace stávajícího stavu vodojemu.



Obrázek 1 Vizualizace objektu

Pokud původní prvky, které jsem uvažovány i pro nové využití, vyhoví, budou zachovány. V opačném případě by bylo přistoupeno k návrhu zesílení příslušných konstrukcí nebo k vhodné změně statického působení nevyhovující konstrukce.

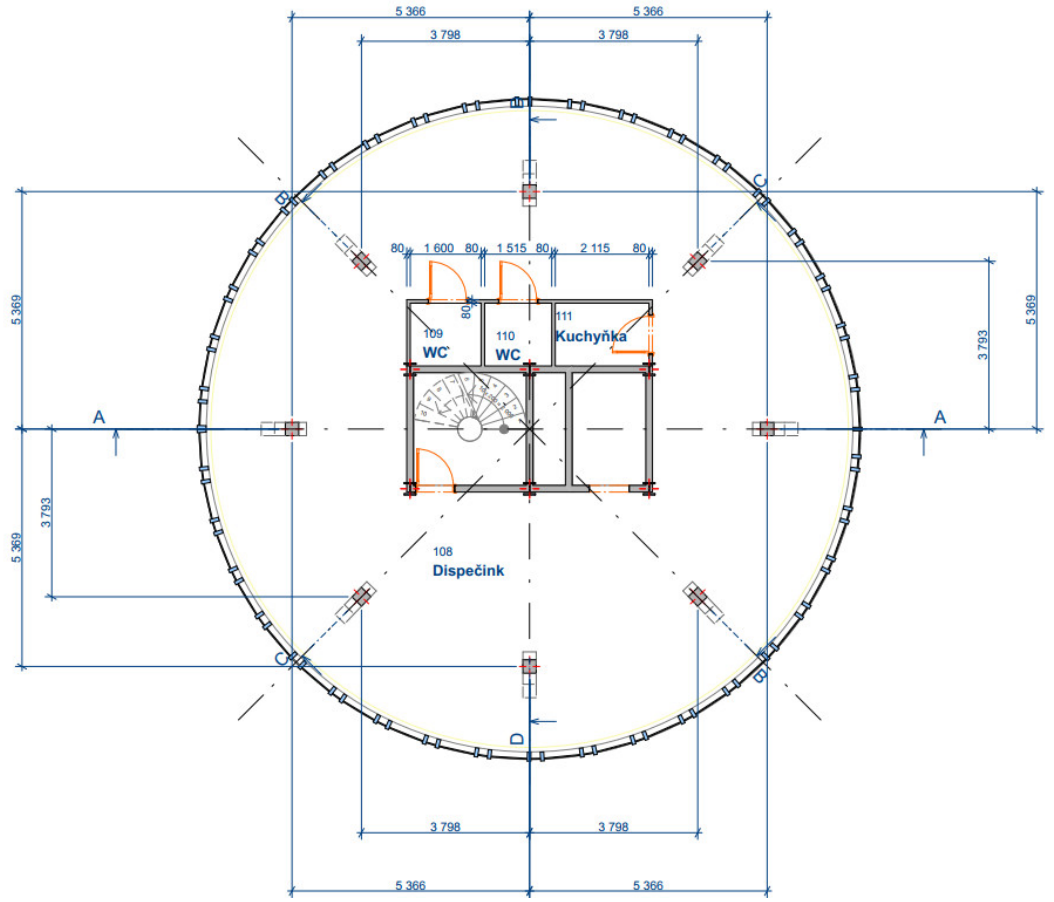


Schéma 3 Dispečink

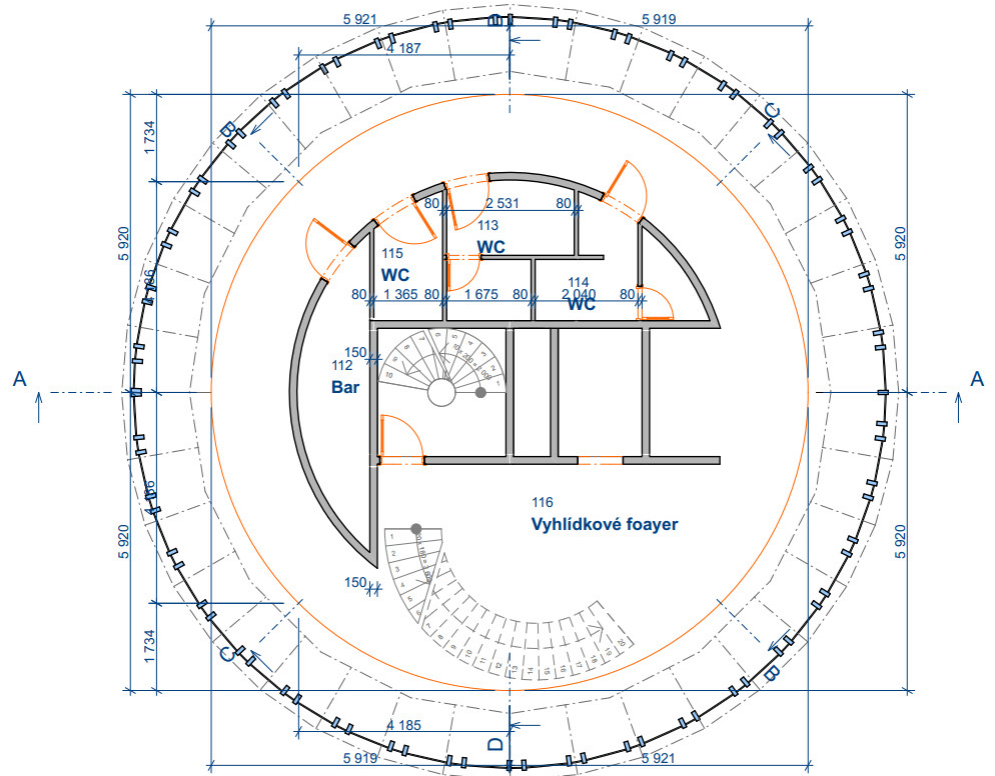


Schéma 4 Vyhlídkové foyer

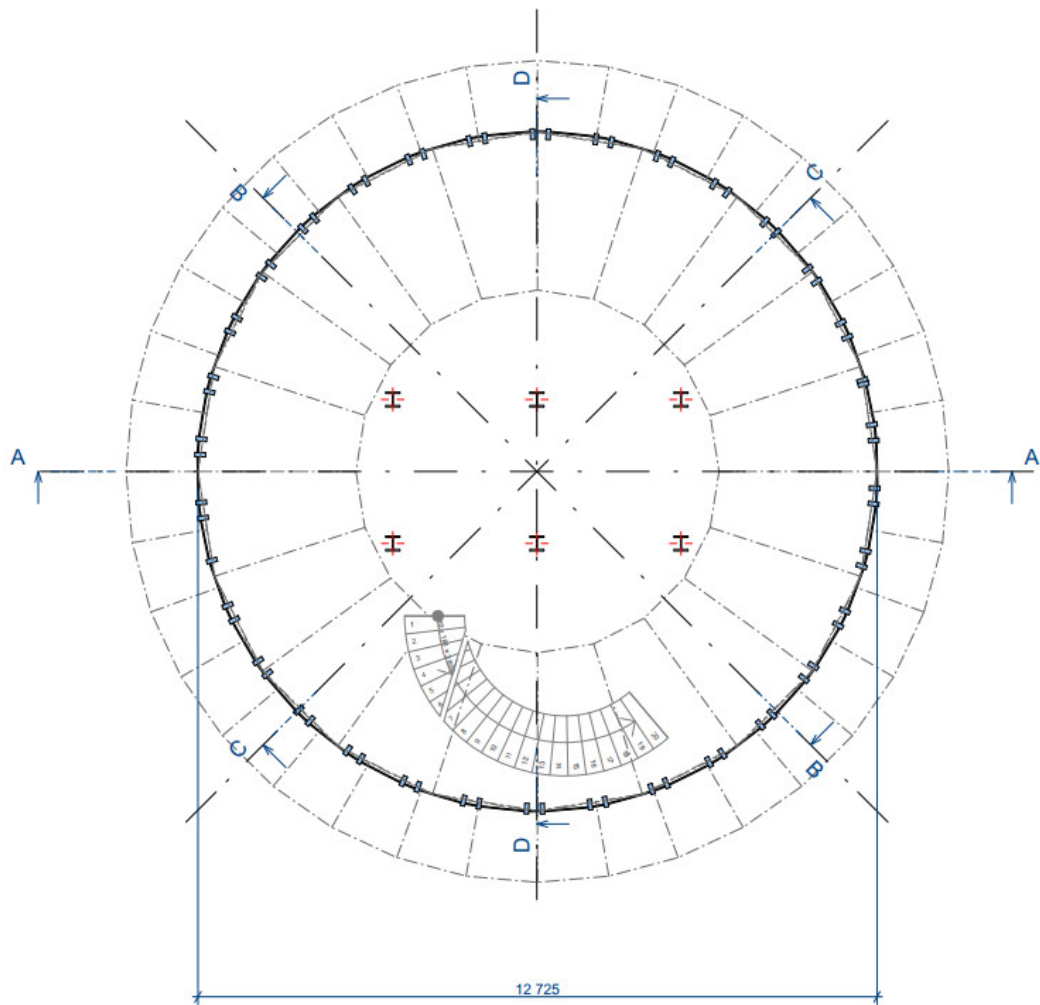


Schéma 5 Jednací prostor

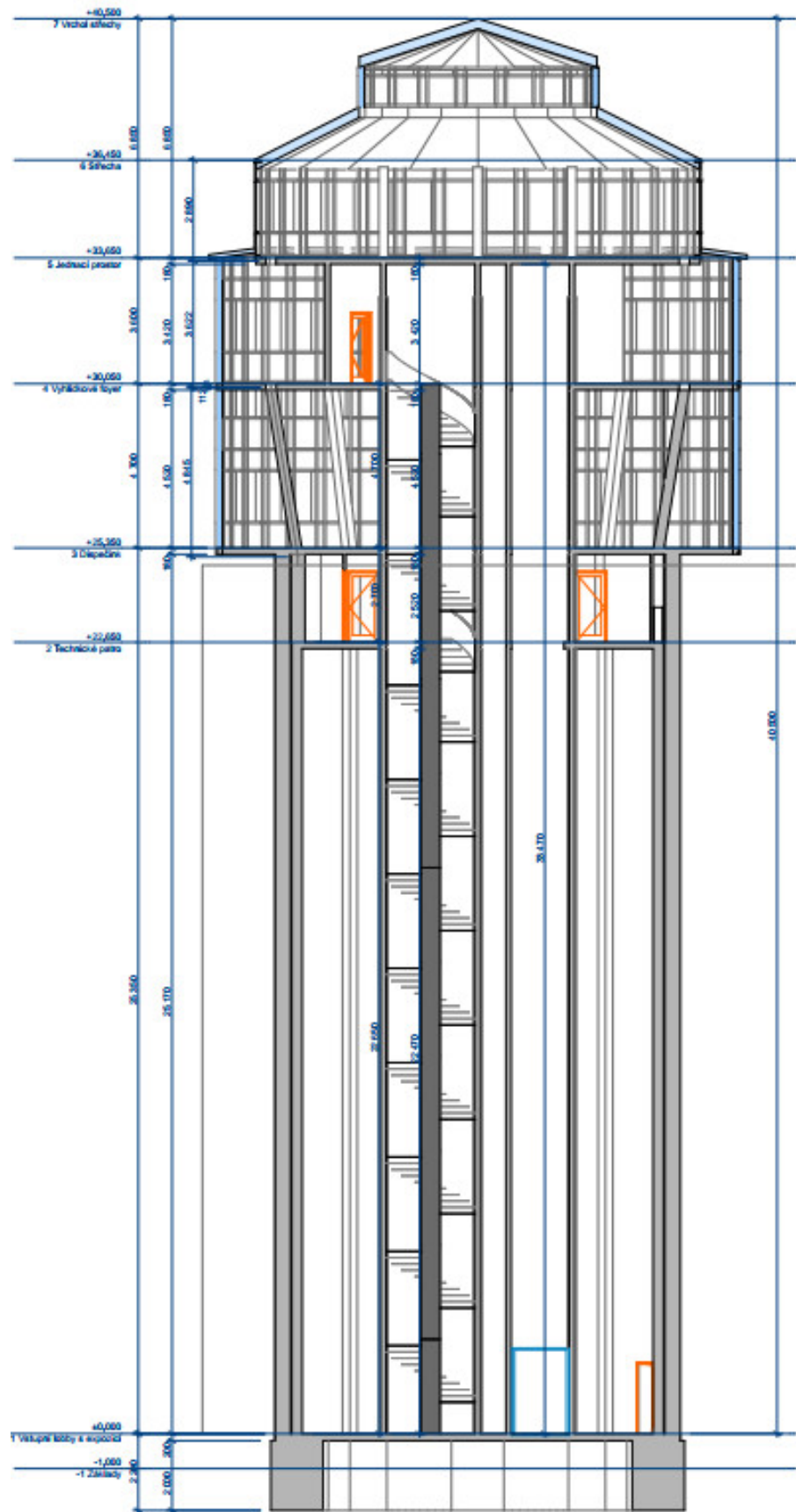


Schéma 6 Řez

3 Technická zpráva

3.1 Popis konstrukce

Konstrukce se nachází na Kladně – Rozdělově. Původní konstrukce byla postavena roku 1933. Jde o první vodojem v republice, který je proveden kompletně z oceli a obezděn cihelným zdívem.

Původní konstrukce měla na svém vrcholu vodní nádrž o objemu 800 m³.

Ocelová konstrukce je vysoká 41,476 m a zděné opláštění je do výšky 24,687 m.

Navržena byla přestavba stávající konstrukce pro administrativní využití. Vnější obvodová konstrukce je do výšky zděného pláště tvořena stávající konstrukcí a následně doplněna novou konstrukcí. V případě sloupů shodného tvaru i průřezu.

Vnitřní část konstrukce je provedena nově. Provedeno je jádro z ocelové konstrukce, ve kterém se nachází vertikální komunikace v podobě schodiště, výtahu a technologie.

V přízemí se nachází vstupní lobby s expozicí, z kterého je přístup do vyšších pater. Následuje technické podlaží, dispečink, vyhlídkové foyer a jednací prostor.

Zastropení je provedeno z ocelobetonových stropů s trapézovými plechy.

Konstrukce střechy je provedena jako nová konstrukce, ctící tvar a profily původní ocelové střechy.

3.2 Popis nosné konstrukce

Veškerá zatížení působící na střešní konstrukci jsou přenášena obvodovými sloupy do základů. Dále jsou na sloupy připojené konzolové nosníky nesoucí prstenec, na který je zavěšený obvodový plášť.

Nosníky jednacího prostoru, které nesou zatížení stropní konstrukcí přenášejí zatížení dále do konstrukce vnitřního jádra a obvodových sloupů.

V prostoru vyhlídkového foyer se nacházejí nosníky a konzoly nesoucí stropní konstrukci. Konzoly zde nesou i obvodový plášť. Nosníky jsou připojeny na vnější sloupy a vnitřní jádro. Konzoly jsou připojeny k vnějším sloupům.

V prostoru dispečinku dochází ke shodnému přenosu sil, jako ve vyhlídkovém foyer. Jen konzoly zde nejsou zatíženy obvodovým pláštěm.

Technické podlaží je tvořeno nosníky, nesoucími stropní konstrukci. Nosníky jsou napojeny na vnitřní jádro a na obvodové sloupy.

Vnitřní jádro přenáší svislá a vodorovná zatížení ze střechy, jednotlivých podlaží, technologie, vertikálních komunikací (výtah, schodiště) do základových patek. Jádro je tvořeno sloupy, nosníky a diagonálami.

Vnější obvodová konstrukce tvořená sloupy a diagonálami z členěných prutů přenáší vodorovná a svislá zatížení připojených konstrukcí, ale také vodorovné zatížení větrem na zděný plášť. Uvažováno je, že se zatížení větrem ze zděného pláště přenesou na ocelovou konstrukci. Obvodový zděný plášť je samonosný a přenáší vlastní tíhu. Sloupy přenášejí zatížení do původní základové konstrukce, tvořené betonovými patkami.

3.3 Údaje o zatížení

Zatížení sněhem je uvažováno dle příslušné normy. Objekt se nachází ve sněhové oblasti I. Charakteristická hodnota zatížení sněhem je tedy 0,7 kN/m². Výpočet viz příslušná část statického výpočtu.

Zatížení větrem bylo zvlášť určeno pro vnější obvodový plášť, a to jak pro lokální i globální účinky větru. Zvlášť bylo určeno zatížení pro lehký obvodový plášť, kde bylo uvažováno s lokálními účinky. Zatížení větrem bylo pro střechu stanoveno aplikací normových postupů pro uvažovaný tvar střechy. Objekt se nachází ve větrné oblasti II a kategorii terénu II. Výchozí základní rychlost větru je tedy uvažována 25 m/s. Stanovení hodnot viz statický výpočet.

Užitné zatížení bylo uvažováno jako kategorie B – Kancelářské plochy – stropní konstrukce (2,5 kN/m²) a jako přemístitelné příčky s vlastní tíhou ≤ 1,0 kN/m (0,5 kN/m²).

3.4 Použité materiály

Vlastnosti stávající konstrukce, které nebylo možné určit, byly s ohledem na bezpečnost výpočtu zvoleny.

Stávající konstrukce jsou provedeny z oceli S275. Vlastnosti šroubových spojů nebylo možné spolehlivě určit, a tak byly stávající spoje uvažovány jako 4.6. Beton stávajících patek je uvažován C20/25.

Nové konstrukce jsou navrženy z oceli S235 a použity jsou čepy a šrouby 8.8. Trapézové plechy ocelobetonové stropní desky jsou z oceli S320GD. Beton pro základové patky C20/25. Kotvení je v obou případech uvažováno chemickými kotvami Rawplug 8.8.

3.5 Použité normy

ČSN ISO 12944

ČSN EN 1090 Normy na provádění

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN EN 1994 Navrhování spřažených konstrukcí

ČSN EN 22553 Svarové a pájené spoje – Označování na výkresech

ČSN 01 3483 Výkresy kovových konstrukcí

3.6 Výroba ocelové konstrukce

Prsteneц nesoucí obvodový plášť je rozdělen na 8 segmentů (dílců), které budou dílensky vyrobeny.

Třída následků – CC2: Střední následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo značné následky ekonomické, sociální nebo pro životní prostředí.

Kategorie použitelnosti – SC1: Konstrukce a komponenty navržené jen pro kvazistatické zatížení.

Výrobní kategorie – PC1: Nesvařované dílce vyrobené z výrobků jakékoliv pevnostní třídy oceli. Svařované dílce vyrobené z výrobků oceli nižší pevnostní třídy než S355.

Třída provedení: EXC2

3.7 Montáž ocelové konstrukce

Nejprve bude provedena demontáž původních prvků, které nebudou dále využity (od zděného pláště výše, konstrukce ve vnitřní části, kde bude následně zbudováno nové vnitřní jádro).

Montáž začne sestavením vnitřního jádra, na které bude následně napojeno technické podlaží. Následně dojde k provedení nové části vnějších sloupů a montáži nosníků v prostoru dispečinku. Ve stejném pořadí bude montáž provedena i pro následující patra. Po montáži

jednotlivých pater bude osazena konstrukce střechy, která bude na stavbu dopravena jako celek a následně bude za pomoci jeřábu osazena na vrchol vnějších sloupů, kde bude proveden čepový přípoj. Po osazení střešní konstrukce budou k vnějším sloupům připojeny konzoly nesoucí obvodový prstence, jehož segmenty budou dílensky zhotovené dopravené na stavbu, osazené pomocí jeřábu na konzoly a napojeny šroubovými přípoji.

3.8 Ochrana proti korozi

Všechny ocelové konstrukce jsou zabudovány v interiéru budovy, kde není agresivní ani vlhké prostředí.

Protikorozi ochrana navržena v souladu s ČSN ISO 12944 (1998)

- Stupeň korozní agresivity: C2 – nízká (prostory s občasnou kondenzací)
- Předpokládaná životnost: Vysoká (H) – více než 15 let
- Příprava povrchu: Sa 21/2 – Otryskávání – odstranění okují, rzi, nátěrů a cizích látek
- Zvolený nátěrový systém: ISO 12944-5/A2.02.
- Požadovaná tloušťka suchého povlaku vrchního nátěru: 120 μm

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

3.9 Ochrana proti požáru

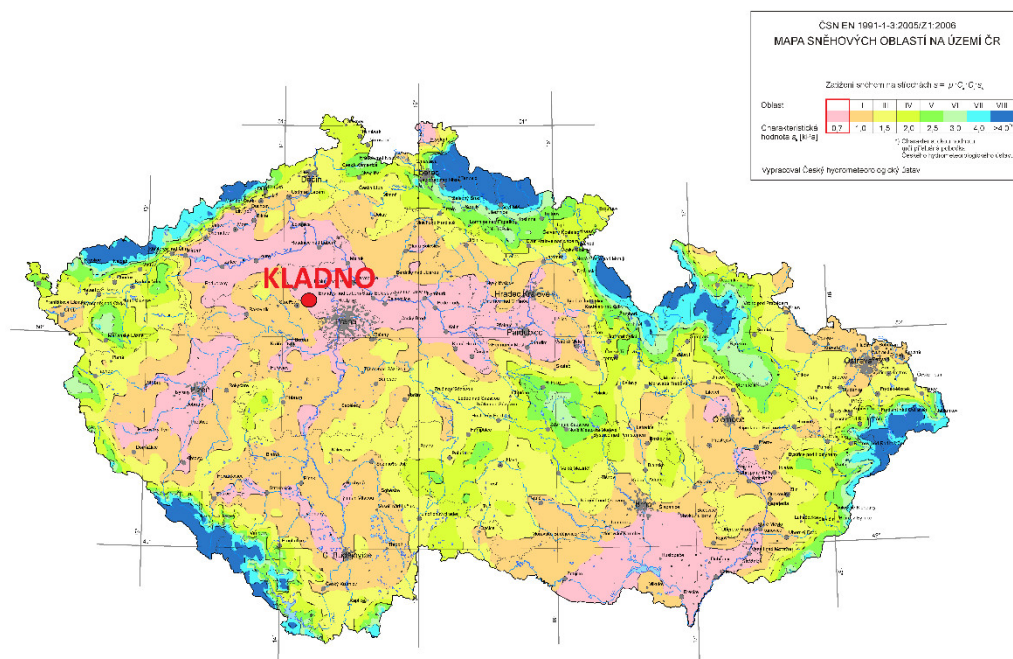
Dodatečně je nutné konstrukci posoudit na účinky požáru. Posouzení nebylo součástí zadání.

4 Zatížení

4.1 Sněhem podle ČSN EN 1991-1-3

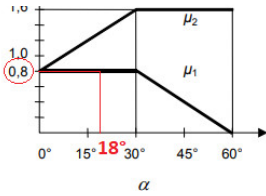
Lokalita je na mapě sněhových oblastí vyznačena červeným bodem. Geometrie střechy je uvažována jako sedlová. Horní část střechy má sklon 18° a spodní část 27°.

Lokalita: Kladno



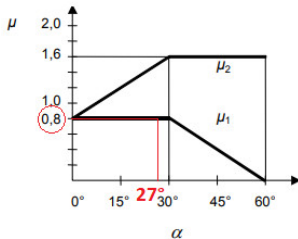
Sněhová oblast (KLADNO): I

Tvarový součinitel zatížení sněhem – sklon střechy 18°



Obrázek 2 Tvarový součinitel zatížení sněhem, [6] obr. 5.1

Tvarový součinitel zatížení sněhem – sklon střechy 27°



Obrázek 3 Tvarový součinitel zatížení sněhem, [6] obr. 5.1

Charakteristická hodnota zatížení sněhem: $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

4.1.1 Horní část střechy

Sklon střechy 18°

Součinitel tvaru: $\mu_1 = 0,8$ – pro sedlové střechy $0^\circ < \alpha < 30^\circ$

Součinitel expozice: $C_e = 1,0$ – typ krajiny – normální

Tepelný součinitel: $C_t = 1,0$ – nedochází k odtávání sněhu

Zatížení sněhem na střechu:

Nenavátý

$$s_k = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Navátý

$$s_k = (0,5 \cdot \mu_1) \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = (0,5 \cdot 0,8) \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,28 \text{ kN/m}^2$$

4.1.2 Spodní část střechy

Sklon střechy 27°

Délka návěje: $l_s = 2 \cdot h_1 = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ m}$

$$\mu_1 = 0,8$$

Objemová tíha sněhu $\gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3$

Tvarový součinitel zatížení v důsledku sesuvu sněhu z horní střechy:

$$\mu_s = 0,8 \cdot b_{1,s} / l_s = 0,8 \cdot 2,5 / 2,4 = 0,83$$

Tvarový součinitel v důsledku navátí sněhu:

$$\mu_w = (b_1 + b_2) / (2h_1) \leq \gamma \cdot h_1 / s_k$$

$$\mu_w = \frac{(b_1 + b_2)}{(2h_1)} = \frac{(5 + 4,296)}{(2 \cdot 1,2)} = 3,873 \leq \gamma \cdot \frac{h_1}{s_k} = 2 \cdot \frac{1,2}{0,7} = 3,429 \leq 2,00$$

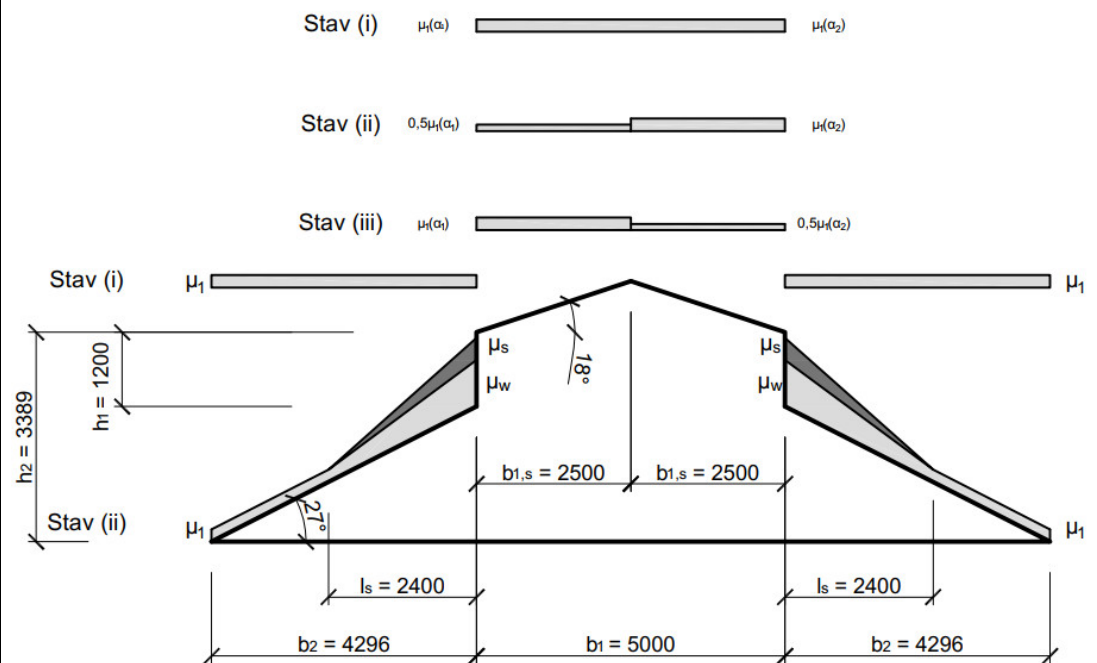


Schéma 7 Tvarové součinitele zatížení sněhem

Zatížení sněhem na střechu:

Nenavátý

$$s_k = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Navátý

$$s_k = \mu_w \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ kN/m}^2$$

Sesunutý

$$s_k = \mu_s \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

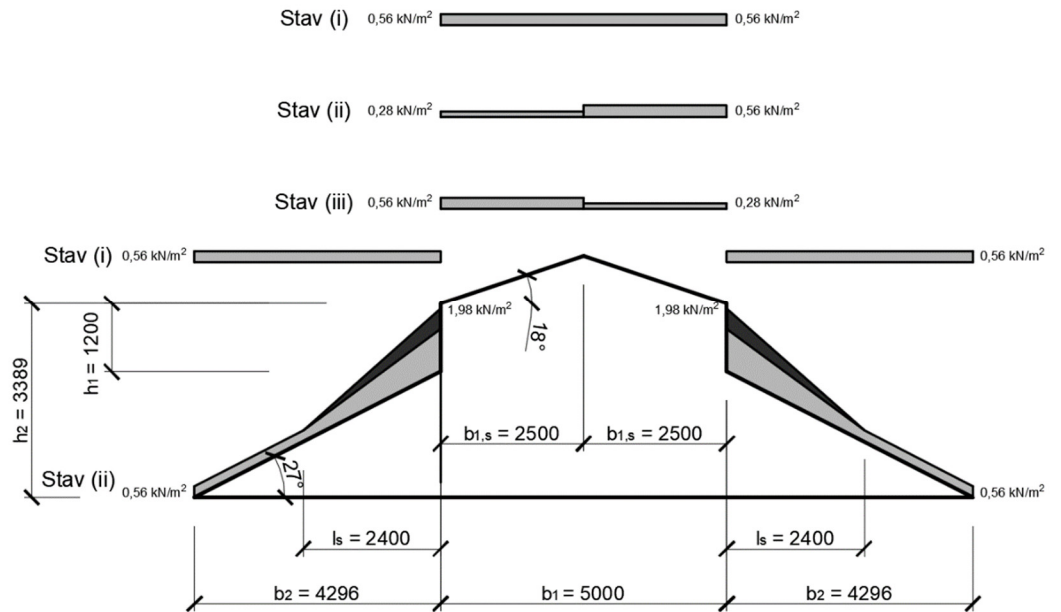
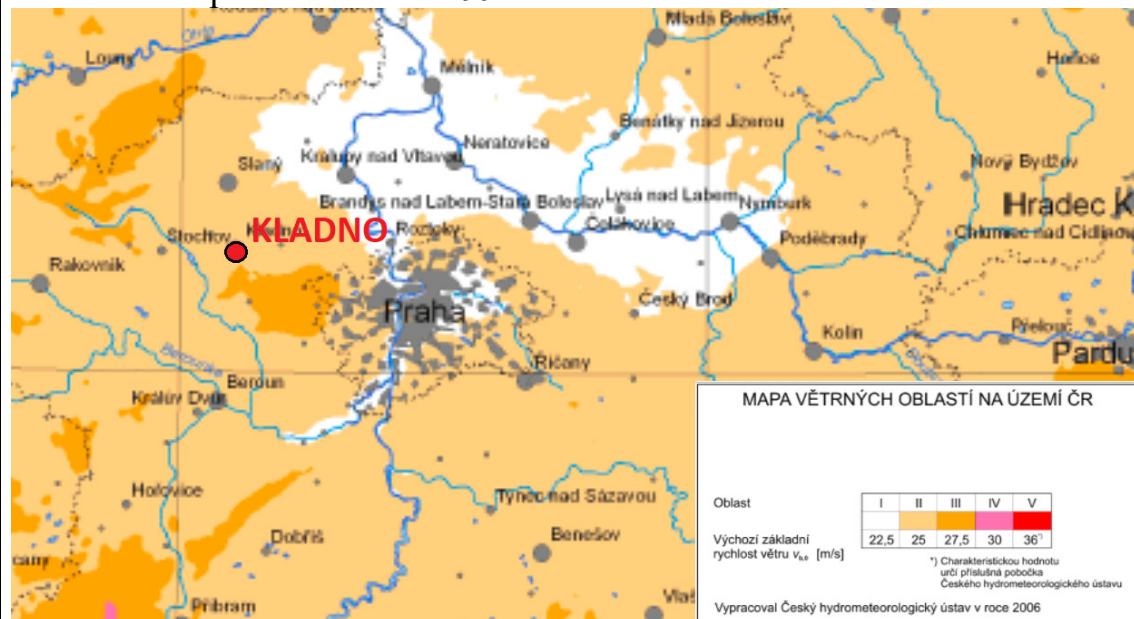


Schéma 8 Zatížení sněhem na střechu

4.2 Větrek podle ČSN EN 1991-1-4



Větrná oblast (Kladno): II

$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

Kategorie terénu: II

$z_0 = 0,3 \text{ m}; z_{\min} = 5 \text{ m}$

Součinitel směru větru: $c_{dir} = 1,0$

Součinitel ročního období: $c_{season} = 1,0$

Součinitel pravděpodobnosti: $c_{prob} = 1,0$

Základní rychlost větru:

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

4.2.1 Zděný plášť vodojemu

Zděný plášť vodojemu je uvažován, jako spolupůsobící s ocelovou konstrukcí, co se přenosu sil větrem na ocelovou konstrukci týče.

Vypočten bude globální účinek větru na dřík věže. Globální síla bude následně rozdělena do příslušných uzlů podle směru působení větru.

4.2.1.1 Lokální účinky

Střední rychlost větru:

$$v_m(z_e) = v_b \cdot c_0(z_e) \cdot c_r(z_e)$$

$c_0(z_e)$ – součinitel orografie pro referenční výšku z_e – uvažováno 1,0

$c_r(z_e)$ – součinitel drsnosti terénu pro referenční výšku z_e

Součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) \text{ pro } z_{\min} \leq z_e \leq 200 \text{ m;}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{-0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{-0,07} = 0,168$$

$$c_r(24,595) = 0,168 \cdot \ln\left(\frac{24,595}{0,3}\right) = 0,74$$

$$v_m(24,595) = 25 \cdot 1,0 \cdot 0,74 = 18,5 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence větru:

$$I_v(z_e) = \frac{c_{fl}}{7 \cdot c_r(z_e) \cdot c_0(z_e)}$$

c_{fl} – pomocný součinitel flukтуаční složky tlaku

	Kategorie terénu			
	I	II	III	IV
c_{fl}	1,188	1,330	1,508	1,640

Tabulka 1 Pomocný součinitel flukтуаční složky tlaku, [1] Tab 4.3

$$c_{fl} = 1,330$$

$$I_v(24,595) = \frac{1,330}{7 \cdot 0,74 \cdot 1,0} = 0,257 \text{ (resp. 25,7 \%)}$$

Maximální dynamický tlak pro součinitel orografie $c_0(z_e) = 1,0$:

$$q_p(z_e) = q_b \cdot c_e(z_e)$$

q_b – základní dynamický tlak větru $q_b = 0,391 \text{ kN/m}^2$

$c_e(z_e)$ – součinitel expozice ve výšce z_e $c_e(z_e) = 2,965$

z [m]	Kategorie terénu			
	I	II	III	IV
1	1,540	1,423	1,281	1,176
2	1,878	1,423	1,281	1,176
5	2,367	1,929	1,281	1,176
10	2,769	2,352	1,709	1,176
15	3,016	2,616	1,980	1,444
20	3,198	2,810	2,182	1,644
25	3,342	2,965	2,344	1,806
30	3,462	3,094	2,479	1,943
40	3,655	3,302	2,700	2,165
50	3,809	3,468	2,876	2,344
60	3,936	3,606	3,023	2,494
80	4,140	3,829	3,262	2,739
100	4,302	4,006	3,452	2,935
120	4,437	4,154	3,611	3,099
140	4,552	4,280	3,748	3,240
160	4,653	4,391	3,868	3,365
180	4,743	4,490	3,976	3,477
200	4,824	4,579	4,073	3,578

Tabulka 2 Součinitel expozice $c_e(z_e)$, [1] Tab 4.2

$$c_e(z_e) = 2,965$$

$$q_p(24,595) = 0,391 \cdot 2,965 = 1,159 \text{ kN/m}^2$$

4.2.1.1.1 Válc s kruhovým průřezem

Součinitele vnějších tlaků závisejí na Reynoldsových číslech Re :

$$Re = \frac{b \cdot v(z_e)}{\nu} = \frac{11,61 \cdot 25}{15 \cdot 10^{-6}} = 19350000 = 1,915 \cdot 10^7$$

b – průměr $b = 11,61$ m (zděná část)

ν – kinematická viskozita vzduchu – $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$

$v(z_e)$ – maximální rychlost větru ve výšce z_e – $v(z_e) = \sqrt{2 \cdot q_p / \rho} = \sqrt{2 \cdot 1159 / 1,25} = 43,06 \text{ m/s}$

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

Součinitele vnějšího tlaku c_{pe} pro kruhová válce:

$$c_{pe} = c_{p,0} \cdot \psi_{\lambda\alpha}$$

$c_{p,0}$ – součinitel vnějšího tlaku bez vlivu proudění kolem volných konců

$\psi_{\lambda\alpha}$ – součinitel koncového efektu pro úhel α definován výrazem:

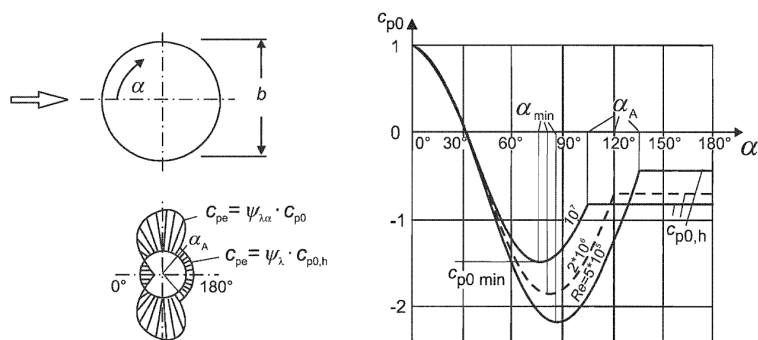
$$\psi_{\lambda\alpha} = 1 \quad \text{pro } 0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{\min}$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda + (1 - \psi_\lambda) \cdot \left(\frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{\alpha - \alpha_{\min}}{\alpha_A - \alpha_{\min}} \right) \right) \quad \text{pro } \alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_A$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda \quad \text{pro } \alpha_A \leq \alpha \leq 180^\circ$$

kde úhel α udává polohu bodu oddělení proudu od válce

ψ_λ – součinitel koncového efektu



Obrázek 4 Rozdělení tlaku pro válce s kruhovým průřezem, pro různé rozsahy Reynoldsova čísla a bez vlivu proudění kolem volných konců, ČSN EN 1991-1-4 Obrázek 7.27

Re	α_{\min}	$c_{p0,\min}$	α_A	$c_{p0,h}$
$5 \cdot 10^5$	85	-2,2	135	-0,4
$2 \cdot 10^6$	80	-1,9	120	-0,7
10^7	75	-1,5	105	-0,8

kde α_{\min} je místo minimálního tlaku ve [°];
 $c_{p0,\min}$ hodnota součinitele minimálního tlaku;
 α_A poloha bodu oddělení proudu ve [°];
 $c_{p0,h}$ součinitel tlaku na závětrné straně válce.

Obrázek 5 Typické hodnoty pro rozdělení tlaku na kruhových válcích pro různé hodnoty Reynoldsova čísla bez vlivu proudění kolem volných konců, ČSN EN 1991-1-4 Tabulka 7.12

$$\alpha_{\min} = 75^\circ$$

$$\alpha_A = 105^\circ$$

Součinitel koncového efektu ψ_λ :

$$\text{Součinitel plnosti: } \phi = \frac{A}{A_c} = 1$$

A – součet průmětů ploch prvku

$$A = b \cdot l = 11,61 \cdot 24,595 = 285,548 \text{ m}^2$$

A_c – celková plocha obálky

$$A_c = b \cdot l = 11,61 \cdot 24,595 = 285,548 \text{ m}^2$$

Efektivní štíhlost λ :

Pro válce s kruhovým průřezem:

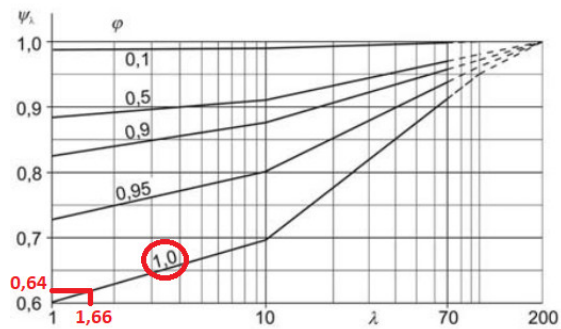
pro $l \geq 50$ m, menší z hodnot $\lambda = 0,7 l/b$ nebo $\lambda = 70$

$$\lambda = 0,7 \cdot \frac{24,595}{11,61} = 1,483$$

pro $l < 15$ m, menší z hodnot $\lambda = l/b$ nebo $\lambda = 70$

$$\lambda = \frac{24,595}{11,61} = 2,118$$

Interpolace hodnoty pro $l = 40,500$ m - $\lambda = 1,66$

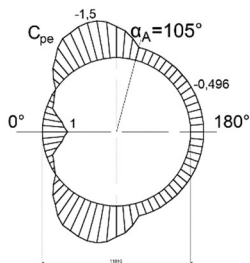


Obrázek 6 Směrné hodnoty součinitele koncového efektu jako funkce součinitele plnosti v závislosti na štíhlosti, ČSN EN 1991-1-4 Obrázek 7.36

$$\psi_{\lambda} = 0,64$$

α	$C_{p0,min}$	$C_{p0,h}$	$\psi_{\lambda\alpha}$	ψ_{λ}	C_{pe}
0	1	1	1	0,64	1
5	0,85		1	0,64	0,85
10	0,75		1	0,64	0,75
15	0,5		1	0,64	0,5
20	0,25		1	0,64	0,25
25	0,2		1	0,64	0,2
30	0,1		1	0,64	0,1
35	0		1	0,64	0
40	-0,3		1	0,64	-0,3
45	-0,6		1	0,64	-0,6
50	-0,8		1	0,64	-0,8
55	-1,1		1	0,64	-1,1
60	-1,3		1	0,64	-1,3
65	-1,35		1	0,64	-1,35
70	-1,45		1	0,64	-1,45
75	-1,5		1	0,64	-1,5
80	-1,51		0,99	0,64	-1,491
85	-1,48		0,95	0,64	-1,409
90	-1,35		0,89	0,64	-1,208
95	-1,3		0,82	0,64	-1,066
100	-1,1		0,73	0,64	-0,806
105	-0,8		0,64	0,64	-0,512
110	-0,8		0,64	0,64	-0,512
115	-0,8		0,62	0,64	-0,512
120	-0,8		0,62	0,64	-0,512
125	-0,8		0,62	0,64	-0,512
130	-0,8		0,62	0,64	-0,512
135	-0,8		0,62	0,64	-0,512
140	-0,8		0,62	0,64	-0,512
145	-0,8		0,62	0,64	-0,512
150	-0,8		0,62	0,64	-0,512
155	-0,8		0,62	0,64	-0,512
160	-0,8		0,62	0,64	-0,512
165	-0,8		0,62	0,64	-0,512
170	-0,8		0,62	0,64	-0,512
175	-0,8		0,62	0,64	-0,512
180	-0,8		0,62	0,64	-0,512

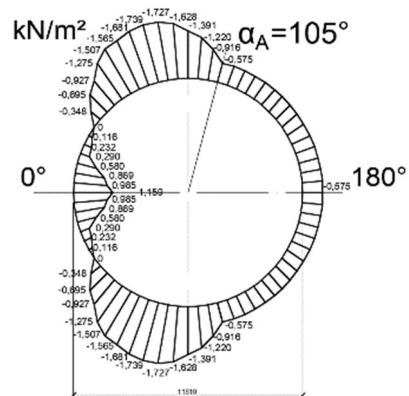
Tabulka 3 Součinitele vnějšího tlaku



Obrázek 7 Součinitele vnějšího tlaku

α [°]	$q_p(\alpha) \cdot C_{pe}$ [kN/m ²]
0	1,159
5	0,985
10	0,869
15	0,580
20	0,290
25	0,232
30	0,116
35	0,000
40	-0,348
45	-0,695
50	-0,927
55	-1,275
60	-1,507
65	-1,565
70	-1,681
75	-1,739
80	-1,729
85	-1,633
90	-1,400
95	-1,235
100	-0,935
105	-0,593
110	-0,593
115	-0,593
120	-0,593
125	-0,593
130	-0,593
135	-0,593
140	-0,593
145	-0,593
150	-0,593
155	-0,593
160	-0,593
165	-0,593
170	-0,593
175	-0,593
180	-0,593

Tabulka 4 Zatížení větrem [kN/m²]



Obrázek 8 Zatížení větrem [kN/m²]

Úhlové úseky jsou rozděleny na 4 části (využití symetrie). Hodnoty v těchto částech úhlů zprůměrovány a na model aplikovány jako konstantní zatížení.

Úseky		w [kN/m ²]
Návětrná část	1	0,32
	2	-1,49
Závětrná část	3	-0,70
	4	-0,59

Tabulka 5 Zatížení větrem - rozdělení do úseků

4.2.1.2 Globální účinky

Součinitele síly

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda$$

$c_{f,0}$ – součinitel síly pro válce bez vlivu proudění kolem volných konců

$$c_{f,0} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log(10 \cdot k/b)}{1 + 0,4 \cdot \log(Re/10^6)} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log(10 \cdot 3/11610)}{1 + 0,4 \cdot \log(1,915 \cdot 10^7/10^6)} = 0,892$$

$$\rightarrow c_f = 0,892 \cdot 0,64 = 0,571$$

Součinitel konstrukce – podle ČSN EN 1991-1-4; Příloha C

C.1 – Turbulence větru dle ČSN EN 1991-1-4; Příloha B.1

Měřítka délky turbulence:

$$L(z_s) = L_t \cdot \left(\frac{z}{z_t}\right)^\alpha \text{ pro } z = 40,5 \text{ m} \geq 5 \text{ m} = z_{\min}$$

$$L(40,5) = 300 \cdot \left(\frac{40,5}{300}\right)^{0,609} = 88,61$$

C.2 – Součinitel konstrukce

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s)} = \frac{1 + 2 \cdot 3,55 \cdot 0,257 \cdot \sqrt{1 + 0,0907}}{1 + 7 \cdot 0,257} = 1,038 \approx 1$$

B^2 – součinitel odezvy pozadí dle ČSN EN 1991-1-4; B.2:

$$B^2 = 1,0 \text{ na straně bezpečnosti}$$

k_p – součinitel maximální hodnoty:

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} = \sqrt{2 \cdot \ln(0,839 \cdot 600)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(0,839 \cdot 600)}} =$$

3,55

v – frekvence přechodů s kladnou směrnici

$$v = n_{1,x} \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} \geq 0,08 \text{ Hz}$$

$n_{1,x} = 2,85 \text{ Hz}$ viz příloha DLUBAL výstup DYNAM Pro

$$v = 2,85 \cdot \sqrt{\frac{0,0951}{1 + 0,0951}} = 0,839 \geq 0,08 \text{ Hz}$$

R^2 – rezonanční část odezvy beroucí v úvahu turbulenci v rezonanci s uvažovaným tvarem kmitání konstrukce podle ČSN EN 1991-1-4; (B.6):

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, n_{1,x}) \cdot R_h(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b) = \frac{\pi^2}{2 \cdot 0,0696} \cdot 0,0725 \cdot 0,0836 \cdot 0,211 = 0,0907$$

δ – celkový logaritmický dekrement útlumu

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d = 0,05 + 0,0196 + 0 = 0,0696$$

δ_s – logaritmický dekrement konstrukčního útlumu:

Pro ocelové pozemní stavby $\delta_s = 0,05$ F.4(Tabulka F.2)

k – ekvivalentní drsnost povrchu (ČSN EN 1991-1-4; Tabulka 7.13) pro cihelné stěny

$k = 3,0 \text{ mm}$

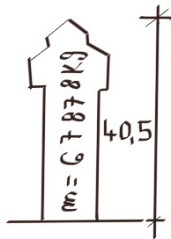
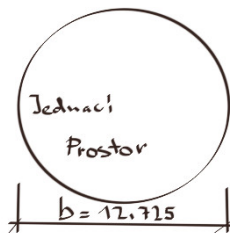
Referenční výška $z_t = 200 \text{ m}$

Referenční měřítko délky $L_t = 300 \text{ m}$

$$\alpha = 0,67 + 0,05 \cdot \ln(z_0) = 0,67 + 0,05 \ln(0,3) = 0,609$$

z_s – referenční výška pro stanovení součinitele konstrukce $z_s = h = 40,5 \text{ m}$

Doba integrace při stanovení střední rychlosti větru; $T = 600 \text{ s}$



δ_a – Logaritmický dekrement konstrukčního útlumu:

$$\delta_a = \frac{c_f \cdot \rho \cdot b \cdot v_m(z_s)}{2 \cdot n_1 \cdot m_e} = \frac{0,571 \cdot 1,25 \cdot 12,725 \cdot 20,6}{2 \cdot 2,85 \cdot 1675,76} =$$

$$0,0196$$

$$v_m(z_e) = v_b \cdot c_0(z_e) \cdot c_r(z_e)$$

$c_0(z_e)$ – součinitel orografie pro referenční výšku z_e – uvažováno 1,0

$c_r(z_e)$ – součinitel drsnosti terénu pro referenční výšku z_e

Součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) \text{ pro } z_{\min} \leq z_e \leq 200 \text{ m;}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{-0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{-0,07} = 0,168$$

$$\rightarrow c_r(40,5) = 0,168 \cdot \ln\left(\frac{40,5}{0,3}\right) = 0,824$$

$$v_m(40,5) = 25 \cdot 1,0 \cdot 0,824 = 20,6 \text{ m/s}$$

Ekvivalentní hmotnost:

$$m_e = \frac{\int_0^l m(s) \cdot \Phi_1^2(s) \cdot ds}{\int_0^l \Phi_1^2(s) \cdot ds} = \frac{\int_0^{40,5} 1676 \cdot 0,82334 \cdot ds}{\int_0^{40,5} 0,82334 \cdot ds} = \frac{55886,76}{33,35} = 1675,76 \text{ kg/m}$$

$$\Phi_1^2(s) = 0,82334 \text{ (DLUBAL DYNAM Pro)}$$

δ_d – logaritmický dekrement útlumu od zvláštních zařízení (laděné pohlcovače kmitání, nádrže s vodou atd.)

$$\delta_d = 0$$

Základní ohybová frekvence kmitání F.2(F.2):

$$(n_1 = \frac{46}{h} = \frac{46}{40,5} = 1,136) \text{ – použito pro předběžný výpočet vnitřních sil}$$

$$n_{1,x} = 2,85 \text{ Hz viz příloha DLUBAL výstup DYNAM Pro}$$

Použita hodnota získaná modulem programu DLUBAL RFEM – na straně bezpečnosti

Bezrozměrná frekvence:

$$f_L(z, n) = n \cdot \frac{L(z)}{v_m(z)} = 2,85 \cdot \frac{88,61}{40,05} = 6,31$$

Bezrozměrná výkonová spektrální hustota:

$$S_L(z, n) = \frac{6,8 \cdot f_L(z, n)}{(1 + 10,2 \cdot f_L(z, n))^{5/3}} = \frac{6,8 \cdot 6,31}{(1 + 10,2 \cdot 6,31)^{5/3}} = 0,04$$

Aproximace aerodynamické admitance R_h a R_b pro základní tvar kmitu:

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_h}) = \frac{1}{13,27} - \frac{1}{2 \cdot 13,27^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot 13,27}) = 0,0725$$

$$\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{4,6 \cdot 40,5}{88,61} \cdot 6,31 = 13,27$$

$$R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_b}) = \frac{1}{4,17} - \frac{1}{2 \cdot 4,17^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot 4,17}) = 0,211$$

$$\eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{4,6 \cdot 12,725}{88,61} \cdot 6,31 = 4,17$$

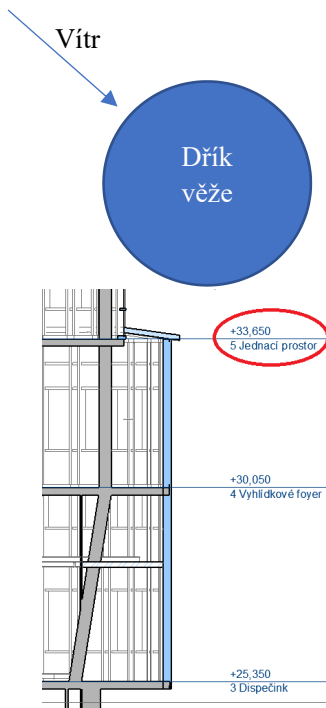
Výsledná síla na dřík věže

$$A_{ref} = L \cdot b = 40,5 \cdot 11,610 = 470,205 \text{ m}^2$$

Zde je pro výpočet použit součinitel konstrukce 1,018, který byl vypočten za pomoci vzorce pro vlastní frekvenci, uvedeného v normě. Po vypočtení součinitele konstrukce s vlastní frekvencí určenou pomocí modulu v software DLUBAL RFEM je součinitel konstrukce téměř shodný a přibližně roven jedné. Ke zvýšení zatížení s ohledem na dynamické působení nebude tedy přistoupeno.

$$F_w = c_s c_d \cdot \sum_{prvky} c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1,018 \cdot 0,571 \cdot 1,159 \cdot 470,205 = \mathbf{316,78 \text{ kN}}$$

Zatížení aplikováno do 36 uzlů z jedné strany dříku. Síla na jeden uzel je tedy $316,78/36 = 8,8$ kN. Síly jsou aplikovány v šikmém směru (45°) viz schéma, což vyvoluje větší zatížení než působení na konstrukci ve směru vodorovném. Porovnány byly vyvozené síly z obou zatěžovacích stavů a zhodnoceny všechny vnitřní síly vyvozené na konstrukci. Méně příznivě vyšlo přibližně ve 230 případech šikmé zatížení oproti přibližně 160 případům, kdy méně příznivě vychází vodorovné zatížení.



4.2.2 Lehký obvodový plášť v horní části

Vypočtená zatížení budou aplikována na horní část konstrukce s lehkým obvodovým pláštěm a na svislé části střechy.

4.2.2.1 Lokální účinky

Střední rychlost větru:

$$v_m(z_e) = v_b \cdot c_0(z_e) \cdot c_r(z_e)$$

$c_0(z_e)$ – součinitel orografie pro referenční výšku z_e – uvažováno 1,0

$c_r(z_e)$ – součinitel drsnosti terénu pro referenční výšku z_e

Součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) \text{ pro } z_{\min} \leq z_e \leq 200 \text{ m;}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{-0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{-0,07} = 0,168$$

$$c_r(33,65) = 0,168 \cdot \ln\left(\frac{33,65}{0,3}\right) = 0,793$$

$$v_m(33,65) = 25 \cdot 1,0 \cdot 0,793 = 19,825 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence větru:

$$I_v(z_e) = \frac{c_{fl}}{7 \cdot c_r(z_e) \cdot c_0(z_e)}$$

c_{fl} – pomocný součinitel flukтуаční složky tlaku podle [1] Tab 4.3

$$c_{fl} = 1,330$$

$$I_v(33,65) = \frac{1,330}{7 \cdot 0,793 \cdot 1,0} = 0,240 \text{ (resp. 24 \%)}$$

Maximální dynamický tlak pro součinitel orografie $c_0(z_e) = 1,0$:

$$q_p(z_e) = q_b \cdot c_e(z_e)$$

q_b – základní dynamický tlak větru $q_b = 0,391 \text{ kN/m}^2$

$c_e(z_e)$ – součinitel expozice ve výšce z_e $c_e(z_e) = 3,17$ (interpolací z [1] Tab 4.2)

$$q_p(33,65) = 0,391 \cdot 3,17 = 1,24 \text{ kN/m}^2$$

4.2.2.1.1 Válce s kruhovým průřezem

Součinitele vnějších tlaků závisejí na Reynoldsových číslech Re:

$$Re = \frac{b \cdot v(z_e)}{\nu} = \frac{15,02 \cdot 25}{15 \cdot 10^{-6}} = 25033333,33 = 2,5 \cdot 10^7$$

b – průměr $b = 15,02 \text{ m}$ (průměr LOP)

ν – kinematická viskozita vzduchu – $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$

$v(z_e)$ – maximální rychlost větru ve výšce z_e – $v(z_e) = \sqrt{2 \cdot q_p / \rho} = \sqrt{2 \cdot 1240 / 1,25} = 44,54 \text{ m/s}$

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

Součinitele vnějšího tlaku c_{pe} pro kruhová válce:

$$c_{pe} = c_{p,0} \cdot \psi_{\lambda\alpha}$$

$c_{p,0}$ – součinitel vnějšího tlaku bez vlivu proudění kolem volných konců

$\psi_{\lambda\alpha}$ – součinitel koncového efektu pro úhel α definován výrazem:

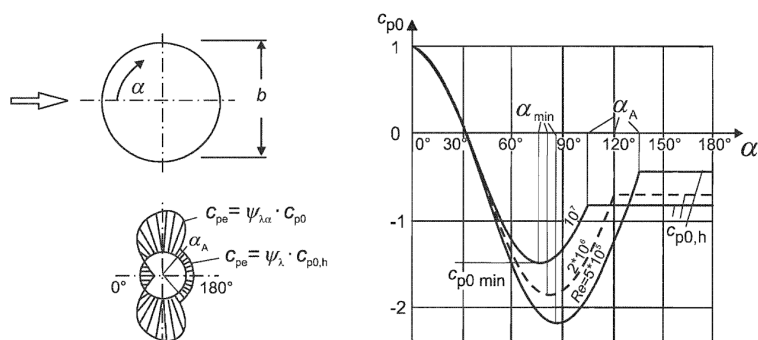
$$\psi_{\lambda\alpha} = 1 \quad \text{pro } 0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{\min}$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda + (1 - \psi_\lambda) \cdot \left(\frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{\alpha - \alpha_{\min}}{\alpha_A - \alpha_{\min}} \right) \right) \quad \text{pro } \alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_A$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_\lambda \quad \text{pro } \alpha_A \leq \alpha \leq 180^\circ$$

kde úhel α udává polohu bodu oddělení proudu od válce

ψ_λ – součinitel koncového efektu



Obrázek 9 Rozdělení tlaku pro válce s kruhovým průřezem, pro různé rozsahy Reynoldsova čísla a bez vlivu proudění kolem volných konců, ČSN EN 1991-1-4 Obrázek 7.27

Hodnoty úhlů dle ČSN EN 1991-1-4 Tabulka 7.12

$$\alpha_{\min} = 75^\circ$$

$$\alpha_A = 105^\circ$$

Součinitel koncového efektu ψ_λ :

Součinitel plnosti: $\phi = \frac{A}{A_c} = 1$

A – součet průmětů ploch prvku

$$A = b \cdot l = 15,02 \cdot 33,65 = 505,423 \text{ m}^2$$

A_c – celková plocha obálky

$$A_c = b \cdot l = 15,02 \cdot 33,65 = 505,423 \text{ m}^2$$

Efektivní štíhlost λ :

Pro válce s kruhovým průřezem:

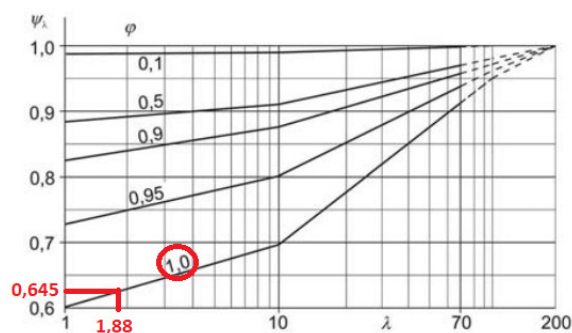
pro $l \geq 50 \text{ m}$, menší z hodnot $\lambda = 0,7 l/b$ nebo $\lambda = 70$

$$\lambda = 0,7 \cdot \frac{33,65}{15,02} = 1,57$$

pro $l < 50 \text{ m}$, menší z hodnot $\lambda = l/b$ nebo $\lambda = 70$

$$\lambda = \frac{33,65}{15,02} = 2,24$$

Interpolace hodnoty pro $l = 33,65 \text{ m}$ - $\lambda = 1,883$



Obrázek 10 Směrné hodnoty součinitele koncového efektu jako funkce součinitele plnosti v závislosti na štíhlosti, ČSN EN 1991-1-4 Obrázek 7.36

$$\psi_\lambda = 0,645$$

α	$C_{p0,min}$	$C_{p0,h}$	ψ_{1a}	ψ_{1b}	C_{pe}
0	1	1	1	0,645	1
5	0,85		1	0,645	0,85
10	0,75		1	0,645	0,75
15	0,5		1	0,645	0,5
20	0,25		1	0,645	0,25
25	0,2		1	0,645	0,2
30	0,1		1	0,645	0,1
35	0		1	0,645	0
40	-0,3		1	0,645	-0,3
45	-0,6		1	0,645	-0,6
50	-0,8		1	0,645	-0,8
55	-1,1		1	0,645	-1,1
60	-1,3		1	0,645	-1,3
65	-1,35		1	0,645	-1,35
70	-1,45		1	0,645	-1,45
75	-1,5		1	0,645	-1,5
80	-1,51		0,99	0,645	-1,492
85	-1,48		0,95	0,645	-1,410
90	-1,35		0,90	0,645	-1,210
95	-1,3		0,82	0,645	-1,06925
100	-1,1		0,74	0,645	-0,811
105	-0,8		0,65	0,645	-0,516
110	-0,8		0,645	0,645	-0,516
115	-0,8		0,62	0,645	-0,516
120	-0,8		0,62	0,645	-0,516
125	-0,8		0,62	0,645	-0,516
130	-0,8		0,62	0,645	-0,516
135	-0,8		0,62	0,645	-0,516
140	-0,8		0,62	0,645	-0,516
145	-0,8		0,62	0,645	-0,516
150	-0,8		0,62	0,645	-0,516
155	-0,8		0,62	0,645	-0,516
160	-0,8		0,62	0,645	-0,516
165	-0,8		0,62	0,645	-0,516
170	-0,8		0,62	0,645	-0,516
175	-0,8		0,62	0,645	-0,516
180	-0,8		0,62	0,645	-0,516

Tabulka 6 Výpočet součinitelů vnějšího tlaku

α [°]	$q_{p(z)} * C_{pe}$ [kN/m²]
0	1,159
5	0,985
10	0,869
15	0,580
20	0,290
25	0,232
30	0,116
35	0,000
40	-0,348
45	-0,695
50	-0,927
55	-1,275
60	-1,507
65	-1,565
70	-1,681
75	-1,739
80	-1,729
85	-1,634
90	-1,402
95	-1,239
100	-0,939
105	-0,598
110	-0,598
115	-0,598
120	-0,598
125	-0,598
130	-0,598
135	-0,598
140	-0,598
145	-0,598
150	-0,598
155	-0,598
160	-0,598
165	-0,598
170	-0,598
175	-0,598
180	-0,598

Obrázek 11 Zatížení větrem

Úhlové úseky jsou rozděleny na 4 části (využití symetrie). Hodnoty v těchto částech úhlů zprůměrovány a na model aplikovány jako konstantní zatížení.

Úseky		w [kN/m ²]
Návětrná část	1	0,32
	2	-1,50
Závětrná částt	3	-0,71
	4	-0,60

Tabulka 7 Zatížení větrem – rozdělení na úseky

Převodění zatížení na liniové pro přidělení jednotlivých zatížení na nosníky nesoucí LOP dle zatěžovacích šířek:

Prsteneč:

$$Z.Š. = 0,885 + (5,067/2) = 3,42 \text{ m}$$

Úseky		w [kN/m]
Návětrná část	1	1,09
	2	-5,11
Závětrná částt	3	-2,42
	4	-2,05

Tabulka 8 Zatížení větrem – úseky prsteneč

Převod na síly do uzlů:

$$F_1 = 0,688 \cdot (1,09) = 0,375 \text{ kN}$$

$$F_2 = 0,688 \cdot (-5,11) = -1,76 \text{ kN}$$

$$F_3 = 0,688 \cdot (-2,42) = -0,83 \text{ kN}$$

$$F_4 = 0,688 \cdot (-2,05) = -0,71 \text{ kN}$$

Nosníky (Vyhlídkové foyer):

$$Z.Š. = (5,067/2) \cdot 2 = 5,067 \text{ m}$$

Úseky		w [kN/m]
Návětrná část	1	1,61
	2	-7,58
Závětrná částt	3	-3,58
	4	-3,03

Tabulka 9 Zatížení větrem – úseky vyhlídkové foyer

Převod na síly do uzlů:

$$F_1 = 5,729 \cdot (1,61) = 4,612 \text{ kN}$$

$$F_2 = 5,729 \cdot (-7,58) = -22,57 \text{ kN}$$

$$F_3 = 5,729 \cdot (-3,58) = -10,26 \text{ kN}$$

$$F_4 = 5,729 \cdot (-3,03) = -8,61 \text{ kN}$$

Nosníky (Dispečink):

$$Z.Š. = (5,067/2) = 2,53 \text{ m}$$

Úseky		w [kN/m]
Návětrná část	1	0,81
	2	-3,78
Závětrná částt	3	-1,79
	4	-1,51

Tabulka 10 Zatížení větrem – úseky dispečink

Převod na síly do uzlů:

$$F_1 = 5,54 \cdot (0,81) = 2,24 \text{ kN}$$

$$F_2 = 5,54 \cdot (-3,78) = -10,47 \text{ kN}$$

$$F_3 = 5,54 \cdot (-1,79) = -4,96 \text{ kN}$$

$$F_4 = 5,54 \cdot (-1,51) = -4,18 \text{ kN}$$

Zatížení převedeno jako bodové do uzlů z důvodu lehčího zatřídění vzniklých zatěžovacích stavů do příslušných kombinací tak, aby všechny zatěžovací stavy, kde působí vítr, působily ve stejném směru.

4.2.3 Zatížení střechy

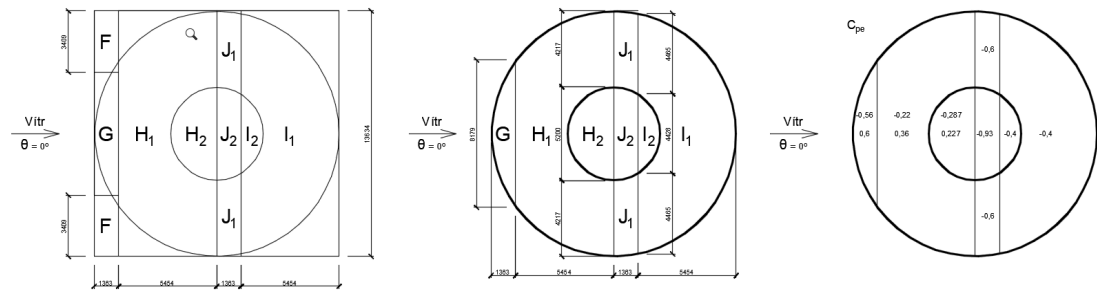
4.2.3.1 S uvážením sedlové střechy

Součinitele vnějšího tlaku:

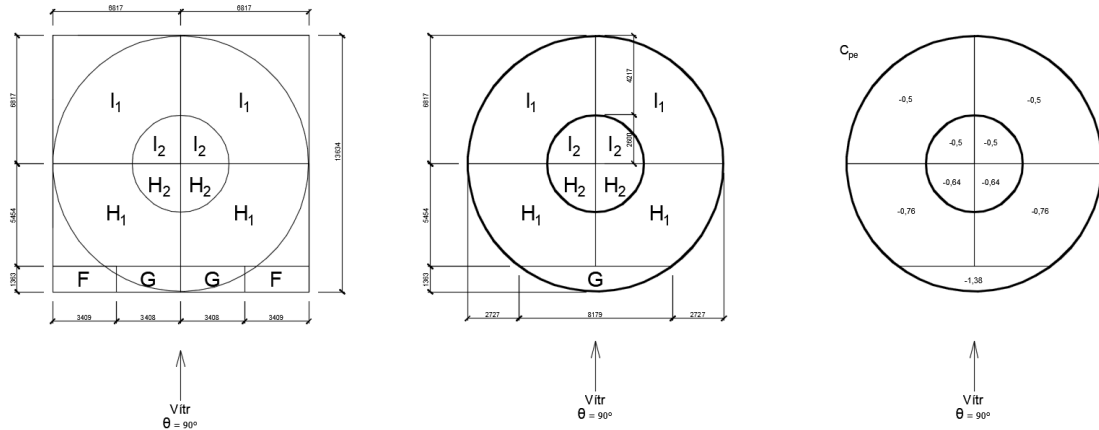
$A > 1 \text{ m}^2$:

$$C_{pe} = C_{pe,10}$$

Hodnoty součinitelů vnějšího tlaku jsou interpolovány pro sklon 18° pro horní část střechy (součinitele s indexem 2) a pro dolní část střechy se sklonem 27° (součinitele s indexem 1)



Obrázek 12 Vítr Příčný



Obrázek 13 Vítr podélný

$\theta = 0^\circ$ - vítr příčný

$$C_{pe,G} = -0,56; 0,6$$

$$C_{pe,H1} = -0,22; 0,36$$

$$C_{pe,H2} = -0,287; 0,227$$

$$C_{pe,I1} = -0,4$$

$$C_{pe,I2} = -0,4$$

$$C_{pe,J1} = -0,6$$

$$C_{pe,I2} = -0,93$$

$\theta = 90^\circ$ - vítr podélný

$$C_{pe,G} = -1,38$$

$$C_{pe,H1} = -0,76$$

$$C_{pe,H2} = -0,64$$

$$C_{pe,I1} = -0,5$$

$$C_{pe,I2} = -0,5$$

4.2.3.2 S uvážením kopule

Rozměr kolmý na směr větru $b = d = 14,92$ m (horní část budovy)

Výška válcové části h uvažována od terénu po střechu a výška kopule f uvažována jako výška od začátku na vrchol střechy.

$$h = 40,101 \text{ m}$$

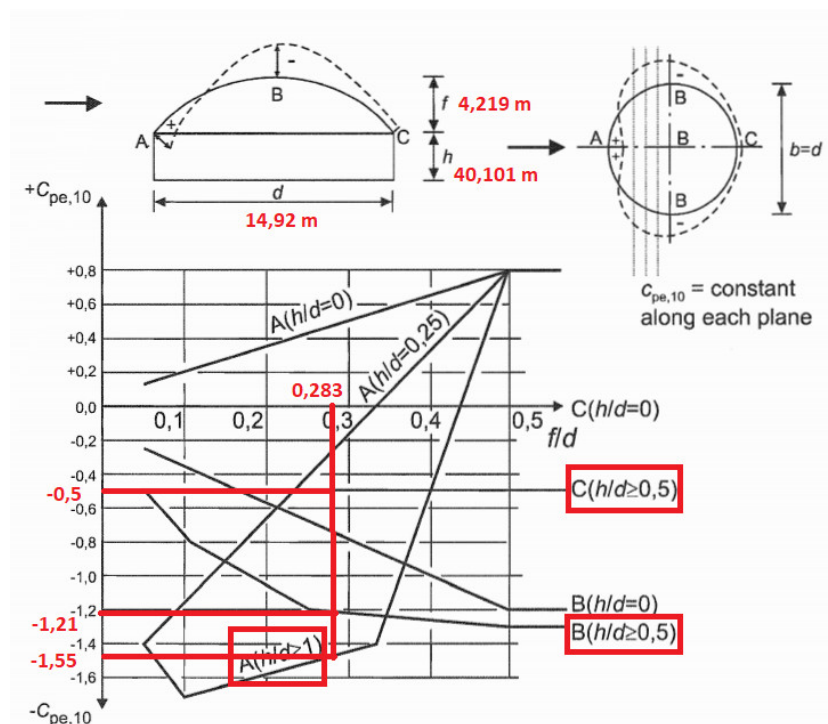
$$f = 4,219 \text{ m}$$

$$\text{Celková výška budovy } z_e = h + f = 40,101 + 4,219 = 44,32 \text{ m}$$

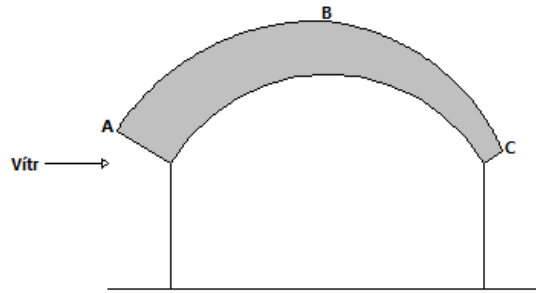
$$h/d = 40,101/14,92 = 2,69$$

$$f/d = 4,219/14,92 = 0,283$$

Součinitele vnějšího tlaku:



Obrázek 14 Doporučené součinitele vnějšího tlaku pro kopule s kruhovou základnou, EN 1991-1-4 Figure 7.12



Obrázek 15 Směrové součinitele

$$C_{pe,10,A} = -1,55$$

$$C_{pe,10,B} = -1,25$$

$$C_{pe,10,C} = -0,5$$

4.2.3.3 Výsledné zatížení větrem na střechu

Méně příznivá varianta je s uvažováním kopule a ta bude ve výpočtu také dále uvažována.

Zatížení na levé spodní hraně střechy:

$$w_A = C_{pe,10,A} \cdot q_p(z_e) = -1,55 \cdot 1,159 = -1,8 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení ve vrcholu střechy (půdorysný průmět 6,737 m):

$$w_B = C_{pe,10,B} \cdot q_p(z_e) = -1,25 \cdot 1,159 = -1,45 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení na pravé spodní hraně střechy:

$$w_C = C_{pe,10,C} \cdot q_p(z_e) = -0,5 \cdot 1,159 = -0,58 \text{ kN/m}^2$$

Interpolace pro 4,187 m půdorysného průmětu levé spodní části šikmé střechy:

$$w_{A,2} = -1,58 \text{ kN/m}^2$$

Interpolace pro 9,287 m půdorysného průmětu pravé spodní části šikmé střechy.

$$w_{C,2} = -0,79 \text{ kN/m}^2$$

4.2.3.4 Zatížení větrem na svislou část střechy

Uvažováno zatížení shodné se zatížením na LOP.

4.3 Uvažované skladby konstrukcí

4.3.1 Vnitřní jádro

SDK obklad 9,2 kg/m², tedy 0,092 kN/m². Zatížení přiděleno na průvlaky jádra. Plošné zatížení převedeno na liniové podle příslušné výšky jednotlivých sloupů jádra.

4.3.2 Střecha

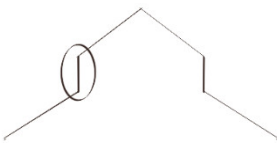
Skladba střechy (falcovaný plech vč. Bednění, minerální vlna, dvojité SKD) – 0,78 kN/m²

Viz zatížení konstrukcí v příloze B.

4.3.3 LOP

Zatížení obvodovým pláštěm včetně nosných částí pláště a zastínění uvažováno 0,5 kN/m²

LOP v horní části zavěšen na nosnících střechy. 0,5 kN/m² převedeno na nosníky jako konstantní liniové zatížení. Výška LOP v horní části (do poloviny nejvyššího podlaží) $(2,89/2) + 0,242 = 1,687$ m. Zatížení $1,687 \cdot 0,5 = 0,844$ kN/m. Na prstenec v polovině nejvyššího podlaží je pak zavěšena část LOP o výšce 5,085 m (až po nosník vyhlídkového foyer). Zatížení je tedy $5,085 \cdot 0,5 = 2,543$ kN/m a je zavěšeno na vnější část prstence. Další



část LOP je zavěšena na nosníky vyhlídkového foyer. Tedy výška 5,087 m. Na vnější nosníky každého patra případně liniové zatížení 2,543 kN/m.

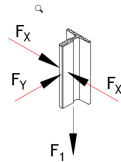
4.3.4 Podlahy

Viz zatížení konstrukcí v příloze B.

4.4 Zatížení výtahem

Zatížení výtahem uvažováno jedním, nejméně příznivým zatěžovacím stavem, a to zachycením výtahu.

SÍLY NA VODÍTKO KLECE



Vodorovná síla: $F_x = 0,4 \text{ kN}$

Vodorovná síla: $F_y = 0,5 \text{ kN}$

Svislá síla: $F_1 = 10,2 \text{ kN}$

Dále v nejvyšší části vnitřního jádra uvažováno zatížení strojovnou 12,3 kN jako bodové svislé zatížení. V nejvyšším podlaží uvažováno i zatížení výtahu osobami (uvažováno 500 kg). Toto zatížení uvažováno jako bodové na nosníky jádra. Tedy 2,5 kN na jeden průvlak.

4.5 Zatížení technologií v šachtě jádra

V jádře uvažováno zatížení elektrickým vedením, počítačovým vedením, sdělovacím vedením, kanalizačním a vodovodním potrubím. Náležitosti a uspořádání vedení v šachtě není v rámci práce řešeno.

Technologie	Zatížení kg/m
Izolované silnoproudé vedení	0,46
Sdělovací vedení	0,05
Počítačové vedení	0,06
Kanalizační potrubí	1,3
Vodovodní potrubí	0,55
Σ	2,42

10 N = 1 kg

Převod zatížení: $2,42 \text{ kg/m} = 24,2 \text{ N/m} = 0,0242 \text{ kN/m}$

Zatížení dále uvažováno dvěma silami v prostředku průvlaků jádra.

5 Statický výpočet

5.1 Charakteristický ocelobetonový strop

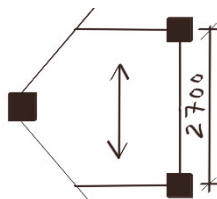
Charakteristické rozpětí stropu $L = 2,7 \text{ m}$

Minimální tloušťka stropu – jednosměrně pnutá deska:

$$h(m) \geq \frac{l(m)}{35} + 0,03 \text{ m} = \frac{2,7}{35} + 0,03 \text{ m} = 0,107 \text{ m}$$

$$h(m) = 0,110 \text{ m} \geq 0,107 \text{ m}$$

Montáž bez podepření



5.1.1 Zatížení

5.1.1.1 Montážní stav

<i>Montážní stav</i>			
STÁLÉ	g_k [kN/m ²]	γ_G [-]	g_d [kN/m ²]
Betonová deska	1,13	1,35	1,53
Trapézový plech - odhad	0,1	1,35	0,14
Σ	1,23		1,66
UŽITNÉ	q_k [kN/m ²]	γ_Q [-]	q_d [kN/m ²]
Rovnoměrné	1,5	1,5	2,25
Σ	1,50		2,25

5.1.1.2 Provozní stav

<i>Provozní stav</i>			
STÁLÉ	g_k [kN/m ²]	γ_G [-]	g_d [kN/m ²]
Betonová deska	1,09	1,35	1,47
Trapézový plech - odhad	0,1	1,35	0,14
Ostatní stálé	1,43	1,35	1,93
Σ	2,62		3,54
UŽITNÉ	q_k [kN/m ²]	γ_Q [-]	q_d [kN/m ²]
Kat. B - Kancelářské plochy - stropní konstrukce	3	1,5	4,50
Přemístitelné příčky s vlastní tíhou $\leq 1,00$ kN/m délky příčky	0,5	1,5	0,75
Σ	3,50		5,25

5.1.2 Trapézový plech

Trapézový plech je navržen jako prostý nosník na rozpětí 2,7 m pro přenos zatížení v montážním stádiu. V provozním stádiu přenáší zatížení železobetonová deska.

Montáž bez podepření

Ohybový moment

Určený na pás průřezu o šířce 1 m. Maximum ohybového momentu se nachází uprostřed rozpětí.

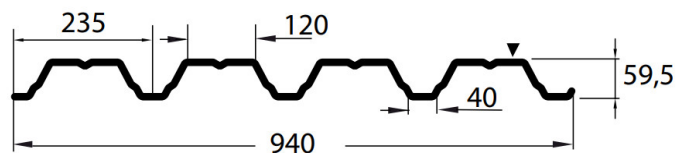
$$M_{ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot (1,66 + 2,25) \cdot 2,7^2 = 3,57 \text{ kNm}$$

Potřebný průřezový modul pro TR plech:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{320}{1,0} = 320 \text{ MPa}$$

$$W_{min} = \frac{M_{ed}}{f_{yd}} = \frac{3,57 \cdot 10^6}{320} = 11146,42 \text{ mm}^3/\text{m}$$

NÁVRH: TR Hacierco 60/235/1 mm ocel S320GD



$$m = 10,08 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{y,eff,min} = 15552,53 \text{ mm}^3/\text{m}$$

$$I_{eff,min} = 523807,41 \text{ mm}^4/\text{m}$$

Posouzení:

Mezní stav únosnosti

$$g_d + q_d = 3,91 \text{ kN/m}^2 < 5,26 \text{ kN/m}^2$$

Vyhovuje

Mezní hodnota únosnosti stanovena interpolací z tabulky únosnosti trap. plechu viz [2] nebo (Příloha B).

Mezní stav použitelnosti – průhyb

Určení průhybu plechu pouze za stálého zatížení

$$g_{k,\text{čerstvý beton}} = 1,13 \text{ kN/m}^2$$

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 1,13 \cdot 2700^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 523807,41} = 7,11 \text{ mm} < \frac{t_{\text{deska}}}{10} = \frac{43,57}{10} = 4,357 \text{ mm}$$

Nutno uvažovat rybníkový efekt

Zvětšení tloušťky betonu o $0,7 \cdot \delta = 0,7 \cdot 7,11 = 5 \text{ mm}$.

Zvýšení zatížení o přídatnou tloušťku:

$$25 \cdot 0,005 \cdot 1 = 0,125 \text{ kN/m}$$

Určení průhybu pro spolupůsobící průřez

$$q = f_k = 2,62 + 25 \cdot 0,005 \cdot 1 = 2,745 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 2,745 \cdot 2700^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 523807,41} = 17,27 \text{ mm} < \frac{L}{180} = \frac{2700}{180} = 15 \text{ mm}$$

Nevyhovuje

Pro menší rozpory než 2700 mm bude použito plechů tloušťky 1 mm. Pro tento případ, kdy rozpon je 2700 mm bude použito plechů tloušťky 1,25 mm.

$$I_{\text{eff,min}} = 699188,97 \text{ mm}^4/\text{m}$$

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 2,745 \cdot 2700^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 699188,97} = 12,94 \text{ mm} < \frac{L}{180} = \frac{2700}{180} = 15 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.2 Technické podlaží

Jednotlivé nosníky jako prosté, napojeny kloubově. Nosníky se nacházejí ve stejné úrovni, aby nedošlo k přílišnému navyšování stropní konstrukce. Vnější nosníky jsou napojeny na obvodové sloupy stávající konstrukce. Na vnější nosníky jsou pak napojeny nosníky vnitřní, nesoucí plechobetonový strop. Napojeny jsou také na sloupy vnitřního jádra.

5.2.1 Vnější nosník

Návrhové zatížení:

$$N_{\text{Ed}} = 79,365 \text{ kN}$$

$$V_{z,\text{Ed}} = 13,67 \text{ kN}$$

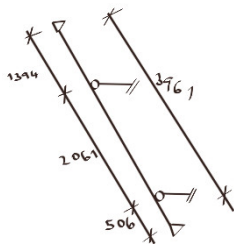
$$M_{y,\text{Ed}} = 10,213 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE160 S235

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

$$A_{v,z} = 966 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 8693000 \text{ mm}^4$$



$$I_z = 683100 \text{ mm}^4$$

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

Třída průřezu 1

Tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{2009 \cdot 235}{1,0} = 472 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{79,365}{472} = 0,17 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Prostá únosnost – ohyb:

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123900 \cdot 235}{1,0} = 29,12 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{10,213}{29,12} = 0,35 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Prostá únosnost – smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 966 \cdot 136 = 130,41 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{13,67}{130,41} = 0,10 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

Limitní průhyb posouzen u nosníku s největším rozpětím.

$$W_{lim} = L/250 = 3961/250 = 15,844 \text{ mm}$$

$$W = 10,4 \text{ mm}$$

$$W = 10,4 \text{ mm} \leq W_{lim} = 15,844 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.2.2 Vnitřní nosník

Návrhové zatížení:

$$V_{z,Ed} = 30,102 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 26,834 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE200 S235

$$A = 2848 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 1400 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 220600 \text{ mm}^3$$

Třída průřezu 1

Prostá únosnost – ohyb:

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220600 \cdot 235}{1,0} = 51,841 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{26,834}{51,841} = 0,52 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Prostá únosnost – smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1400 \cdot 136 = 190,4 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{30,102}{190,4} = 0,16 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

Limitní průhyb posouzen u nosníku s největším rozpětím.

$$W_{lim} = L/250 = 3853/250 = 15,412 \text{ mm}$$

$$W = 11,3 \text{ mm}$$

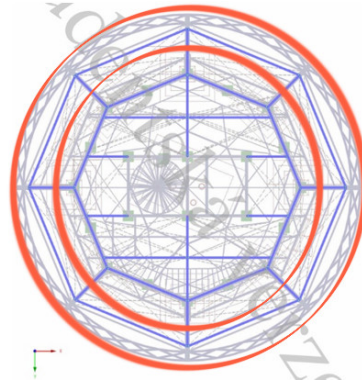
$$W = 11,3 \text{ mm} \leq W_{lim} = 15,412 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.3 Dispečink

Konstrukce je tvořena prostými nosníky a konzolami. Konzoly jsou napojeny na obvodové sloupy stávající konstrukce a kloubově se na konzoly napojují vnější nosníky. Vnitřní nosníky jsou pak napojovány kloubově mezi sebou a vnitřním jádrem.

5.3.1 Vnější nosník



Návrhové zatížení:

$$V_{z,Ed} = 25,07 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 34,244 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE220 S235

$$A = 2772 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 1588 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 27720000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 285400 \text{ mm}^3$$

Třída průřezu 1

Prostá únosnost – smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1588 \cdot 136 = 216 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{25,07}{216} = 0,12 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Prostá únosnost – ohyb:

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{285400 \cdot 235}{1,0} = 67,07 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{34,244}{67,07} = 0,51 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

Limitní průhyb posouzen u nosníku s největším rozpětím.

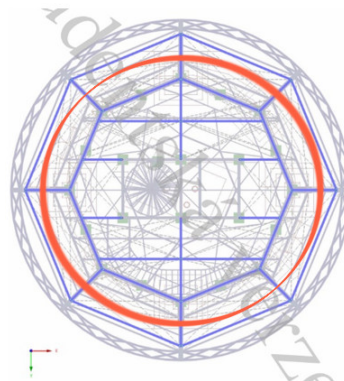
$$W_{lim} = L/250 = 5540/250 = 22,16 \text{ mm}$$

$$W = 18,0 \text{ mm}$$

$$W = 18,0 \text{ mm} \leq W_{lim} = 22,16 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.3.2 Vnitřní nosník



Návrhové zatížení:

$$N_{ed} = 37,792 \text{ kN}; -30,739 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 132,283 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 51,642 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE220 S235

$$A = 3337 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 1588 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 27720000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2049000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 285400 \text{ mm}^3$$

Třída průřezu 1

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3337 \cdot 235}{1,0} = 784,2 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{37,792}{784,2} = 0,05 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Vzpěr – kolmo k ose z:

Vybočení kolmo k ose y je zabráněno ocelobetonovým stropem.

$$L_{cr,z} = 3960 \text{ mm}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 2049000 \cdot 10^3}{3960^2} = 270,8 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3337 \cdot 235}{270,8 \cdot 10^3}} = 1,7$$

$$h/b = 220/110 = 2 > 1,2$$

$$t_f = 9,2 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Křivka vzpěrnosti b

$$\chi_z = 0,278 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,278 \cdot 3337 \cdot 235}{1,0} = 218 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{|-30,739|}{218} = 0,14 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1588 \cdot 136 = 216 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{132,283}{216} = 0,61 \leq 1,0$$

$$V_{Ed} = 132,283 \text{ kN} \geq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 216 = 108 \text{ kN (Ohyb s velkým smykem)}$$

Vyhovuje

Ohyb – interakce se smykem:

$$b = 110 \text{ mm}$$

$$t_f = 9,2$$

$$W_f = \frac{1}{6} \cdot b \cdot t_f^2 = \frac{1}{6} \cdot 110 \cdot 9,2^2 = 1551,73 \text{ mm}^3$$

$$M_{f,Rd} = W_f \cdot f_{yd} = 1551,73 \cdot 235 = 0,365 \text{ kNm}$$



$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{285400 \cdot 235}{1,0} = 67,07 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{f,Rd} + \left(M_{pl,Rd} - M_{f,Rd} \cdot \left[1 - \left(2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1 \right)^2 \right] \right)$$

$$54,642 \leq 0,365 + \left(67,07 - 0,365 \cdot \left[1 - \left(2 \cdot 132,283 / 216 - 1 \right)^2 \right] \right) = 67,09 \text{ kN}$$

Vyhovuje

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{51,642}{67,07} = 0,77 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

Limitní průhyb posouzen u nosníku s největším rozpětím.

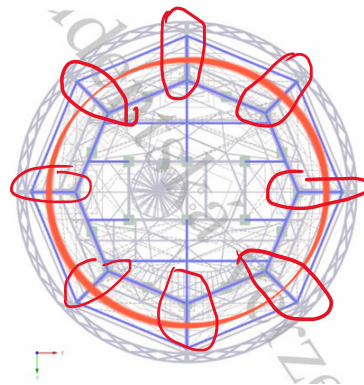
$$W_{lim} = L/250 = 3853/250 = 15,412 \text{ mm}$$

$$W = 9,2 \text{ mm}$$

$$W = 9,2 \text{ mm} \leq W_{lim} = 15,412 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.3.3 Konzoly



Návrhové zatížení:

$$N_{ed} = 23,792 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 54,460 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -107,89 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE300 S235

$$A = 5381 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 2568 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 83560000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 6038000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 628400 \text{ mm}^3$$

Třída průřezu 1

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5381 \cdot 235}{1,0} = 1265 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{23,792}{1265} = 0,02 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 2568 \cdot 136 = 349,25 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{54,460}{349,25} = 0,16 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{628400 \cdot 235}{1,0} = 147,7 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{107,89}{147,7} = 0,73 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

Globální deformace - uz [mm]



Průhyb vyhovuje už při IPE220 a pro větší profil opět vyhoví.

Pro konzolu $L = 2 \cdot L_{Teor}$

$$W_{lim} = L/250 = 4126/250 = 16,504 \text{ mm}$$

$$W = 4,2 \text{ mm}$$

$$W = 4,2 \text{ mm} \leq W_{lim} = 16,504 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.3.4 Připojení nosníků na hlavní sloup (Dispečink)

Přípoj konzoly (IPE300) již posouzen.

Posouzení šroubového přípoje nosníku (IPE220):

$$V_{Ed} = 132,28 \text{ kN}$$

Rozteče (M20):

$$e_1 = 30 \text{ mm} \geq 26,4 \text{ mm}$$

$$e_2 = 40 \text{ mm} \geq 26,4 \text{ mm}$$

$$p_1 = 90 \text{ mm} \geq 48,4 \text{ mm}$$

Šroubový spoj kategorie A:

2xM20 8.8

Střih

Jedna střižná plocha, smyková rovina prochází dřikem šroubu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 94,08 \text{ kN} \geq 132,28/2 = 66,14 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Otlačení

S235

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

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

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3} \cdot d_0 = \frac{30}{3} \cdot 22 = 240 \dots \text{pro vytržení okraje} \\ (p_1/3 \cdot d_0) - 0,25 = \left(\frac{90}{3} \cdot 22\right) - 0,25 = 660 \dots \text{pro protržení otvoru} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \dots \text{pro otlačení šroubu} \end{array} \right.$$

1 Pro otlačení plechu

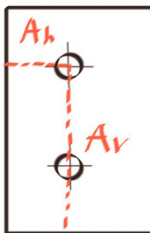
$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{40}{22} - 1,7 = 3,39 \\ 2,5 \end{array} \right.$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 5,9}{1,25} = 169,92 \text{ kN} \geq 132,28/2 = 66,14 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Porušení stojiny profilu:

Rozhodující je porušení stojiny, protože má menší tloušťku než plech.



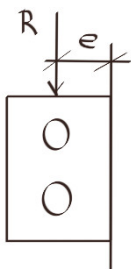
$$A_n = 30 \cdot 5,9 = 177 \text{ mm}^2$$

$$A_v = (90 + 40) \cdot 5,9 = 767 \text{ mm}^2$$

$$F_{Rd} = \frac{A_n \cdot f_u \cdot 0,5}{\gamma_{M2}} + \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{177 \cdot 360 \cdot 0,5}{1,0} + \frac{767 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 135,93 \text{ kN} \geq 132,28 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Návrh svaru: koutový svar 2 x a = 3 mm, délka L_{we} = 170 mm



$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{R \cdot e}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a \cdot L_w^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{132,28 \cdot 10^3 \cdot 40}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 170^2} = 129,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{R}{2 \cdot a_w \cdot L} = \frac{132,28 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 170} = 129,7 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{129,5^2 + 3 \cdot (129,5^2 + 129,7^2)} = 342,9 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 129,5 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Smyková únosnost oslabeného průřezu průvlaku:

$$A_{vz} = A_{vz, IPE220} - 2 \cdot d_0 \cdot t_w = 1588 - 2 \cdot 22 \cdot 5,9 = 1328,4 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1328,4 \cdot 136 = 180,25 \text{ kN} > 132,28 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Smyková únosnost oslabeného průřezu plechu:

$$A_{vz} = t_p \cdot L_p = 10 \cdot (10 \cdot 170 - 2 \cdot 22) = 1656 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1656 \cdot 136 = 225,216 \text{ kN} > 132,28 \text{ kN}$$

Vyhovuje

5.3.5 Přípoj konzoly a sloupu (Dispečink)

Přípoj IPE300 a 2xU300

$$N_{Ed} = -29,016 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 61,532$$

$$M_{Ed} = 92,432 \text{ kNm}$$

$$a_w = 4 \text{ mm}$$

$$I_w = \left[\frac{1}{12} \cdot 150 \cdot 4^3 + (150 \cdot 4) \cdot \left(150 + \frac{4}{2} \right)^2 \right] \cdot 2$$

$$+ \left[\frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 10,7^3 + (6 \cdot 10,7) \cdot \left(150 - \frac{10,7}{2} \right)^2 \right] \cdot 4$$

$$+ \left[\frac{1}{12} \cdot (150 - 15) \cdot 4^3 + ((150 - 15) \cdot 4) \cdot \left(150 - 15 - \frac{6}{2} \right)^2 \right] \cdot 4$$

$$+ \left(\frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 248,6^3 \right) \cdot 2$$

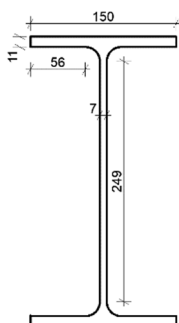
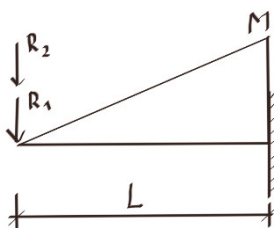
$$= 27726400 + 3583757,563 + 38211120 + 10242644,84$$

$$= 79763922,4 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_w = \frac{M}{I_w} \cdot z = \frac{92,432 \cdot 10^6}{79763922,4} \cdot 150 = 173,82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sigma_w = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 173,82 = 122,91 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L} = \frac{61,532 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 249} = 30,94 \text{ MPa}$$



$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{122,91^2 + 3 \cdot (122,91 + 30,94^2)} = 251,6 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 122,91 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Posudek styčnicku:

$$\beta = b_1/b_0 = 150/300 = 0,5$$

$$0,5 \leq \beta \leq 1,0$$

$$b_0/t_0 = 300/8 = 37,5 \leq 30$$

Lze považovat za splněné, protože tloušťka sloupu je s uvážením tloušťky U300 profilů větší.

$$b_i/b_0 = 150/300 = 0,5 \geq 0,25$$

$$b_i/t_i = 150/10,7 = 14 \leq 35 \text{ (Tlak)}$$

$$h_0/b_0 = 200/300 = 0,67 \geq 0,5 \wedge \leq 2,0$$

$$h_i/b_i = 300/150 = 2,0 \geq 0,5 \wedge \leq 2,0$$

Rozsah platnosti splněn

$$\eta = h_i/b_0 = 300/300 = 1,0 \geq 2 \cdot \sqrt{1 - \beta} = 2 \cdot \sqrt{1 - 0,75} = 1$$

Konzervativně lze pro I průřezy předpokládat, že se $N_{1,Rd}$ rovná návrhové únosnosti stanovené pro dva příčné plechy obdobných rozměrů jako mají pásnice průřezu I.

Porušení mezipásového prutu [i = 1]:

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{y1} \cdot t_1} \cdot b_1 = \frac{10}{300/8} \cdot \frac{275 \cdot 8}{235 \cdot 10,7} \cdot 150 = 35 \leq b_i = 300 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = f_{y1} \cdot t_1 \cdot \frac{b_{eff}}{\gamma_{M5}} = 235 \cdot 10,7 \cdot \frac{35}{1} = 88 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 21,016 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Porušení boční stěny pásu když $b_1 = 150 \text{ mm} \geq b_0 - 2 \cdot t_0 = 300 - 2 \cdot 8 = 284 \text{ mm}$:

Není rozhodující

Prolomení smykem když $b_1 = 150 \text{ mm} \leq b_0 - 2 \cdot t_0 = 300 - 2 \cdot 8 = 284 \text{ mm}$

$$b_{e,p} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot b_1 = \frac{10}{300/8} \cdot 150 = 40 \leq b_i = 300 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot t_0}{\sqrt{3}} \cdot \frac{(2 \cdot t_1 + 2 \cdot b_{e,p})}{\gamma_{M5}} = \frac{275 \cdot 8}{\sqrt{3}} \cdot \frac{(2 \cdot 10,7 + 2 \cdot 40)}{1,0} = 128,8 \text{ kN} \geq N_{Ed}$$

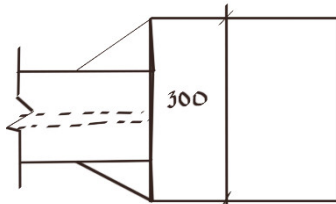
$$= 21,016 \text{ kN}$$

Vyhovuje

$$M_{1,Rd} = N_{1,Rd} \cdot (h_1 - t_1) = 88 \cdot 10^3 \cdot (300 - 10,7) = 25,46 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 92,432 \text{ kNm}$$

Nevyhovuje

Bude navrženo rozšíření pásnice – rozšíření na šířku sloupu 300 mm $b_1 = 300$ mm



$$\beta = b_1/b_0 = 300/300 = 1$$

$$0,5 \leq \beta \leq 1,0$$

$$b_0/t_0 = 300/10 = 30 \leq 30$$

Tloušťka stěny sloupu uvažována 10 mm. (Plech 8

mm a pásnice U profilu 15 mm)

$$b_i/b_0 = 300/300 = 1 \geq 0,25$$

$$b_i/t_i = 300/10,7 = 28,04 \leq 35 \text{ (Tlak)}$$

$$h_0/b_0 = 300/300 = 1 \geq 0,5 \wedge \leq 2,0$$

$$h_i/b_i = 300/300 = 1 \geq 0,5 \wedge \leq 2,0$$

Rozsah platnosti splněn

$$\eta = h_i/b_0 = 300/300 = 1,0 \geq 2 \cdot \sqrt{1 - \beta} = \sqrt{1 - 1} = 0$$

Konzervativně lze pro I průřezy předpokládat, že se $N_{1,Rd}$ rovná návrhové únosnosti stanovené pro dva příčné plechy obdobných rozměrů jako mají pásnice průřezu I.

Porušení mezipásového prutu [$i = 1$]:

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{y1} \cdot t_1} \cdot b_1 = \frac{10}{300/10} \cdot \frac{275 \cdot 10}{235 \cdot 10,7} \cdot 300 = 109,37 \leq b_i = 300 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = f_{y1} \cdot t_1 \cdot \frac{b_{eff}}{\gamma_{M5}} = 235 \cdot 10,7 \cdot \frac{109,37}{1} = 275,01 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 21,016 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Porušení boční stěny pásu když $b_1 = 300 \text{ mm} \geq b_0 - 2 \cdot t_0 = 300 - 2 \cdot 10 = 280 \text{ mm}$:

$$N_{1,Rd} = f_{y0} \cdot t_0 \cdot (2 \cdot t_1 + 10 \cdot t_0) / \gamma_{M5} = 275 \cdot 10 \cdot (2 \cdot 10,7 + 10 \cdot 10) / 1,0 = 333,85 \text{ kN}$$

$$\geq N_{Ed} = 21,016 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Prolomení smykem když $b_1 = 300 \text{ mm} \leq b_0 - 2 \cdot t_0 = 300 - 2 \cdot 10 = 280 \text{ mm}$:

Není rozhodující

$$M_{1,Rd} = N_{1,Rd} \cdot (h_1 - t_1) = 275,01 \cdot 10^3 \cdot (300 - 10,7) = 79,6 \text{ kNm} \geq M_{Ed}$$

$$= 92,432 \text{ kNm}$$

Nevyhovuje

Bude navržen vyšší profil IPE360 s rozšířením pásnic na 300 mm

$$\beta = b_1/b_0 = 300/300 = 1$$

$$0,5 \leq \beta \leq 1,0$$

$$b_0/t_0 = 300/10 = 30 \leq 30$$

Tloušťka stěny sloupu uvažována 10 mm. (Plech 8 mm a pásnice U profilu 15 mm)

$$b_i/b_0 = 300/300 = 1 \geq 0,25$$

$$b_i/t_i = 300/12,7 = 23,62 \leq 35 \text{ (Tlak)}$$

$$h_0/b_0 = 300/300 = 1 \geq 0,5 \wedge \leq 2,0$$

$$h_i/b_i = 360/300 = 1,2 \geq 0,5 \wedge \leq 2,0$$

Rozsah platnosti splněn

$$\eta = h_i/b_0 = 360/300 = 1,2 \geq 2 \cdot \sqrt{1-\beta} = \sqrt{1-1} = 0$$

Konzervativně lze pro I průřezy předpokládat, že se $N_{1,Rd}$ rovná návrhové únosnosti stanovené pro dva příčné plechy obdobných rozměrů jako mají pásnice průřezu I.

Porušení mezipásového prutu [i = 1]:

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{y1} \cdot t_1} \cdot b_1 = \frac{10}{300/10} \cdot \frac{275 \cdot 10}{235 \cdot 12,7} \cdot 300 = 92,14 \leq b_i = 300 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = f_{y1} \cdot t_1 \cdot \frac{b_{eff}}{\gamma_{M5}} = 235 \cdot 12,7 \cdot \frac{92,14}{1} = 275 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 21,016 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Porušení boční stěny pásu když $b_1 = 300 \text{ mm} \geq b_0 - 2 \cdot t_0 = 300 - 2 \cdot 10 = 280 \text{ mm}$:

$$N_{1,Rd} = f_{y0} \cdot t_0 \cdot (2 \cdot t_1 + 10 \cdot t_0) / \gamma_{M5} = 275 \cdot 10 \cdot (2 \cdot 12,7 + 10 \cdot 10) / 1,0 = 345 \text{ kN} \\ \geq N_{Ed} = 21,016 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Prolomení smykem když $b_1 = 300 \text{ mm} \leq b_0 - 2 \cdot t_0 = 300 - 2 \cdot 10 = 280 \text{ mm}$:

Není rozhodující

$$M_{1,Rd} = N_{1,Rd} \cdot (h_1 - t_1) = 275 \cdot 10^3 \cdot (360 - 12,7) = 95,51 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 92,432 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

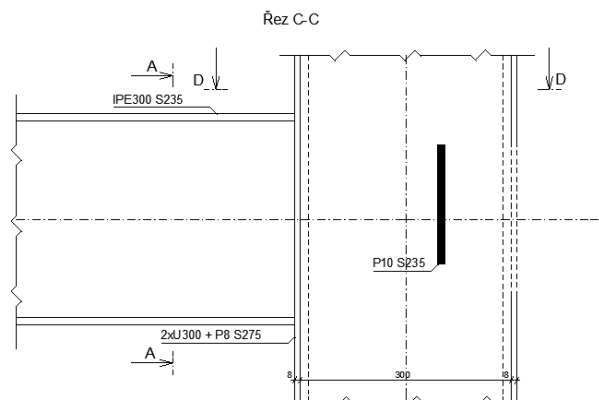
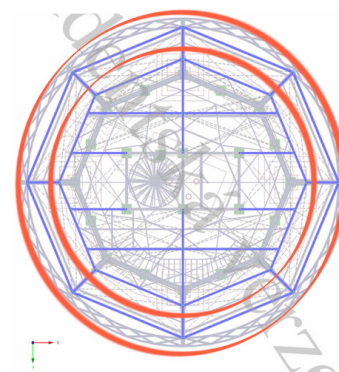


Schéma 12 Napojení nosníků na sloup řez C-C

5.4 Vyhlídkové foyer

Konstrukce je tvořena prostými nosníky a konzolami. Konzoly jsou napojeny na obvodové sloupy stávající konstrukce a kloubově se na konzoly napojují vnější nosníky. Vnitřní nosníky jsou pak napojovány kloubově mezi sebou a vnitřním jádrem.

5.4.1 Vnější nosník



Návrhové zatížení:

$$V_{z,Ed} = 29,293 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 41,766 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE240 S235

$$A_{v,z} = 1914 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 38920000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 366600 \text{ mm}^3$$

Třída průřezu 1 (ohyb)

Prostá únosnost – ohyb:

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{366600 \cdot 235}{1,0} = 86,151 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{41,766}{86,151} = 0,48 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Prostá únosnost – smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1914 \cdot 136 = 260,3 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{29,293}{260,3} = 0,11 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

Limitní průhyb posouzen u nosníku s největším zatížením.

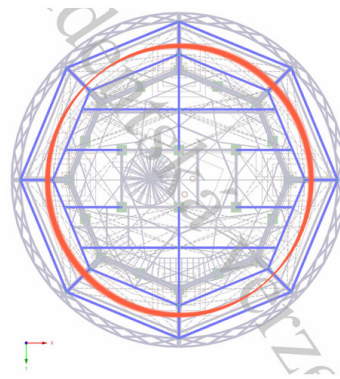
$$W_{lim} = L/250 = 4617/250 = 18,468 \text{ mm}$$

$$W = 18,1 \text{ mm}$$

$$W = 18,1 \text{ mm} \leq W_{lim} = 18,468 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.4.2 Vnitřní nosník



Návrhové zatížení:

$$V_{z,Ed} = 40,694 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 39,84 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE220 S235

$$A = 3337 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 1588 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 27720000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2049000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 285400 \text{ mm}^3$$

Třída průřezu 1

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1588 \cdot 136 = 216 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{40,694}{216} = 0,19 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{285400 \cdot 235}{1,0} = 67,07 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,y,Rd}} = \frac{39,84}{67,07} = 0,594 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

Limitní průhyb posouzen u nosníku s největším zatížením.

$$W_{lim} = L/250 = 4617/250 = 18,468 \text{ mm}$$

$$W = 16,4 \text{ mm}$$

$$W = 16,4 \text{ mm} \leq W_{lim} = 18,468 \text{ mm}$$

Vyhovuje

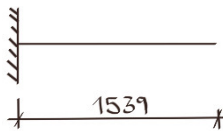
5.4.3 Konzoly

Návrhové zatížení:

$$N_{ed} = -29,016 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 61,532 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -92,432 \text{ kNm}$$



Průřez: IPE270 S235

$$A = 4595 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 2214 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 57900000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 4199000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 484000 \text{ mm}^3$$

Třída průřezu 1

Vzpěr – kolmo k ose z:

Vybočení kolmo k ose y je zabráněno ocelobetonovým stropem.

$$L_{cr,z} = 2 \cdot 1539 = 3078 \text{ mm}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 4199000 \cdot 10^3}{3078^2} = 918,6 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{4595 \cdot 235}{918,6 \cdot 10^3}} = 1,08$$

$$h/b = 270/135 = 2 > 1,2$$

$$t_f \leq 40 \text{ mm}$$

Křivka vzpěrnosti b

$$\chi_z = 0,547 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,547 \cdot 4595 \cdot 235}{1,0} = 590,7 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{|-29,016|}{590,7} = 0,05 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 2214 \cdot 136 = 301 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{61,532}{301} = 0,2 \leq 1,0$$

Vyhovuje

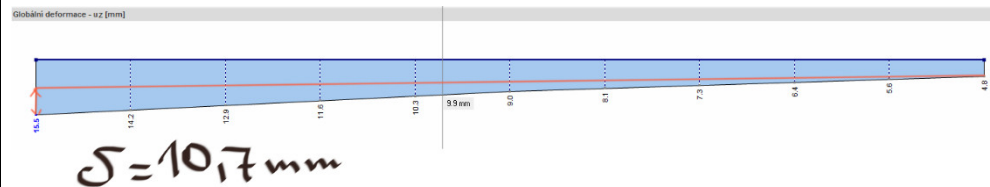
Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{484000 \cdot 235}{1,0} = 113,74 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{92,432}{113,74} = 0,81 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:



Pro konzolu $L = 2 \cdot L_{Teor}$

$$W_{lim} = L/250 = 3078/250 = 12,312 \text{ mm}$$

MSP vyhovuje už pro průřez IPE240:

$$W = 10,7 \text{ mm}$$

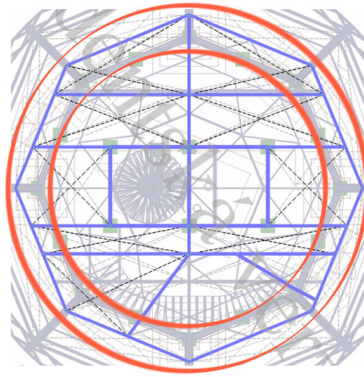
$$W = 10,7 \text{ mm} \leq W_{lim} = 12,312 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.5 Jednací prostor

Vnější nosníky jsou zde opět napojeny na sloupy stávající konstrukce. Nosníky jsou přeuspořádány z důvodu uvolnění prostoru pro schodiště. Nosníky jsou zde napojeny kloubově mezi sebou, stávajícími sloupy a jádrem.

5.5.1 Vnější nosník



Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -39,05 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 17,195 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 20,08 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE200 S235

$$A = 2848 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 1400 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 27720000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1424000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 220600 \text{ mm}^3$$

Třída průřezu 1

Vzpěr – kolmo k ose z:



Rozhodující vybočení v rovině menší tuhosti

$$L_{Teor} = 4551 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 4551 \text{ mm}$$

Rozhodující kolmo k ose z

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 1424000 \cdot 10^3}{4551^2} = 142,5 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2848 \cdot 235}{142,5 \cdot 10^3}} = 2,17$$

$$h/b = 200/100 = 2 > 1,2$$

$$t_f = 8,5 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose z – křivka vzpěrnosti b

$$\chi_z = 0,181 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,181 \cdot 2848 \cdot 235}{1,0} = 121,14 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{|-39,05|}{121,14} = 0,32 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1400 \cdot 136 = 190,4 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{17,195}{190,4} = 0,11 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220600 \cdot 235}{1,0} = 51,841 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,y,Rd}} = \frac{20,08}{51,841} = 0,39 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

Limitní průhyb posouzen u nosníku s největším rozpětím.

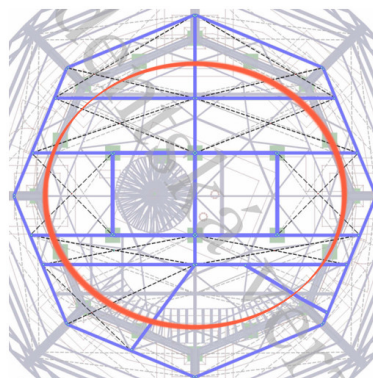
$$W_{lim} = L/250 = 4551/250 = 18,204 \text{ mm}$$

$$W = 13,2 \text{ mm}$$

$$W = 13,2 \text{ mm} \leq W_{lim} = 18,204 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.5.2 Vnitřní nosník



Návrhové zatížení

$$N_{Ed} = 8,188 \text{ kN}; -1,352 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 33,86 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 39,081 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE240 S235

$$A = 3912 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 1914 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 38920000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2836000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 366600 \text{ mm}^3$$

Třída průřezu 1

Vzpěr – kolmo k ose z:

Rozhodující vybočení v rovině menší tuhosti

$$L_{Teor} = 5015 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 5015 \text{ mm}$$

Rozhodující kolmo k ose z

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 2836000 \cdot 10^3}{5015^2} = 233,713 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1914 \cdot 235}{233,713 \cdot 10^3}} = 1,39$$

$$h/b = 240/120 = 2 > 1,2$$

$$t_f = 9,8 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose z – křivka vzpěrnosti b

$$\chi_z = 0,386 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,386 \cdot 1914 \cdot 235}{1,0} = 173,62 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{|-1,352|}{173,62} = 0,008 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Tah:

Vzhledem k malému využití průřezu v tlaku se předpokládá, že vyhoví i na tah.

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1914 \cdot 136 = 260,304 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{33,86}{260,304} = 0,13 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{366600 \cdot 235}{1,0} = 86,151 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,y,Rd}} = \frac{39,081}{86,151} = 0,45 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

Limitní průhyb posouzen u nosníku s největším rozpětím.

$$W_{lim} = L/250 = 5015/250 = 20,1 \text{ mm}$$

$$W = 15,7 \text{ mm}$$

$$W = 15,7 \text{ mm} \leq W_{lim} = 20,1 \text{ mm}$$

Vyhovuje**5.6 Charakteristický přípoj patrových nosníků**

Reakce průvlaku:

$$R_{Ed} = \frac{40,694}{2} = 20,35 \text{ kN}$$

Návrh šroubů: M16 8.8

Střih

Jedna střižná plocha, smyková rovina prochází dřikem šroubu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} = 60,288 \text{ kN}$$

Otlačení

S235

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

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

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 5,9}{1,25} = 67,97 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3} \cdot d_0 = \frac{40}{3} \cdot 18 = 240 \dots \text{pro vytržení okraje} \\ (p_1/3 \cdot d_0) - 0,25 = \left(\frac{55}{3} \cdot 18\right) - 0,25 = 329,75 \dots \text{pro protržení otvoru} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \dots \text{pro otlačení šroubu} \end{array} \right.$$

1 Pro otlačení plechu

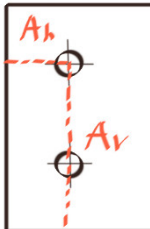
Návrh: 2 šrouby M16 8.8**Porušení stojiny profilu:**

$$A_n = 25 \cdot 5,9 = 147,5 \text{ mm}^2$$

$$A_v = (53 + 55) \cdot 5,9 = 637,2 \text{ mm}^2$$

$$F_{Rd} = \frac{A_n \cdot f_u \cdot 0,5}{\gamma_{M2}} + \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{147,5 \cdot 360 \cdot 0,5}{1,25} + \frac{637,2 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 108 \text{ kN} \geq F_{Ed}$$

$$= 20,35 \text{ kN}$$

**Vyhovuje****Porušení plechu**

$$A_n = 25 \cdot 10 = 250 \text{ mm}^2$$

$$A_v = (45 + 55) \cdot 10 = 1000 \text{ mm}^2$$

$$F_{Rd} = \frac{A_n \cdot f_u \cdot 0,5}{\gamma_{M2}} + \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{250 \cdot 360 \cdot 0,5}{1,25} + \frac{1000 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 171,68 kN \geq F_{Ed}$$

$$= 20,35 kN$$

Vyhovuje

Návrh svaru: koutový svar 2 x a = 3 mm, délka $L_{we} = 135$ mm

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{Ed} \cdot e}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{61,532 \cdot 10^3 \cdot 35}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 135^2} = 83,6 MPa$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L} = \frac{61,532 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 249} = 41,2 MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{83,6^2 + 3 \cdot (83,6^2 + 41,2^2)} = 181,8 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$= 360 MPa$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 83,6 MPa \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 MPa$$

Vyhovuje

Smyková únosnost oslabeného průřezu průvlaku:

$$A_{vz} = t_w \cdot L_{IPE} = 5,9 \cdot (162 - 2 \cdot 18) = 743,4 mm^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 743,4 \cdot 136 = 101,1 kN > R_{Ed} = 20,35$$

Smyková únosnost oslabeného průřezu plechu:

$$A_{vz} = t_p \cdot L_p = 10 \cdot (135 - 2 \cdot 18) = 990 mm^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 990 \cdot 136 = 134,64 kN > R_{Ed} = 20,35$$

Navržený přípoj vyhoví

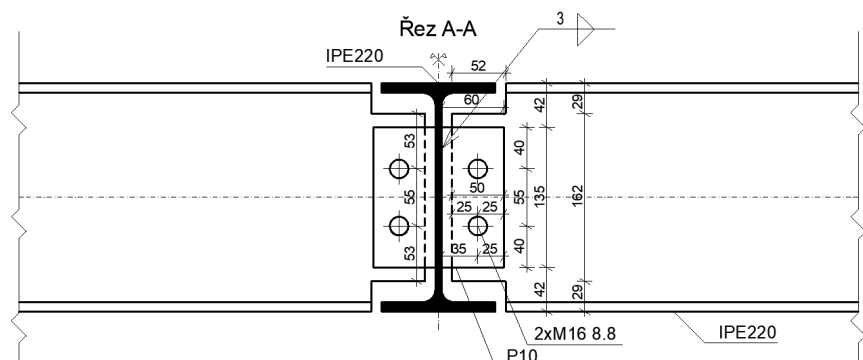


Schéma 13 Přípoj nosníků - řez

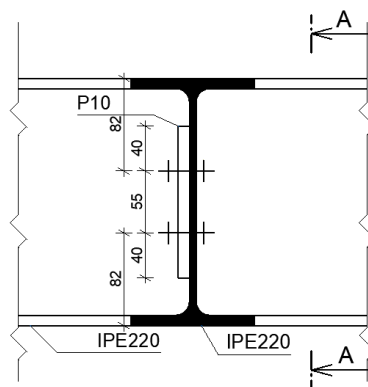


Schéma 14 Přípoj nosníků

5.7 Schodiště

5.7.1 Hlavní schodiště mezi vstupním lobby s expozicí a technickým patrem

Schodiště se nachází v administrativní budově, kde slouží k překonání výšky mezi vstupním lobby ($\pm 0,000$) a expozicí s technickým patrem (+22,650). Konstrukční výška je 22,65 m.

Maximální počet výšek v jednom rameni je 16. Proto bude po 16-ti výškách schodišťové rameno přerušeno mezipodestou.

1. Druh schodiště: Křivočaré točité
2. Počet ramen: **9**
3. Zvolení optimální výšky stupně: 170 mm
4. Přibližný počet výšek: $\frac{22650}{170} = 133,23$
5. Konečný počet výšek volím 135, aby byl počet ramen celým číslem. $\frac{135}{9} = 15$ výšek v jednom rameni. (maximální počet výšek je 16.)
6. Konečná výška stupně: $V = \frac{22650}{135} = 167,8 \text{ mm}$; volím **$V = 168 \text{ mm}$**
7. Výpočet konečné šířky stupně:

$$2V + \check{S} = 630 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \check{S} = 630 \text{ mm} - 2V = 630 - 2 \cdot 168 = \mathbf{294 \text{ mm}}$$

8. Délka ramene L:

$$L = (n - 1) \cdot \check{S} = (15 - 1) \cdot 294 = \mathbf{4116 \text{ mm}}$$

9. Výška jednoho ramene (odstup mezipodest): $15 \cdot 168 = \mathbf{2520 \text{ mm}}$

$$\frac{22650}{9} = 2516,67$$

$2520 - 2516,67 = 3,30 \text{ mm}$ rozdíl bude rozdělen mezi jednotlivé stupně

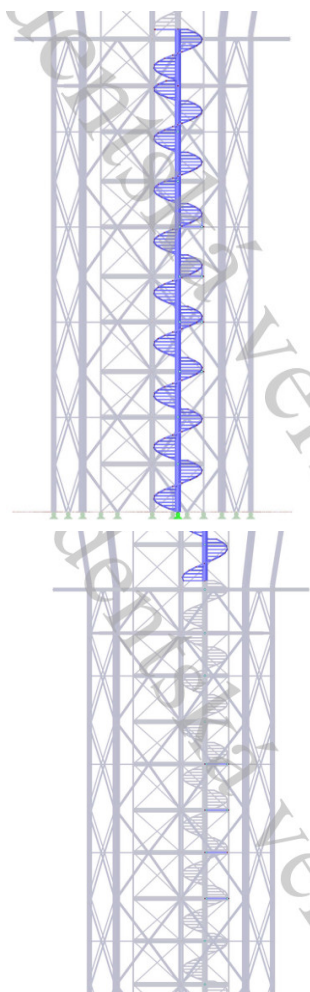
10. Šířka ramene: Dostupný prostor pro rameno schodiště je polovina šířky 2550 mm s odečtením poloviny vřetena o šířce 300 mm.

$$\frac{2550}{2} - \frac{300}{2} = 1275 - 150 = \mathbf{1125 \text{ mm}}$$

Šířka ramene zvolena 1125 mm (2 konstrukční pruhy po 550 mm + 25 mm)

11. Šířka mezipodesty a podesty – minimálně 1100 mm: prostor pro schodiště umožňuje šířku mezipodesty **1125 mm**

12. Rozměry schodišťového prostoru: **Délka** schodišťového prostoru: šířka podesty + délka ramena + šířka mezipodesty = 1125 + 4116 + 1125 = **6366 mm**
Šířka schodišťového prostoru: 2 · 1125 + 300 = **2550 mm**



5.7.1.1 Zatížení – úsek mezi přízemím a dispečinkem

Schodiště zatíženo užitným zatížením pro schodiště (Kategorie A – Schodiště) o velikosti 3,0 kN/m². Plošné zatížení převedeno na liniové na nosníky stupňů, kde zatěžovací šířka je uvažována šířka stupně pro nosíky v poli schodiště a polovina šířky stupně pro krajní nosníky. Tedy $3 \cdot 0,2925 = 0,88 \text{ kN/m}$ pro nosník v poli schodiště a $3 \cdot 0,2925 \cdot 0,5 = 0,44 \text{ kN/m}$ pro krajní nosníky. Dále zábradlím, na které působí vodorovné liniové zatížení o velikosti 0,5 kN/m. Ocelová povrchová úprava schodiště a konstrukce stupňů uvažována jako 0,5 kN/m². Rozděleno na nosníky $0,5 \cdot 0,2925 = 0,15 \text{ kN/m}$ a pro krajní nosníky opět $0,5^2 \cdot 0,2925 = 0,073 \text{ kN/m}$.

5.7.1.2 Zatížení – úsek mezi dispečinkem a vyhlídkovým foyer

Schodiště zatíženo užitným zatížením pro schodiště (Kategorie A – Schodiště) o velikosti 3,0 kN/m². Plošné zatížení převedeno na liniové na nosníky stupňů, kde zatěžovací šířka je uvažována šířka stupně pro nosíky v poli schodiště a polovina šířky stupně pro krajní nosníky. Tedy $3 \cdot 0,238 = 0,714 \text{ kN/m}$ pro nosník v poli schodiště a $3 \cdot 0,238 \cdot 0,5 = 0,357 \text{ kN/m}$ pro krajní nosníky. Dále zábradlím, na které působí vodorovné liniové zatížení o velikosti 0,5 kN/m. Ocelová povrchová úprava schodiště a konstrukce stupňů uvažována jako 0,5 kN/m². Rozděleno na nosníky $0,5 \cdot 0,238 = 0,12 \text{ kN/m}$ a pro krajní nosníky opět $0,5^2 \cdot 0,238 = 0,06 \text{ kN/m}$.

5.7.1.3 Návrh nosníku schodišťových stupňů

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 3,418 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 3,496 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1,752 \text{ kNm}$$

Průřez: 2 x L50x4

$$A = 778 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 236,4 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 9046,9 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{778 \cdot 235}{1,0} = 182,83 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{3,418}{182,83} = 0,02 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 236,4 \cdot 136 = 32,15 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{3,496}{32,15} = 0,11 \leq 1,0$$

Vyhovuje

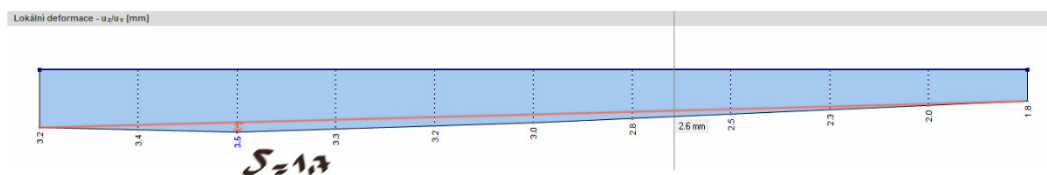
Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9046,9 \cdot 235}{1,0} = 2,126 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{1,752}{2,126} = 0,824 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:



$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{1275}{250} = 5,1 \text{ mm}$$

$W = 1,7 \text{ mm}$ v nejvyšším místě

$$W = 1,7 \text{ mm} \leq W_{lim} = 5,1 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.7.1.4 Návrh schodnice

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -9,852 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 5,907 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 2,744 \text{ kNm}$$

Průřez: 100x20

$$A = 2000 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 1666,7 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 1666666,6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 66666,7 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 50000 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 10000 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1

Vzpěr – kolmo k ose y:

Posouzení pro 17 segmentů schodnice mezi kloubově uloženými úseky

$$L_{Teor} = L_{cr,y} = 17 \cdot 494 = 8398 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 16666666,6}{8398^2} = 49 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2000 \cdot 235}{49 \cdot 10^3}} = 3,09$$

Křivka vzpěrné pevnosti c (plný průřez)

$$\chi_y = 0,09$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,09 \cdot 2000 \cdot 235}{1,0} = 42,3$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{|-9,852|}{42,3} = 0,23 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1666,7 \cdot 136 = 226,7 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{5,907}{226,7} = 0,03 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{50000 \cdot 235}{1,0} = 11,75 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{2,744}{11,75} = 0,23 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{8398}{250} = 33,6 \text{ mm}$$

$$W = 8,6 \text{ mm}$$

$$W = 8,6 \text{ mm} \leq W_{lim} = 33,6 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.7.1.5 Návrh hlavního sloupu schodiště

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -361,442 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 6,189 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -7,229 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2} = \sqrt{7,349^2 + 7,029^2} = 10,17 \text{ kNm}$$

Průřez: RO323,9x10

$$A = 9860 \text{ mm}^2$$

$$A_y = 4892,1 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 121600000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 986000 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1

Vzpěr:

$$L_{cr} = 2531 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 121600000}{2531^2} = 39343 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{9860 \cdot 235}{39343 \cdot 10^3}} = 0,24$$

Křivka vzpěrné pevnosti c (duté průřezy za studena tvarované)

$$\chi = 0,98$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,98 \cdot 9860 \cdot 235}{1,0} = 2270 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{|-361,442|}{2270} = 0,16 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{986000 \cdot 235}{1,0} = 231,71 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{10,17}{231,71} = 0,04 \leq 1,0$$

Vyhovuje

5.7.1.6 Návrh podepření schodnice – nosníky

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 5,830 \text{ kN}; -6,968 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 6,698 \text{ kN}$$

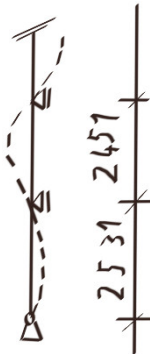
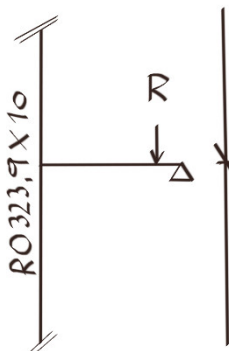
$$M_{y,Ed} = 1,113 \text{ kNm}$$

Průřez: RRO 80x40x3,2

$$A = 661 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 440,7 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 523000 \text{ mm}^4$$



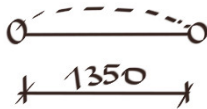
$$I_z = 176000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 16500 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 10200 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1



Vzpěr – kolmo k ose z:

$$L_{cr,z} = 1350 \text{ mm}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 176000}{1350^2} = 200,153 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{661 \cdot 235}{200,153 \cdot 10^3}} = 0,88$$

Křivka vzpěrné pevnosti c (duté průřezy za studena tvarované)

$$\chi_z = 0,612$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,612 \cdot 661 \cdot 235}{1,0} = 95 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{|-6,968|}{95} = 0,073 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 440,7 \cdot 136 = 59,94 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{6,698}{59,94} = 0,11 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{16500 \cdot 235}{1,0} = 3,88 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{1,113}{3,88} = 0,71 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{1350}{250} = 5,4 \text{ mm}$$

$$W = 4,9 \text{ mm}$$

$$W = 4,9 \text{ mm} \leq W_{lim} = 5,4 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.7.1.7 Návrh podepření schodnice – sloupek

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -6,486 \text{ kN}$$

Průřez: RRO 25x25x3

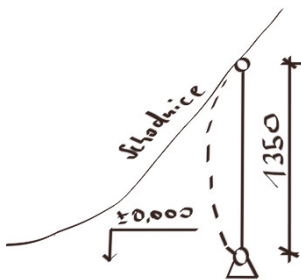
$$A = 241 \text{ mm}^2$$

$$I = 18400 \text{ mm}^4$$

S235

Třída průřezu 1

Vzpěr – kolmo k ose z:



$$L_{cr,z} = 1350 \text{ mm}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 18400}{1350^2} = 20,925 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{241 \cdot 235}{20,925 \cdot 10^3}} = 1,64$$

Křivka vzpěrné pevnosti c (dutý průřez tvarovaný za studena)

$$\chi_z = 0,295$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,295 \cdot 241 \cdot 235}{1,0} = 16,707 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{|-6,486|}{16,707} = 0,39 \leq 1,0$$

Vyhovuje

5.7.2 Schodiště mezi vyhlídkovým foyer a jednacím prostorem

Schodiště se nachází v administrativní budově, kde slouží k překonání výšky mezi vyhlídkovým foyer (+30,050) a jednacím prostorem (+33,650). Konstrukční výška je 3,6 m.

Maximální počet výšek v jednom rameni je 16.

1. Druh schodiště: Křivočaré točité
2. Počet ramen: 1
3. Zvolení optimální výšky stupně: 180 mm
4. Přibližný počet výšek: $\frac{3600}{180} = 20$
5. Konečný počet výšek volím 20. Po 10-ti výškách bude vložena mezipodesta.
6. Konečná výška stupně: $V = \frac{3600}{20} = 180 \text{ mm}$; volím **V = 180 mm**
7. Výpočet konečné šířky stupně:

$$2V + \check{S} = 630 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \check{S} = 630 \text{ mm} - 2V = 630 - 2 \cdot 180 = \mathbf{270 \text{ mm}}$$

8. Délka jednoho ramene L:

$$L = (n - 1) \cdot \check{S} = (10 - 1) \cdot 270 = \mathbf{2430 \text{ mm}}$$

9. Výška jednoho ramene (odstup mezipodest): $20 \cdot 180 = \mathbf{3600 \text{ mm}}$

10. Šířka ramene: **Šířka ramene zvolena 1125 mm** (2 konstrukční pruhy po 550 mm + 25 mm)
11. Šířka mezipodesty a podesty – minimálně 1100 mm: prostor pro schodiště umožňuje šířku mezipodesty **1125 mm**.
12. Rozměry schodišťového prostoru: **Délka schodišťového prostoru: šířka podesty + 2 x délka ramena + šířka mezipodesty = 1125 + 2430 + 2430 + 1125 = 7110 mm**

5.7.2.1 Zatížení

Schodiště zatíženo užitným zatížením pro schodiště (Kategorie A – Schodiště) o velikosti 3,0 kN/m². Plošné zatížení převedeno na liniové na nosníky stupňů, kde zatěžovací šířka je uvažována šířka stupně pro nosíky v poli schodiště a polovina šířky stupně pro krajní nosníky. Tedy $3 \cdot 0,27 = 0,81 \text{ kN/m}$ pro nosník v poli schodiště a $3 \cdot 0,27 \cdot 0,5 = 0,41 \text{ kN/m}$ pro krajní nosníky. Dále zábradlím, na které působí vodorovné liniové zatížení o velikosti 0,5 kN/m. V prostoru mezipodesty je zábradlí tvořeno ocelovou trubkou a skleněnou výplní o uvažované výšce 1,0 m. Skleněná výplň uvažována, jako liniové zatížení 0,125 kN/m. Ocelová povrchová úprava schodiště a konstrukce stupňů uvažována jako 0,5 kN/m². Rozděleno na nosníky $0,5 \cdot 0,27 = 0,135 \text{ kN/m}$ a pro krajní nosníky opět $0,5^2 \cdot 0,27 = 0,07 \text{ kN/m}$.

5.7.2.2 Návrh nosníku schodišťových stupňů

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -8,941 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 2,5 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -1,09 \text{ kNm}$$

Průřez: 2 x L50x4

$$A = 778 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 236,4 \text{ mm}^2$$

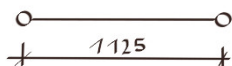
$$W_{pl,y} = 9046,9 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 179400 \text{ mm}^4$$

S235

Třída průřezu 1

Vzpěr:



$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1125 \text{ mm}$$

Rozhodující je vybočení kolmo k ose y (menší moment setrvačnosti).

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210\,000 \cdot 179\,400}{1125^2} = 293,79 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{778 \cdot 235}{293,79 \cdot 10^3}} = 0,79$$

Křivka vzpěrné pevnosti b (úhelníky)

$$\chi_y = 0,731$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,731 \cdot 778 \cdot 235}{1,0} = 133,7 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{|-8,941|}{133,7} = 0,07 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 236,4 \cdot 136 = 32,15 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{2,5}{32,15} = 0,07 \leq 1,0$$

Vyhovuje

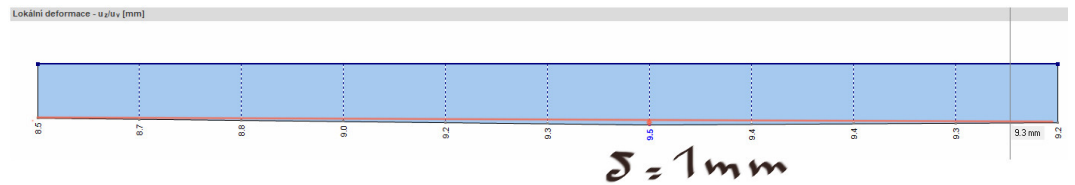
Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9046,9 \cdot 235}{1,0} = 2,12 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{1,09}{2,12} = 0,51 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:



$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{1125}{250} = 4,5 \text{ mm}$$

$$W = 1 \text{ mm}$$

$$W = 1 \text{ mm} \leq W_{lim} = 4,5 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.7.2.3 Návrh schodnice

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 5,228 \text{ kN}; -5,919 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -12,08 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 12,769 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 1,013 \text{ kNm}$$

Průřez: Obdélník 250x25

$$A = 6250 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 5208,3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 32550000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 325521 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 390625 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 39062,5 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6250 \cdot 235}{1,0} = 1469 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{5,228}{1469} = 0,003 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Vzpěr – kolmo k rovině y:

$$L_{cr,y} = 3850 + 674 = 4524 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 32550000}{4524^2} = 3296 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{6250 \cdot 235}{3296 \cdot 10^3}} = 0,67$$

Křivka vzpěrné pevnosti c (plné průřezy)

$$\chi_y = 0,743$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,743 \cdot 6250 \cdot 235}{1,0} = 1091 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{|-5,919|}{1091} = 0,005 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 5208,3 \cdot 136 = 708 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{12,08}{708} = 0,02 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Šikmý ohyb – dvojose symetrický průřez:

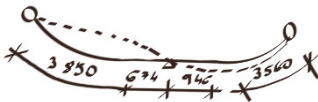
$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{390625 \cdot 235}{1,0} = 91,8 \text{ kNm}$$

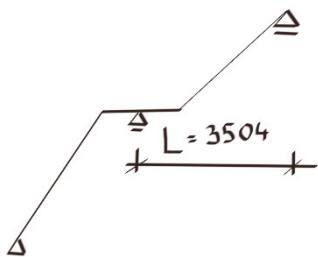
$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{39062,5 \cdot 235}{1,0} = 9,18 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}\right)^2 + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \left(\frac{12,769}{91,8}\right)^2 + \frac{1,013}{9,18} = 0,13 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:





$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{3504}{250} = 14 \text{ mm}$$

$$W = 11,7 \text{ mm}$$

$$W = 11,7 \text{ mm} \leq W_{lim} = 14 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.7.2.4 Návrh sloupu schodiště:

Vnitřní síly:

$$N_{ed} = -32,377 \text{ kN}$$

Průřez: RO48,3x4

$$A = 557 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 138000 \text{ mm}^4$$

S235

Třída průřezu 1

Vzpěr:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1800 \text{ mm}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210\,000 \cdot 138\,000}{1\,800^2} = 45,15 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{557 \cdot 235}{45,15 \cdot 10^3}} = 1,84$$

Křivka vzpěrné pevnosti c (dutý průřez válcovaný za studena)

$$\chi_z = 0,226$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,226 \cdot 557 \cdot 235}{1,0} = 34,56 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{|-32,377|}{34,56} = 0,94 \leq 1,0$$

Vyhovuje

5.7.2.5 Návrh průřezu nosníku držícího schodiště

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -2,12 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 9,532 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 10,576 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,549 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE140

$$A = 1643 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 764 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 5412000 \text{ mm}^4$$



$$I_z = 449200 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 88340 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 12310 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 764 \cdot 136 = 103,9 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{9,532}{103,9} = 0,09 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{88340 \cdot 235}{1,0} = 20,76 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{10,576}{20,76} = 0,51 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Stabilitní únosnost:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 1643 \cdot 235 = 386,1 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_{yk} = 88340 \cdot 235 = 20,76 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_{yk} = 12310 \cdot 235 = 2,9 \text{ kNm}$$

$$h/b = 140/73 = 1,9 \geq 1,2$$

$$t_f = 6,9 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose z – vzpěrnostní křivka b

Vybočení kolmo k ose y – vzpěrnostní křivka a

$$L_{cr,y} = 2250 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 1125 \text{ mm}$$

Kritická síla pro vybočení ve směru y

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 5412000 \cdot 10^3}{2250^2} = 2216 \text{ kN}$$

Kritická síla pro vybočení ve směru z

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 449200 \cdot 10^3}{1125^2} = 735,6 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1643 \cdot 235}{2216 \cdot 10^3}} = 0,42$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1643 \cdot 235}{735,6 \cdot 10^3}} = 0,72$$

$$\chi_y = 0,918$$

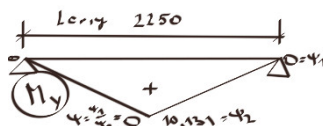
$$\chi_z = 0,838$$

Součinitel interakce (pruty náchylné ke kroucení)

Třída průřezu 1 – plasticitní návrh

k_{yy} Tab. 1.12

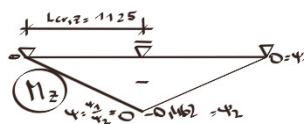
$$C_{my} = 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_h = 0,9 + 0,1 \cdot \frac{0}{10,131} = 0,9$$



$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 + (0,42 - 0,2) \cdot \frac{2,12}{\frac{0,918 \cdot 386,1}{1,0}} \right) = 0,901 \leq 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{2,12}{\frac{0,918 \cdot 386,1}{1,0}} \right) = 0,904$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \Psi = 0,6 \geq 0,4$$



$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,6 \cdot \left(1 + (2 \cdot 0,72 - 0,6) \cdot \frac{2,12}{\frac{0,838 \cdot 386,1}{1,0}} \right) = 0,603$$

$$\leq 0,6 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{2,12}{\frac{0,838 \cdot 386,1}{1,0}} \right) = 0,605$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,603 = 0,3618$$

$$C_{LT} = 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_h = 0,9 + 0,1 \cdot \frac{0}{10,131} = 0,9$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right]$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 0,72}{(0,9 - 0,25)} \cdot \frac{2,12}{\frac{0,838 \cdot 386,1}{1,0}} \right] = 0,999 \geq \left[1 - \frac{0,1}{(0,9 - 0,25)} \cdot \frac{2,12}{\frac{0,838 \cdot 386,1}{1,0}} \right]$$

$$= 0,998$$

Pružný kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} = 1,61 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 449200 \cdot 80700 \cdot 24470}}{2250}$$

$$= 30,68 \text{ kNm}$$

L: délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

Bezrozměrný kritický moment

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right]$$

$$\mu_{cr} = \frac{1,36}{1,0} \cdot \left[\sqrt{1 + 0,64^2 + (C_2 \cdot 0 - C_3 \cdot 0)^2} - (C_2 \cdot 0 - C_3 \cdot 0) \right] = 1,61$$

C_1, C_2, C_3 : součinitele závislé na zatížení a podmínkách uložení

konců

Bezrozměrný parametr kroucení

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 2250} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 1981000000}{80700 \cdot 24470}}$$

$$= 0,64 \leq C_{1,1} = 1,36$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) = 1,35 + (1,36 - 1,35) = 1,36$$

Bezrozměrný parametr působení zatížení vzhledem ke středu smyku

$$\zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_T}} = 0$$

k_w, k_z : součinitele vzpěrné délky

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

$$\zeta_j = \frac{\pi \cdot z_i}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_T}}$$

Souřadnice působení zatížení vzhledem ke středu smyku

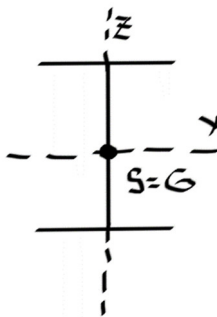
$$z_g = z_a - z_s = h/2 - h/2 = 0$$

$$z_j = z_s - \frac{0,5}{I_y} \cdot \int (y^2 + z^2) \cdot z \, dA = 0$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{77320 \cdot 235}{30,68 \cdot 10^6}} = 0,77$$

Křivka klopení a

$$\chi_{LT} = 0,812$$



$$\rightarrow \frac{2,12}{\frac{0,918 \cdot 386,1}{1,0}} + 0,901 \cdot \frac{10,576 + 0}{\frac{0,812 \cdot 20,76}{1,0}} + 0,3618 \cdot \frac{0,549 + 0}{\frac{2,9}{1,0}} = 0,64 \leq 1,0$$

Vyhovuje

$$\rightarrow \frac{2,12}{\frac{0,918 \cdot 386,1}{1,0}} + 0,999 \cdot \frac{10,576 + 0}{\frac{0,812 \cdot 20,76}{1,0}} + 0,603 \cdot \frac{0,549 + 0}{\frac{2,9}{1,0}} = 0,75 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{2250}{250} = 9 \text{ mm}$$

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

$$W = 8 \text{ mm} \leq W_{lim} = 9 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.8 Vnější diagonály

5.8.1 Spodní vnější diagonála

Spodní vnější diagonála je provedena jako členěný prut ze stávajících L profilů, tedy 2 x 70 x 8 a s pásy 80 x 8 mm v oceli S275.

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -125,228 \text{ kN}$$

Průřez: 2 x 70 x 8 S275

Pro 2 úhelníky:

$$A = 2140 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 945\,400 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 6\,792\,342 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 21,02 \text{ mm}$$

$$h = 70 \text{ mm}$$

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

Pro 1 úhelník (dřík):

$$A_{ch} = 1070 \text{ mm}^2$$

$$I_{ch,z} = 195\,200 \text{ mm}^4$$

$$W_{ch,pl,z} = 9460 \text{ mm}^3$$

$$i_{ch} = 21 \text{ mm}$$

Zatřídění průřezu:

$$h/t = 70/8 = 8,75 \leq 15 \cdot \varepsilon = 15 \cdot \sqrt{\frac{235}{275}} = 13,87 \rightarrow \text{Třída průřezu 3}$$

Posouzení tlačené diagonály:

$$L_{teor} = 3\,203 \text{ mm} = L_{cr,y} = L_{cr,z}$$

Štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3203}{21,02} = 152,39$$

Srovnávací štíhlost

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{275}} = 86,8$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{152,39}{86,8} = 1,76$$

Vzpěrnostní součinitel

Křivka vzpěrnosti b (pro všechny úhelníky)

Součinitel imperfekce $\alpha = 0,34$

$$\chi_y = 0,263 \leq 1,0$$

Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,263 \cdot 2140 \cdot 275}{1,0} = 154,78 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{|-125,228|}{154,78} = 0,81 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Rámové spojky:

$$n = 1$$

Rozteč stávajících rámových spojek (uvažováno pro vzpěr – působí i prostřední spojka):

$$a_{st} = 790 \text{ mm}$$

Rozteč rámových spojek vzhledem k nulové posouvající síle v prostřední spojce (zohledněno sníženou smykovou tuhostí):

$$a = 2 \cdot a_{st} = 2 \cdot 790 = 1580 \text{ mm}$$

Rozměr spojek

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

$$h_b = 80 \text{ mm}$$

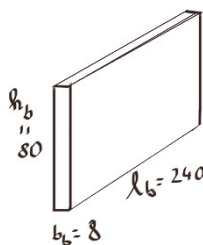
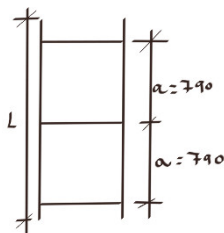
$$l_b = 240 \text{ mm}$$

Posouzení členěného prutu uprostřed délky – z-z:

Moment setrvačnosti průřezu

$$I_{1,z} = \frac{1}{2} \cdot A_{ch} \cdot h_0^2 + 2 \cdot I_{ch,z} = \frac{1}{2} \cdot 1070 \cdot 260^2 + 2 \cdot 195,2 \cdot 10^3 = 36\,556,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

Poloměr setrvačnosti



$$i_0 = \sqrt{\frac{I_{1,z}}{2 \cdot A_{ch}}} = \sqrt{\frac{36556,4 \cdot 10^3}{2140}} = 111,40 \text{ mm}$$

Štíhlost prutu

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_0} = \frac{3203}{111,40} = 28,75 \leq 75 \rightarrow \mu = 1,0$$

Efektivní moment setrvačnosti průřezu

$$I_{eff} = I_{1,z} = 36\,556,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

Kritická síla průřezu

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{eff}}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 36\,556,4 \cdot 10^6}{3203^2} = 7385,31 \text{ kN}$$

Moment setrvačnosti průřezu spojky

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot b_b \cdot h_b^3 = \frac{1}{12} \cdot 8 \cdot 80^3 = 341333 \text{ mm}^4$$

Smyková tuhost

$$S_v = \frac{24 \cdot E \cdot I_{ch,z}}{a^2 \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot I_{ch,z}}{n \cdot I_b} \cdot \frac{h_0}{a} \right]} = \frac{24 \cdot 210 \cdot 195,2 \cdot 10^6}{1580^2 \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot 195,2 \cdot 10^3}{1 \cdot 341333} \cdot \frac{260}{1580} \right]} = 331\,666 \text{ N}$$

$$\leq \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_{ch,z}}{a^2} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 210 \cdot 195,2 \cdot 10^6}{1580^2} = 324\,126 \text{ N}$$

Počáteční imperfekce prutu

$$e_0 = \frac{L}{500} = \frac{3203}{500} = 6,41 \text{ mm}$$

Moment z počáteční imperfekce

$$M_{Ed}^{II} = \frac{N_{Ed} \cdot e_0}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \cdot \frac{N_{Ed}}{S_v}} = \frac{125228 \cdot 6,41}{1 - \frac{125228}{7385310} \cdot \frac{125228}{331666}} = 1,35 \text{ kNm}$$

Síla v jednom pásu (oba stejné):

$$N_{ch,Ed} = \frac{1}{2} \cdot \left[N_{Ed} + \frac{M_{Ed}^{II} \cdot h_0 \cdot A_{ch}}{I_{eff}} \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[125228 + \frac{1,35 \cdot 10^6 \cdot 260 \cdot 1070}{36\,556,4 \cdot 10^3} \right] = 67,75 \text{ kN}$$

Štíhlost pásu mezi spojkami

$$\lambda_{ch,z} = \frac{a}{i_{ch,z}} = \frac{790}{21} = 37,62$$

Poměrná štíhlost

$$\frac{\lambda_{ch,z}}{\lambda_1} = \frac{37,62}{86,8} = 0,43$$

Vzpěrnostní součinitel

Křivka vzpěrnosti c (všechny plné průřezy)

$$\chi_{ch,z} = 0,881 \leq 1,0$$

Únosnost jednoho pásu

$$N_{ch,b,Rd,z} = \frac{\chi_{ch,z} \cdot A_{ch} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,881 \cdot 1070 \cdot 275}{1,0} = 259,23 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{ch,Ed}}{N_{ch,b,Rd,z}} = \frac{67,75}{259,23} = 0,26 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Členěný prut v místě spojky:

$$N_{ch,s,Ed} = 0,5 \cdot N_{Ed} = 0,5 \cdot 67,75 = 33,9 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = \frac{\pi \cdot M_{Ed}^I}{L} = \frac{\pi \cdot 1,35}{3,203} = 1,32 \text{ kN}$$

Moment od působení spojek

$$M_{ch,z,Ed} = \frac{V_{Ed}}{2} \cdot \frac{a}{2} = \frac{1,32}{2} \cdot \frac{1,58}{2} = 0,52 \text{ kNm}$$

k_{zz} – Metoda 2

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu

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

Zatížení koncovými momenty $\psi = -1$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot (-1) = 0,2 < 0,4$$

$$C_{mz} = 0,4$$

$$k_{zz} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{mz} \cdot \left[1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_{ch,z} - 0,6) \cdot \frac{N_{ch,s,Ed}}{N_{ch,b,Rd,z}} \right] \\ C_{mz} \cdot \left[1 + 1,4 \cdot \frac{N_{ch,s,Ed}}{N_{ch,b,Rd,z}} \right] \end{array} \right.$$
$$k_{zz} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot \left[1 + (2 \cdot 0,43 - 0,6) \cdot \frac{33,9}{259,23} \right] = 0,413 \\ 0,4 \cdot \left[1 + 1,4 \cdot \frac{33,9}{259,23} \right] = 0,469 \end{array} \right.$$

Posouzení prutu

$$\frac{N_{ch,s,Ed}}{N_{ch,b,Rd,z}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{ch,z,Ed}}{W_{ch,pl,z} \cdot f_{yd}} = \frac{33,9}{259,23} + 0,413 \cdot \frac{0,52 \cdot 10^6}{9460 \cdot 275} = 0,213 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Posouzení průřezu

$$\frac{N_{ch,s,Ed}}{N_{ch,b,Rd,z}} + \frac{M_{ch,z,Ed}}{W_{ch,pl,z} \cdot f_{yd}} = \frac{33,9}{259,23} + \frac{0,52 \cdot 10^6}{9460 \cdot 275} = 0,33 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Posouzení spojky na moment

$$M_{spoj,Ed} = 2 \cdot \frac{V_{Ed}}{2} \cdot \frac{a}{2} = 2 \cdot \frac{1,32}{2} \cdot \frac{1,58}{2} = 1,04 \text{ kNm}$$

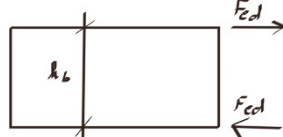
$$V_{spoj,Ed} = \frac{1}{2} \cdot V_{Ed} \cdot \frac{a}{h_0} = \frac{1}{2} \cdot 1,32 \cdot \frac{1,58}{0,26} = 4,01 \text{ kN}$$

$$W_{spoj,y} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 8 \cdot 80^2 = 8,533 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_{spoj,Rd} = W_{spoj,y} \cdot f_{yd} = 8,533 \cdot 10^3 \cdot 275 = 2,35 \text{ kNm} \geq M_{spoj,Ed} = 1,04 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

Návrh přípoje



$$F_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot a}{h_b} = \frac{1,32 \cdot 1,58}{0,08} = 13,04 \text{ kN}$$

Ohybový moment

Délka svaru: $L_w = 25 \text{ mm}$

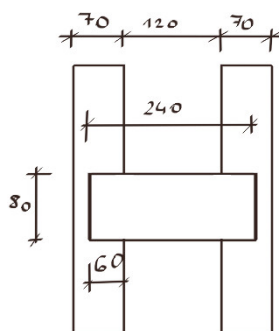
Tloušťka svaru: $a_w = 3 \text{ mm}$

Napětí ve svaru

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed}}{n \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{13040}{1 \cdot 3 \cdot 60} = 72,4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{430}{\sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 1,25} =$$

234 MPa

Vyhovuje



Posouvající síla

Délka svaru: $L_w = 80 \text{ mm}$

Tloušťka svaru: $a_w = 3 \text{ mm}$

Napětí ve svaru

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed} \cdot a}{h_0} = \frac{4010 \cdot 1580}{1 \cdot 3 \cdot 80} = 101,54 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{430}{\sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 1,25} =$$

234 MPa

Vyhovuje

5.8.2 Spodní vodorovný nosník napojený na diagonálu

Spodní vodorovný nosník je proveden jako členěný prut ze stávajících L profilů, tedy 2 x 70 x 8 a s pásy 80 x 8 mm v oceli S275.

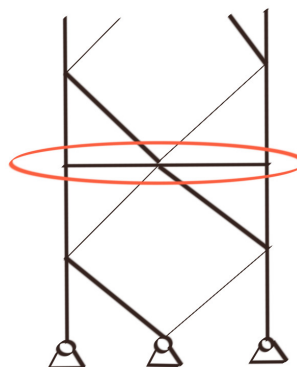
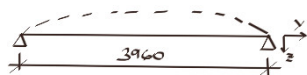


Schéma 15 Schéma vnějších diagonál



Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 49,737 \text{ kN}$$



Vzhledem k provedenému posouzení diagonály se shodným průřezem se předpokládá, že tento průřez vyhoví i jako vodorovný nosník namáhaný nižší normálovou silou a srovnatelnou vzpěrnou délkou.

5.8.3 Přípoj vnějších diagonál z L průřezů



Obrázek 16 Styčnick vnějších diagonál

Fotografie dokumentuje původní spoj. Rozměr styčnickového plechu byl získán ze stávající dokumentace. Nejsou známy všechny detaily konstrukce, tedy typ a rozměry šroubů nebyly zjištěny. Bezpečně budou uvažovány šrouby 4.6.

Styčnickový plech P10 přivařen na průběžný vodorovný prut L70x8 svarem s účinnou výškou 3 mm, který není zatížen.

Posouzení šroubů 2xM16 4.6:

Rozteče šroubů v plechu:

Nejméně:

$$e_{1,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_{2,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18 = 39,6 \text{ mm}$$

$$p_{2,min} = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 18 = 43,2 \text{ mm}$$

$$L = 50 \text{ mm} \geq 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 18 = 43,2 \text{ mm}$$

$$e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$e_2 = 25 \text{ mm}$$

$$a_1 = p_1 - \frac{a_2}{2} = 55 - \frac{35}{2} = 37,5 \text{ mm} \rightarrow 40 \text{ mm}$$

$$p_1 = 55 \text{ mm}$$

$$a_2 = 35 \text{ mm}$$

Rozteče šroubů v L – profilu:

$$L = 50 \text{ mm} \geq 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 18 = 43,2 \text{ mm}$$

$$v = 40 \text{ mm}$$

Střih

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 157}{1,25} = 30,14 \text{ kN} \geq \frac{23,2}{2} = 11,6 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Otlačení

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

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

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3} \cdot d_0 = \frac{40}{3} \cdot 18 = 240 \dots \text{pro vytržení okraje} \\ (p_1/3 \cdot d_0) - 0,25 = \left(\frac{55}{3} \cdot 18\right) - 0,25 = 329,75 \dots \text{pro protržení otvoru} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{400}{430} = \mathbf{0,93} \dots \text{pro otláčení šroubu} \end{array} \right.$$

1 Pro otláčení plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{25}{18} - 1,7 = \mathbf{2,19} \\ 2,5 \end{array} \right.$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,19 \cdot 0,93 \cdot 430 \cdot 16 \cdot 8}{1,25} = 89,68 \text{ kN} \geq \frac{23,2}{2} = 11,6 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Únosnost úhelníku – spoj se dvěma šrouby:

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,4 \cdot A_{net} \cdot 430}{1,25} = \frac{0,4 \cdot 926 \cdot 430}{1,25} = 127,42 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 46,4 \text{ kN}$$

$$\beta_2 = 0,4$$

$$A_{net} = A_{L70 \times 8} - A_{d0} = 1070 - 8 \cdot 18 = 926 \text{ mm}^2$$

Únosnost plechu:

Rozdělení šikmé síly na složky a posouzení jako pro dvě smykové síly.

$$N_v = N \cdot \cos 36^\circ = 46,4 \cdot \cos 36^\circ = 37,5 \text{ kN}$$

$$N_h = N \cdot \sin 36^\circ = 46,4 \cdot \sin 36^\circ = 27,27 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost ve vytržení skupiny šroubů namáhané excentrickým zatížením

$$V_{eff,2,Rd,v} = 0,5 \cdot f_u \cdot \frac{A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot f_y \cdot \frac{A_{nv}}{\gamma_{M0}} = 0 + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 275 \cdot \frac{((95 - 9) \cdot 10)}{1} = 136,54 \text{ kN}$$

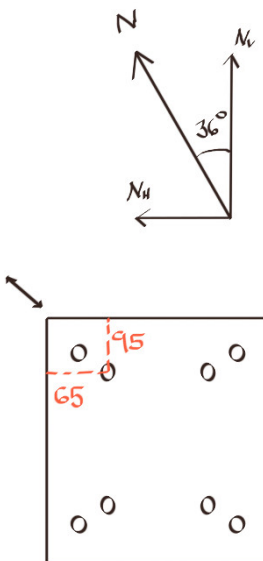
$$\geq N_v = 46,4 \text{ kN}$$

Vyhovuje

$$V_{eff,2,Rd,h} = 0,5 \cdot f_u \cdot \frac{A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot f_y \cdot \frac{A_{nv}}{\gamma_{M0}} = 0 + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 275 \cdot \frac{((65 - 9) \cdot 10)}{1} = 88,9 \text{ kN} \geq N_v$$

$$= 46,4 \text{ kN}$$

Vyhovuje



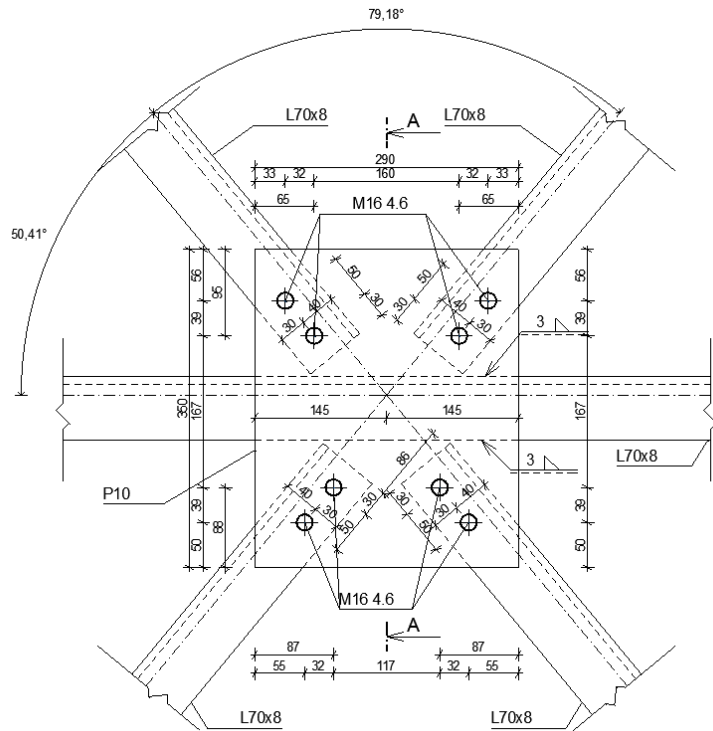


Schéma 16 Připoj vnějších diagonál L-průřezů

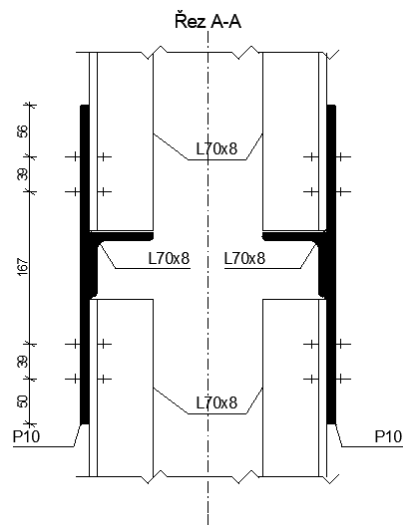


Schéma 17 Připoj vnějších diagonál L-průřezů

5.8.4 Napojení vodorovných členěných prutů na hlavní sloup



Obrázek 17 Napojení vodorovných členěných prutů na hlavní sloup

Rozteče šroubů v plechu:

$$e_1 = 25 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 25 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$p_1 = 40 \text{ mm} \geq 39,6 \text{ mm}$$

Síla v jednom prutu

$$F_{Ed} = \frac{37,383}{2} = 18,7 \text{ kN}$$

Šroubový spoj kategorie A:

Střih

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 157}{1,25} = 30,14 \text{ kN} \geq 18,7/2 = 9,35 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Otlačení

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

$$t_{w,U300} = 10 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3} \cdot d_0 = \frac{25}{3} \cdot 18 = 150 \dots \text{pro vytržení okraje} \\ (p_1/3 \cdot d_0) - 0,25 = \left(\frac{40}{3} \cdot 18\right) - 0,25 = 239,75 \dots \text{pro protržení otvoru} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{400}{430} = \mathbf{0,93} \dots \text{pro otlačení šroubu} \end{array} \right.$$

1 Pro otlačení plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{25}{18} - 1,7 = \mathbf{2,19} \\ 2,5 \end{array} \right.$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,19 \cdot 0,93 \cdot 430 \cdot 16 \cdot 8}{1,25} = 89,68 \text{ kN} \geq 18,7/2 = 9,35 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Posouzení svaru:

Uvažováno $a_w = 3 \text{ mm}$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{18,7 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 111^2} = 0,18 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{0,18^2 + 3 \cdot (0,18^2 + 0)} = 0,36 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{430}{0,85 \cdot 1,25} = 404,7 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 0,18 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{430}{1,25} = 344 \text{ MPa}$$

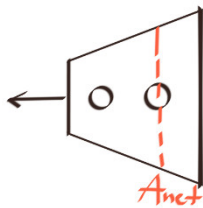
Vyhovuje

Posouzení plechu:

$$A_{net} = (86 \cdot 10) - (18 \cdot 10) = 680 \text{ mm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{680 \cdot 275}{1,0} = 187 \text{ kN} \geq 18,7 \text{ kN}$$

Vyhovuje



Únosnost úhelníku – spoj se dvěma šrouby:

$$\beta_2 = 0,4$$

$$A_{net} = A_{L70 \times 8} - A_{d0} = 1070 - 8 \cdot 18 = 926 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,4 \cdot A_{net} \cdot 430}{1,25} = \frac{0,4 \cdot 926 \cdot 430}{1,25} = 127,42 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 18,7 \text{ kN}$$

Vyhovuje

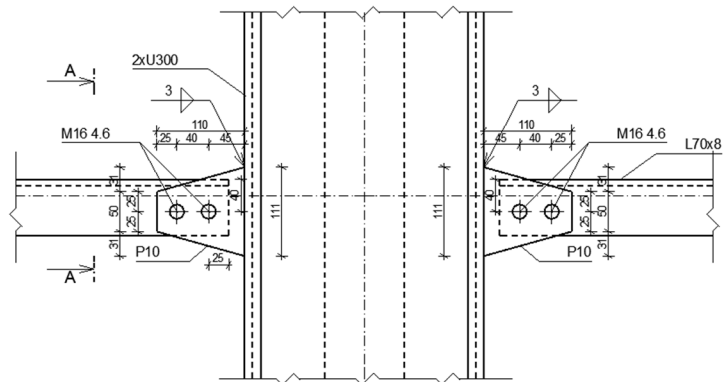


Schéma 18 Napojení vodorovných členěných prutů na hlavní sloup

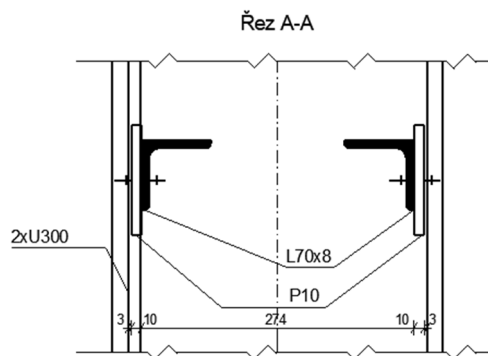


Schéma 19 Napojení vodorovných členěných prutů na hlavní sloup

5.9 Jádru

Vnitřní jádro je provedeno jako nová konstrukce, ve které je umístěn výtah, technologie a schodiště. Sloupy jádra mají rozdílné výšky, protože se snaží kopírovat rastr původní konstrukce. Mezi sloupy jsou umístěny diagonály.

5.9.1 Příčel pro technickou šachtu

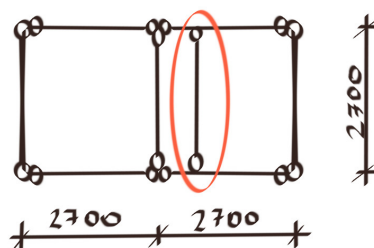
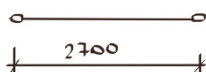


Schéma 20 Jádru

Návrhové zatížení:

$$V_{z,Ed} = 15,845 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 20,947 \text{ kNm}$$



Průřez: IPE 270

$$A_{v,z} = 2568 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 484000 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1 (pro ohyb)

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 2568 \cdot 136 = 349,25 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{15,845}{349,25} = 0,045 \leq 1,0$$

Vyhovuje

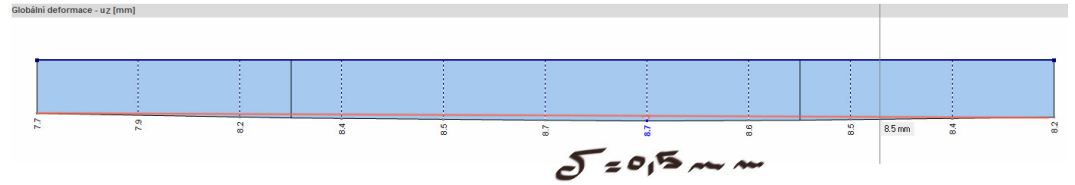
Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{484000 \cdot 235}{1,0} = 113,74 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{20,947}{113,74} = 0,18 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:



$$W_{lim} = L/400 = 2700/400 = 6,75 \text{ mm}$$

$$W = 0,5 \text{ mm}$$

$$W = 0,5 \text{ mm} \leq W_{lim} = 6,75 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.9.2 Vnější příčel – v prostoru pater

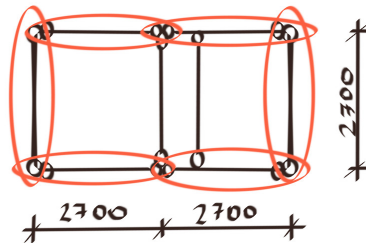


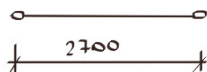
Schéma 21 Jádru

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 45,94 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -20,621 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 20,947 \text{ kNm}$$



Průřez: IPE 270

$$A = 4595 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 2214 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 57900000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 4199000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 484000 \text{ mm}^3$$

Třída průřezu 1 (Pro ohyb)

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{4595 \cdot 235}{1,0} = 1079 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{45,94}{1079} = 0,04 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 2214 \cdot 136 = 301,1$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{20,621}{301,1} = 0,07 \leq 1,0$$

Vyhovuje

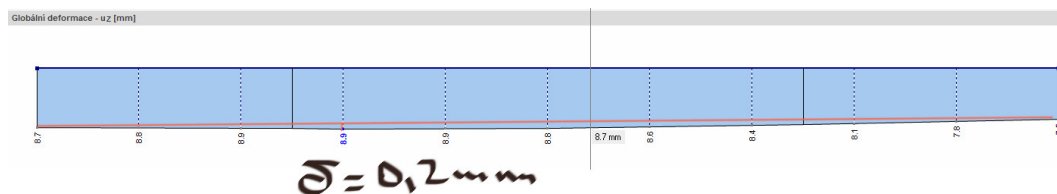
Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{484000 \cdot 235}{1,0} = 113,74 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{20,947}{113,74} = 0,18 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:



$$W_{lim} = L/400 = 2700/400 = 6,75 \text{ mm}$$

$$W = 0,2 \text{ mm}$$

$$W = 0,2 \text{ mm} \leq W_{lim} = 6,75 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.9.3 Vnitřní příčel

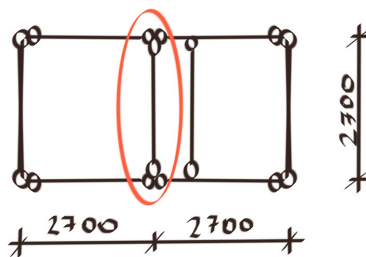
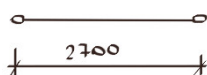


Schéma 22 Jádru

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 26,986 \text{ kN}$$



Průřez: IPE 80

$$A = 764 \text{ mm}^2$$

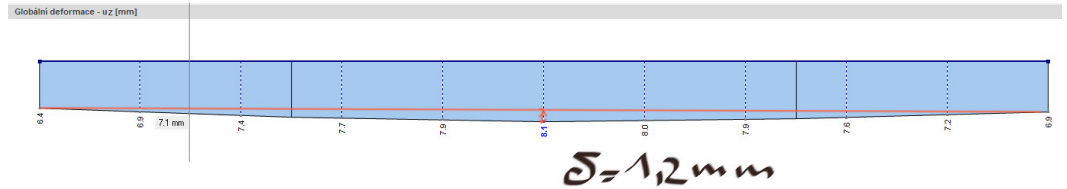
Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{764 \cdot 235}{1,0} = 179 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{26,986}{179} = 0,15 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:



$$W_{lim} = L/400 = 2700/400 = 6,75 \text{ mm}$$

$$W = 1,2 \text{ mm}$$

$$W = 1,2 \text{ mm} \leq W_{lim} = 6,75 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.9.4 Sloup

5.9.4.1 S největším zatížením

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -250,063 \text{ kN}$$

Průřez: HEA100

$$A = 2124 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 3492000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1338000 \text{ mm}^4$$

S235



Vzpěr:

Rozhodující vybočení v rovině menší tuhosti

$$L_{Teor} = 2518 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 2518 \text{ mm}$$

Rozhodující kolmo k ose z

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 1338000 \cdot 10^3}{2518^2} = 437,4 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2124 \cdot 235}{437,4 \cdot 10^3}} = 1,07$$

$$h/b = 96/100 = 0,96 \leq 1,2$$

$$t_f = 8 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose z – křivka vzpěrnosti c

$$\text{Interpolace} \rightarrow \chi_z = 0,501 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,501 \cdot 2124 \cdot 235}{1,0} = 250,07 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{|-250,063|}{250,07} = 0,999 \leq 1,0$$

Vyhovuje

5.9.4.2 S největší vzpěrnou délkou

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -52,649 \text{ kN}$$

Průřez: HEA100

$$A = 2124 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 3492000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1338000 \text{ mm}^4$$

Vzpěr – kolmo k z:

Rozhodující vybočení v rovině menší tuhosti

$$L_{Teor} = 3380 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3380 \text{ mm}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 1338000 \cdot 10^3}{3380^2} = 242,74 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2124 \cdot 235}{242,74 \cdot 10^3}} = 1,43$$

$$h/b = 96/100 = 0,96 \leq 1,2$$

$$t_f = 8 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose z – křivka vzpěrnosti c

$$\text{Interpolace} \rightarrow \chi_z = 0,337 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,337 \cdot 2124 \cdot 235}{1,0} = 168,17 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{|-52,649|}{168,17} = 0,31 \leq 1,0$$

Vyhovuje

5.9.5 Spodní diagonála

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -39,763 \text{ kN}$$

Průřez: RO63,5x5 za studena tvarovaná

$$A = 919 \text{ mm}^2$$

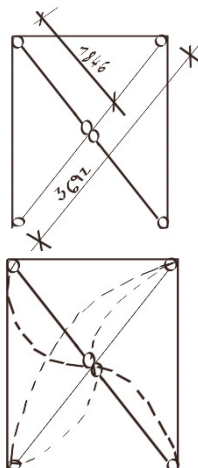
$$I_y = I_z = 396000 \text{ mm}^4$$

Vzpěr:

Rozhodující vybočení z roviny konstrukce (nejdelší vzpěrná délka) – tedy kolmo k ose z

$$L_{Teor} = 3692 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 3692 \text{ mm}$$



$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 396000 \cdot 10^3}{3692^2} = 52,29 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{919 \cdot 235}{52,29 \cdot 10^3}} = 2,03$$

Trubka za studena tvarovaná – křivka vzpěrnosti c

$$\chi_z = 0,191 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,191 \cdot 919 \cdot 235}{1,0} = 41,21 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{39,763}{41,21} = 0,965 \leq 1,0$$

Vyhovuje

5.9.6 Patka sloupu jádra

Návrhové zatížení

$$N_{Ed} = -250,063 \text{ kN}$$

Patky kloubové, montážně tuhé z nevyztuženého patního plechu.

Posouzení únosnosti betonové patky s odhadovanou únosností zeminy viz příloha posouzení patky v software GEO5.

Materiál patky: C20/25

Kotevní šrouby: Hilti HVU+HAS M16 (5.8)

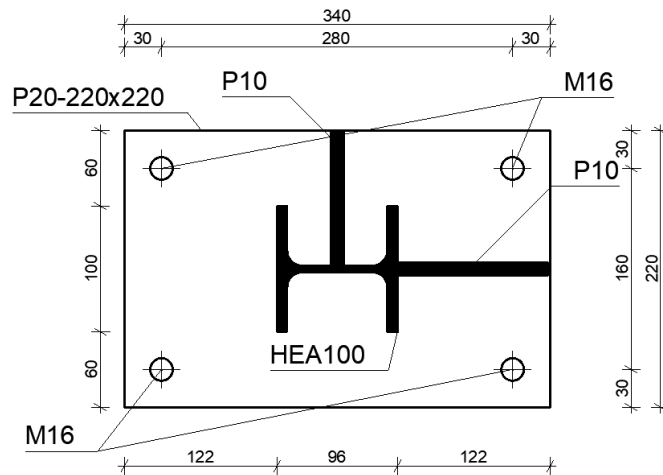


Schéma 23 Patka jádra

Rozměry betonové patky

$$a_c = 1300 \text{ mm}$$

$$b_c = 1300 \text{ mm}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

Rozměry patního plechu – t = 30 mm, M16

$$e_{1,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 16 = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_{2,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 16 = 21,6 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 16 = 31,6 \text{ mm}$$

$$p_{2,min} = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 16 = 43,2 \text{ mm}$$

Započitatelné rozměry betonové patky

$$a_1 = \min(3 \cdot a_0, a_0 + h, a_c) = \min(3 \cdot 220, 220 + 1000, 1300) = 660 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(3 \cdot a_0, a_0 + h, a_c) = \min(3 \cdot 220, 220 + 1000, 1300) = 660 \text{ mm}$$

Součinitel kontrakce napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{660 \cdot 660}{1300 \cdot 1300}} = 0,508$$

Návrhová pevnost betonu

$$\beta_j = 2/3$$

Tloušťka podlití $\leq 0,2 b = 260 \text{ mm}$

f_{ck} malty $\geq 0,2 f_{ck}$ betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,508 \cdot 20}{1,5} = 4,52 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 4,52}} = 124,9 \text{ mm}$$

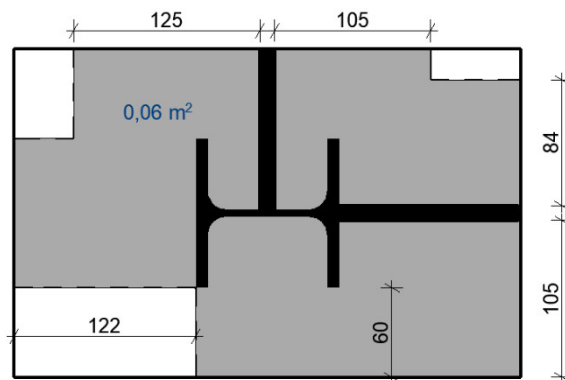


Schéma 24 Efektivní plocha patní desky

$$A_{eff} = 60000 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 60000 \cdot 4,52 = 271,2 \text{ kN} \geq N_{ed} = 250,063 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Kotvy posouzeny na smyk. V software RAWPLUG EasyFix. Výpočet viz příloha statického výpočtu.

5.9.7 Jádru – napojení diagonál

TR63,5x5

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -39,763 \text{ kN}$$

Svar připojované diagonály na plech:

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$L_w = 40 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N}{4 \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{39,763 \cdot 10^3}{4 \cdot 3 \cdot 40} = 82,84 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 82,84^2)} = 143,5 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Svar plechu na průběžnou diagonálu:

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$L_w = 80 \text{ mm}$$

Svar není namáhán.

Posouzení šroubů:

Šrouby 2 x M16 8.8

Rozteče šroubů v plechu:

$$e_1 = 25 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 40 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$p_1 = 40 \text{ mm} \geq 39,6 \text{ mm}$$

Šroubový spoj kategorie A:

Sřih

Jedna sřizná plocha, smyková rovina prochází dříkem šroubu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} = 60,288 \text{ kN} \geq \frac{39,763}{2} = 19,9 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Otlačení

S235

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

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

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3} \cdot d_0 = \frac{25}{3} \cdot 18 = 150 \dots \text{pro vytržení okraje} \\ (p_1/3 \cdot d_0) - 0,25 = \left(\frac{40}{3} \cdot 18\right) - 0,25 = 239,75 \dots \text{pro protržení otvoru} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \dots \text{pro otlačení šroubu} \end{array} \right. \quad \mathbf{1 \text{ Pro otlačení plechu}}$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{40}{18} - 1,7 = 4,52 \\ 2,5 \end{array} \right.$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 5}{1,25} = 67,97 \text{ kN} \geq \frac{39,763}{2} = 19,9 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Posouzení plechu připojované diagonály:

$$A = 10 \cdot 80 = 800 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = 800 - 18 \cdot 10 = 620 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{800 \cdot 235}{1,0} = 188 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 39,763 \text{ kN}$$

Vyhovuje

$$N_{Rd,net} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M2}} = \frac{620 \cdot 235}{1,25} = 116,6 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 39,763 \text{ kN}$$

Vyhovuje

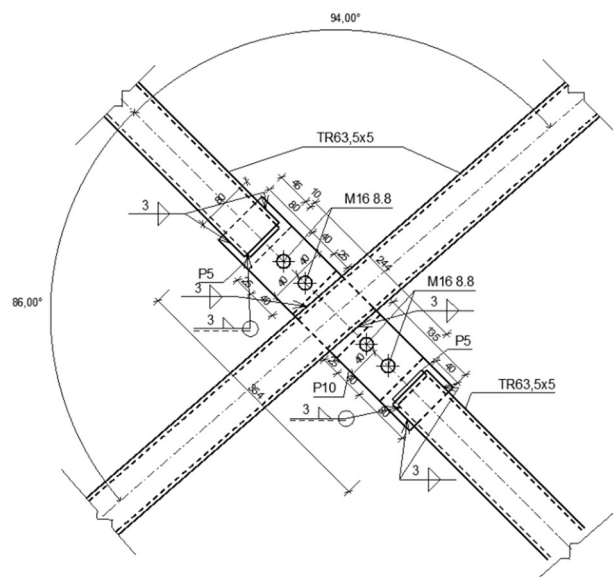


Schéma 25 Napojení diagonál jádra

5.9.8 Jádře – napojení diagonál na sloup v patě HEA100 – RO 63,5x5

Svary:

Připojení plechu na trubku:

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$L_w = 30 \text{ mm}$$

Shodný s přípojem v křížení diagonál a na shodné zatížení.

Připojení plechu na HEA100:

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

Vzhledem k délce svaru a zatížení bezpečně vyhoví.

Šrouby:

2xM16 8.8

Rozteče šroubů v plechu:

$$e_1 = 25 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 26 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$p_1 = 50 \text{ mm} \geq 39,6 \text{ mm}$$

Síla v jednom šroubu

$$F_{Ed} = \frac{39,763}{2} = 19,88 \text{ kN}$$

Šroubový spoj kategorie A:

Střih

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} = 60,288 \text{ kN} \geq 19,88 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Otlačení

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

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3} \cdot d_0 = \frac{25}{3} \cdot 18 = 150 \dots \text{pro vytržení okraje} \\ (p_1/3 \cdot d_0) - 0,25 = \left(\frac{50}{3} \cdot 18\right) - 0,25 = 299,75 \dots \text{pro protržení otvoru} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \dots \text{pro otlačení šroubu} \end{array} \right.$$

1 Pro otlačení plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{25}{18} - 1,7 = \mathbf{2,19} \\ 2,5 \end{array} \right.$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,19 \cdot 1 \cdot 430 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 120,54 \text{ kN} \geq 19,88 \text{ kN}$$

Vyhovuje**Kotvení:**

Chemická kotva RAWPLUG M16 8.8 R-KERII+R-STUDS-2060-88-FL posudek v software RAWPLUG EasyFix viz příloha statického výpočtu.

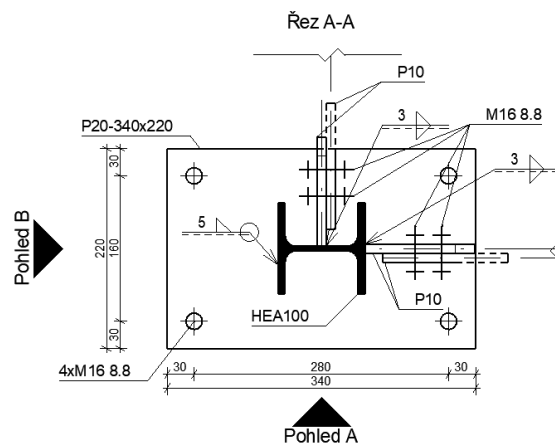


Schéma 26 Napojení diagonál v patě sloupu

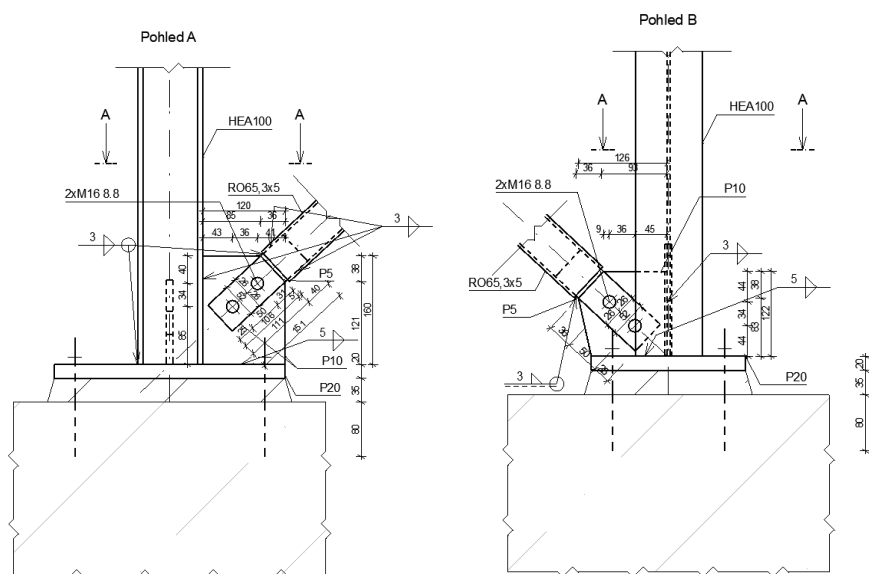


Schéma 27 Napojení diagonál v patě sloupu – pohledy

5.10 Prstencec

MSP – jeden prstencový nosník:

Jedna část prstence se skládá z 9 segmentů o délce 0,688 m.

$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{(9 \cdot 688)}{250} = \frac{6192}{250} = 24,768 \text{ mm}$$

$$W = 17,4 \text{ mm}$$

$$W = 17,4 \text{ mm} \leq W_{lim} = 24,768 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.10.1 Vnější profil prstence

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 34,385 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 11,741 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 15,838 \text{ kNm}$$

Průřez: RRO 250x150x10

$$A = 7260 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 4370,2 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 58250000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 26340000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 582000 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 409000 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7260 \cdot 235}{1,0} = 1236,1 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{34,385}{1706} = 0,02 \leq 1,0$$

Smyk:

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 4370,2 \cdot 136 = 594,35 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{11,741}{594,35} = 0,02 \leq 1,0 \text{ (Malý smyk)}$$

Vyhovuje**Ohyb s malým smykem:**

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{582000 \cdot 235}{1,0} = 137 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{15,838}{137} = 0,12 \leq 1,0$$

Vyhovuje**5.10.2 Vnitřní profil prstence**

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 15,217 \text{ kN}; -15,749 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -6,713 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -4,718 \text{ kNm}$$

Průřez: QRO 100x5

$$A = 1870 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 935 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 2790000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2790000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 66400 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1870 \cdot 235}{1,0} = 439,45 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{15,217}{439,45} = 0,035 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Vzpěr – kolmo k ose y:

$$L_{cr,y} = 771 + 687 = 1458 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 2790000 \cdot 10^3}{1458^2} = 2720 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1870 \cdot 235}{2720 \cdot 10^3}} = 0,4$$

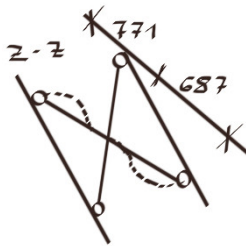
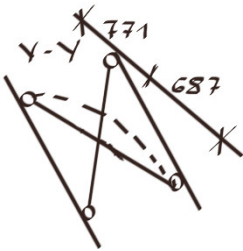
Křivka vzpěrnosti c

$$\chi_z = 0,897 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,897 \cdot 1870 \cdot 235}{1,0} = 39,42 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{|-15,749|}{39,42} = 0,4 \leq 1,0$$

Vyhovuje



Smyk:

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 935 \cdot 136 = 127,16 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{6,713}{127,16} = 0,053 \leq 1,0 \text{ (Malý smyk)}$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{66400 \cdot 235}{1,0} = 15,604 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{4,718}{15,604} = 0,3 \leq 1,0$$

Vyhovuje

5.10.3 Spoj vnitřní a vnější části prstence

Posouzeny budou dvě varianty provedení spoje. Následně bude preferována varianta napojení se styčnickovými plech z důvodu snadnějšího provedení svarů.

Posouzení spoje – s mezerou:

Průřez₀: RRO 250x150x10

Průřez₁: RRO 100x100x10

Průřez₂: RRO 100x100x10

g = 136 mm

$$n = \frac{\left(\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y0}}\right)}{\gamma_{M5}} = \frac{\left(\frac{38,72}{235}\right)}{1,0} = 0,16$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{34385}{7260} + \frac{15,838 \cdot 10^6}{466000} = 38,72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{33880}{7260} + \frac{15,838 \cdot 10^6}{466000} = 38,65 \text{ MPa}$$

$$N_{p,Ed} = N_{0,Ed} - \sum_{i>0} N_{i,Ed} \cdot \cos \theta_i = 34,385 + 15,217 \cdot \cos 17,49 - 15,749 \cdot \cos 17,49 = 33,88 \text{ kN}$$

Pro K styčník:

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{100 + 100 + 100 + 100}{4 \cdot 150} = 0,67$$

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{150}{2 \cdot 10} = 7,5$$

$$\eta = \frac{h_i}{b_i} = \frac{250}{150} = 1,67$$

Porušení povrchu pásu ($\beta \leq 1,0$)

$$N_{i,Rd} = \frac{8,9 \cdot \gamma^{0,5} \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_i} \cdot \left(\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_0}\right) / \gamma_{M5}$$

n > 0 (tlak)

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,16}{0,67} = 1,2 \leq 1,0$$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot 7,5^{0,5} \cdot 1,0 \cdot 235 \cdot 10^2}{\sin 17,49} \cdot \left(\frac{100 + 100}{2 \cdot 150}\right) / 1,0 = 1905,84 \text{ kN} \leq N_{Ed} = 34,385 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Porušení pásu smykem

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot A_v}{\sqrt{3} \cdot \sin \theta_i} / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} = \frac{235 \cdot 802}{\sqrt{3} \cdot \sin 17,49} / 1,0 = 362,06 \text{ kN} \leq N_{Ed} = 34,385 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Porušení mezipásového prutu

$$N_{i,Rd} = f_{yi} \cdot t_i \cdot (2 \cdot h_i - 4 \cdot t_i + b_i + b_{eff}) / \gamma_{M5}$$

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{yi} \cdot t_i} \cdot b_i = \frac{10}{150/10} \cdot \frac{235 \cdot 10}{235 \cdot 10} \cdot 100 = 66,67 \text{ mm} \leq b_i = 100 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} = 235 \cdot 10 \cdot (2 \cdot 100 - 4 \cdot 10 + 100 + 66,67) / 1,0 = 767,67 \text{ kN} \leq N_{Ed} = 34,385 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Prolomení smykem $\beta \leq (1 - 1/\gamma) = 0,87$

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot t_0}{\sqrt{3} \cdot \sin \theta_i} \cdot \left(\frac{2 \cdot h_i}{\sin \theta_i} + b_i + b_{e,p} \right) / \gamma_{M5}$$

$$b_{e,p} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot b_i = \frac{10}{150/10} \cdot 100 = 66,67 \text{ mm} \leq b_i = 100 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} = \frac{235 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot \sin 17,49} \cdot \left(\frac{2 \cdot 100}{\sin 17,49} + 100 + 66,67 \right) / 1,0 = 3756,6 \text{ kN} \leq N_{Ed} = 34,385 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Posouzení koutového svaru:

$$N_{Ed} = 34,385 \text{ kN}$$

$$\text{Délka svaru: } L_w = 333 \cdot 2 + 2 \cdot 100 = 866 \text{ mm}$$

$$a = 3 \text{ mm}$$

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} = 207,85 \text{ MPa}$$

$$F_{w,Rd} = a \cdot L_w \cdot f_{vw,d} = 3 \cdot 866 \cdot 207,85 = 540 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 34,385$$

Vyhovuje

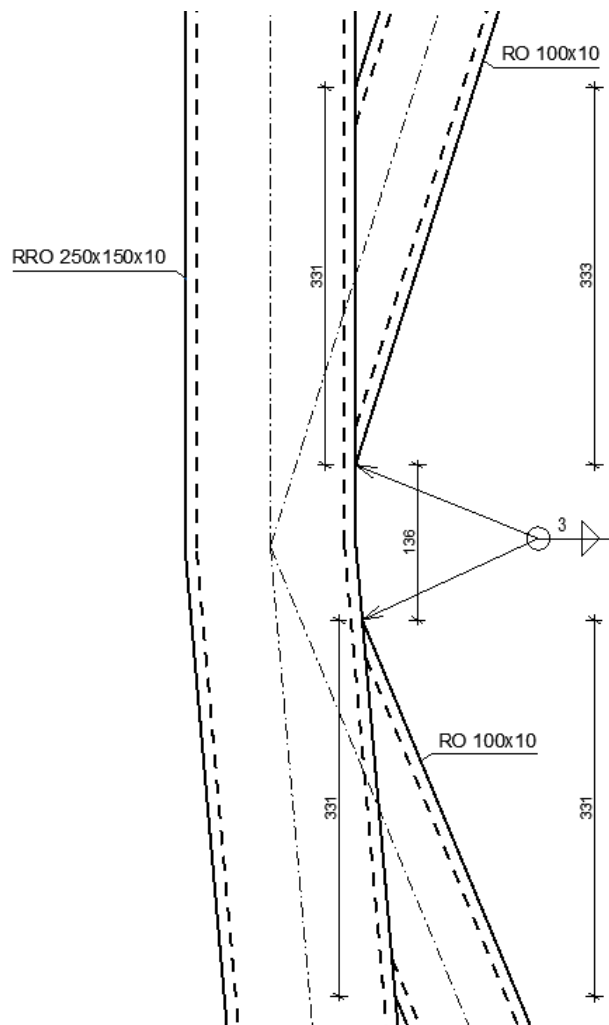


Schéma 28 Napojení vnitřních částí prstence na vnější

Posouzení spoje se styčnickovými plechy:

Upřednostněná varianta spoje – lepší přístup pro svařování.

Připojení trubky na plech:

$$N_{Ed} = 15,749 \text{ kN}$$

Posouzení, zda vyhoví minimální délka svaru 30 mm.

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$L_w = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N}{4 \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{15749}{4 \cdot 3 \cdot 30} = 43,75 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} = 207,84 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

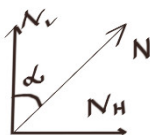
Provedený svar bude delší a opět vyhoví.

Připojení plechu na vnější profil prstence:

$$N = 15,749 \text{ kN}$$

$$N_V = 15,749 \cdot \cos \alpha = 15,749 \cdot \cos 17,49^\circ = 15,02 \text{ kN}$$

$$N_H = 15,749 \cdot \sin \alpha = 4,73 \text{ kN}$$



$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$L_w = 100 \text{ mm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_V}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{15020}{2 \cdot 3 \cdot 100} = 25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_H}{2 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{N_H \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_w \cdot L_w^2} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{4730}{2 \cdot 3 \cdot 100} + \frac{4730 \cdot 107}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 3 \cdot 100^2} \right) = 41,4 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{41,4^2 + 3 \cdot (41,4^2 + 25^2)} = 93,44 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 41,4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Připojení plechu na vnější trubku prstence:

Pro T styčnick:

$$\beta = \frac{b_1}{b_0} = \frac{100}{100} = 1$$

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{150}{2 \cdot 10} = 7,5$$

$$\eta = \frac{h_i}{b_0} = \frac{155}{150} = 1,03$$

Podélný plech – porušení povrchu pásu:

$$t_1/b_0 = 10/150 = 0,067 \leq 0,2$$

$$n = \frac{\left(\frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y0}}\right)}{\gamma_{M5}} = \frac{\left(\frac{38,72}{235}\right)}{1,0} = 0,16$$

$$\sigma_{0,Ed} = 38,72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,Ed} = 38,65 \text{ MPa}$$

$$n > 0 \text{ (tlak)}$$

$$k_m = 1,3 \cdot (1 - n) = 1,3 \cdot (1 - 0,16) = 1,092 \leq 1,0$$

$$N_{1,Rd} = \frac{k_m \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{1 - t_1/b_0} \cdot \frac{\left(2 \cdot h_1/b_0 + 4 \cdot \sqrt{1 - t_1/b_0}\right)}{\gamma_{M5}}$$

$$= \frac{1 \cdot 235 \cdot 10^2}{1 - 10/150} \cdot \frac{\left(2 \cdot 155/150 + 4 \cdot \sqrt{1 - 10/150}\right)}{1,0} = 149,3 \text{ kN} \geq N_{Ed}$$

$$= 15,75 \text{ kN}$$

Vyhovuje

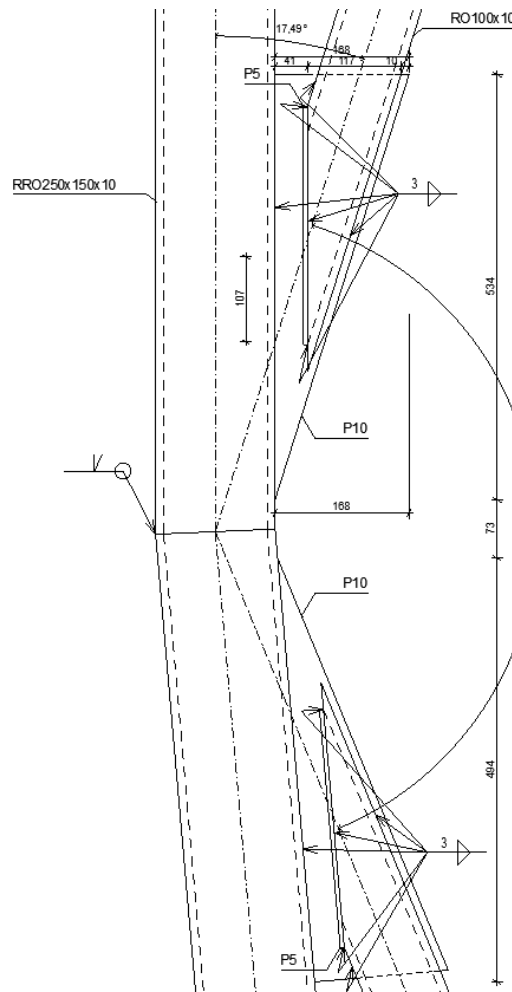


Schéma 29 Napojení vnitřních částí prstence na vnější - upřednostněná varianta

5.10.4 Napojení vnitřních prutů prstence

Koutový svar pro napojení čtyř prutů RRO 100x100x10.

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 16,03 \text{ kN}$$

Všechny průřezy: RO 100x10

Osová únosnost:

Pro X styčník:

$$\beta = \frac{b_1}{b_0} = \frac{100}{100} = 1$$

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 10} = 5$$

$$\eta = \frac{h_i}{b_i} = \frac{100}{100} = 1$$

Porušení povrchu pásu ($\beta \leq 0,85$) – není rozhodující

Vybočení boční stěny pásu ($\beta = 1$)

$$N_{i,Rd} = \frac{f_b}{\sin \theta_i} \cdot \left(\frac{2 \cdot h_i}{\sin \theta_1} + 10 \cdot t_0 \right) / \gamma_{M5}$$

Pro tah $f_b = f_{y0}$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} = \frac{235}{\sin 33,19^\circ} \cdot \frac{\left(\frac{2 \cdot 100}{\sin 33,19^\circ} + 10 \cdot 10 \right)}{1,0} = 199,77 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 16,03 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Porušení mezipásového prutu ($\beta \geq 0,85$)

$$N_{i,Rd} = f_{yi} \cdot t_i \cdot (2 \cdot h_i - 4 \cdot t_i + 2 \cdot b_{eff}) / \gamma_{M5}$$

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{yi} \cdot t_i} \cdot b_i = \frac{10}{100/10} \cdot \frac{235 \cdot 10}{235 \cdot 10} \cdot 100 = 100 \text{ mm} \leq b_i = 100 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} = 235 \cdot 10 \cdot (2 \cdot 100 - 4 \cdot 10 + 2 \cdot 100) / 1,0 = 846 \text{ kN} \leq N_{Ed} = 16,03 \text{ kN}$$

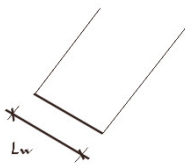
Vyhovuje

Prolomení smykem $0,85 \leq \beta \leq (1 - 1/\gamma) = 0,8$ – není rozhodující

Návrh svaru:

Délka svaru uvažována zjednodušeně viz schéma.

$$L_w = 4 \cdot 100 = 400 \text{ mm}$$



$$\tau_{\parallel} = 0$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot L_w} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{16030}{3 \cdot 400} = 9,45 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + 0^2)} = \sqrt{9,45^2 + 3 \cdot (9,45^2 + 0^2)} = 18,9 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 9,45 \text{ MPa} \leq \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

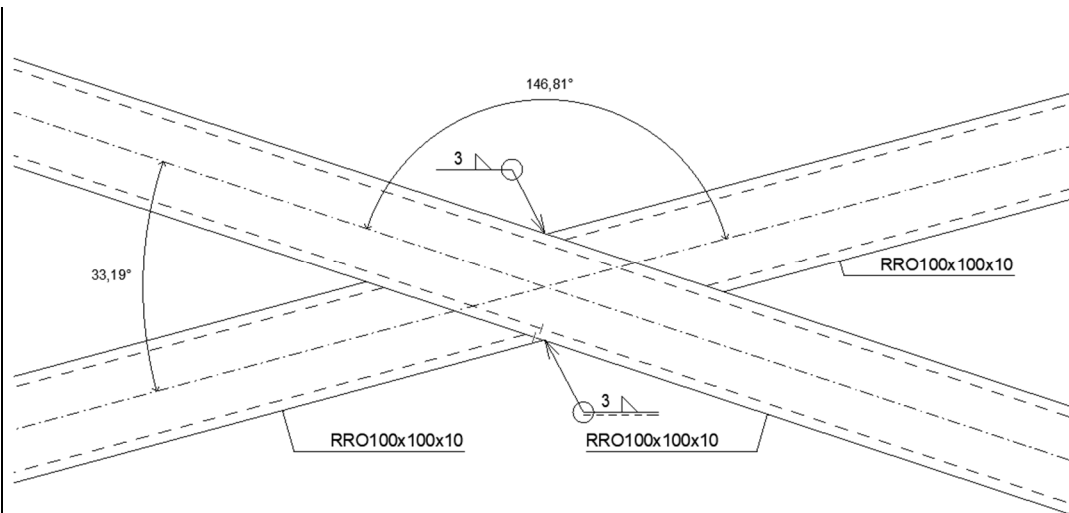


Schéma 30 Napojení vnitřních částí prstence

5.10.5 Konzola prstence

Konzola prstence je napojena na obvodové sloupy a nese kloubově napojené segmenty prstence.

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -15,29 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = -17,299 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 39,466 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -89,873 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -6,92 \text{ kNm}$$

Průřez: HEB500

$$A = 23860 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 8982 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 1072000000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 126200000 \text{ mm}^4$$

$$I_T = 5384000 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 7,018 \cdot 10^{12} \text{ mm}^6$$

$$W_{pl,y} = 4815000 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 841600 \text{ mm}^3$$

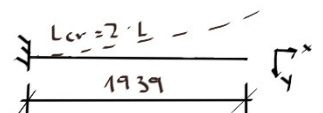
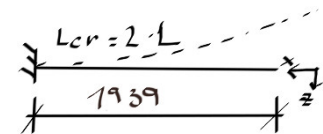
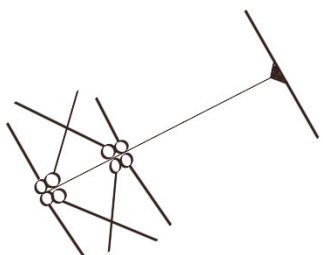
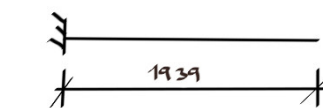
Třída průřezu 1

Vzpěr:

$$L_{cr,y} = 2 \cdot L_{Teor} = 2 \cdot 1939 = 3878 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 2 \cdot L_{Teor} = 2 \cdot 1939 = 3878 \text{ mm}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 126200000 \cdot 10^3}{3878^2} = 17392 \text{ kN}$$



$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{23860 \cdot 235}{17392 \cdot 10^3}} = 0,57$$

$$h/b = 500/300 = 1,67 > 1,2$$

$$t_f = 28 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Vybočení kolmo k ose z – křivka vzpěrnosti b

$$\chi_z = 0,852 \leq 1,0$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,852 \cdot 23860 \cdot 235}{1,0} = 4777 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} = \frac{|-15,29|}{4777} = 0,003 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Stabilita:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 1072000000 \cdot 10^3}{3878^2} = 147740 \text{ kN}$$

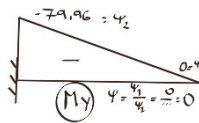
$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{23860 \cdot 235}{147740 \cdot 10^3}} = 0,19 \leq 0,2 \text{ (Prostý tlak)} \chi_y = 1,0$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 23860 \cdot 235 = 5607,1 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 4815000 \cdot 235 = 1132 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 841600 \cdot 235 = 198 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0,9$$



$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + (0,19 - 0,2) \cdot \frac{15,29}{1,0 \cdot 5607,1} \right)$$

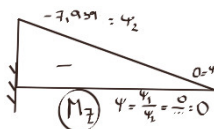
$$= 0,899 \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{15,29}{1,0 \cdot 5607,1} \right)$$

$$= 0,902$$

$$C_{mLT} = 0,9$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,899 = 0,539$$

$$C_{mz} = 0,9$$



$$\begin{aligned}
k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\
&= 0,9 \cdot \left(1 + (2 \cdot 0,57 - 0,6) \cdot \frac{15,29}{\frac{0,852 \cdot 5607,1}{1,0}} \right) = \mathbf{0,901} \leq \\
&= C_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{15,29}{\frac{0,852 \cdot 5607,1}{1,0}} \right) = 0,904 \\
k_{yz} &= 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,901 = 0,541
\end{aligned}$$

Pružný kritický moment

$$\begin{aligned}
M_{cr} &= \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} = 3,6 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 126200000 \cdot 80700 \cdot 5384000}}{3878} \\
&= \mathbf{9896,3 \text{ kNm}}
\end{aligned}$$

L: délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

$$L = 2 \cdot L_{Teor} = 2 \cdot 1939 = 3878 \text{ mm}$$

Bezrozměrný kritický moment

$$\begin{aligned}
\mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} \cdot \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right] \\
\mu_{cr} &= \frac{1,07}{0,5} \cdot \left[\sqrt{1 + 1,35^2 + (C_2 \cdot 0 - C_3 \cdot 0)^2} - (C_2 \cdot 0 - C_3 \cdot 0) \right] = 3,6
\end{aligned}$$

C_1, C_2, C_3 : součinitele závislé na zatížení a podmínkách uložení

konců

Bezrozměrný parametr kroucení

$$\begin{aligned}
\kappa_{wt} &= \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{0,5 \cdot 3878} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 7,018 \cdot 10^{12}}{80700 \cdot 5384000}} \\
&= 2,98 \leq C_1 = \mathbf{1,35}
\end{aligned}$$

Součinitel vzpěrné délky:

Uvažováno zatížení bodovou silou

$$k_w = 0,5 \text{ (vetknutí)}$$

$$k_z = 0,5$$

$$\kappa_{wt} \geq 1,0$$

$$C_1 = C_{1,1} = 1,07$$

Bezrozměrný parametr působení zatížení vzhledem ke středu smyku

$$\zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 0$$

k_w, k_z : součinitele vzpěrné délky

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

$$\zeta_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_T}} = 0$$

Souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

$$z_g = z_a - z_s = h/2 - h/2 = 0$$

$$z_j = z_s - \frac{0,5}{I_y} \cdot \int (y^2 + z^2) \cdot z \, dA =$$

0 (symetrický průřez)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{4815000 \cdot 235}{9896,3 \cdot 10^6}} = 0,34$$

křivka klopení b (pro válcované průřezy)

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,533 + \sqrt{0,533^2 - 0,75 \cdot 0,34^2}} = 1,023 \leq 1,0 \wedge \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2}$$

$$= \frac{1}{0,34^2} = 8,65$$

Průřez není náchylný ke zkroucení.

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

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,34 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,34^2] = 0,533$$

$$\rightarrow \frac{15,29}{1,0 \cdot 5607,1} + 0,899 \cdot \frac{89,873 + 0}{1,0 \cdot 1132} + 0,541 \cdot \frac{6,92 + 0}{198} = 0,09 \leq 1,0$$

Vyhovuje

$$\rightarrow \frac{15,29}{0,852 \cdot 5607,1} + 0,539 \cdot \frac{89,873 + 0}{1,0 \cdot 1132} + 0,901 \cdot \frac{6,92 + 0}{198} = 0,08 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

$W_{lim} = L/250 = 3878/250 = 15,512$ mm (případ, kdy průhyb může narušit vzhled objektu – na prstencem zavěšen obvodový plášť)

$W = 7,8$ mm

$$W = 7,8 \text{ mm} \leq W_{lim} = 15,512 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.10.6 Napojení prstence na konzolu

Napojení profilů RRO 250x150x10 a HEB500

Koutový svar $a = 3$ mm bezpečně vyhoví.

4 x M16 8.8

$$e_1 = 40 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$p_1 = 200 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm} \wedge \leq 210 \text{ mm}$$

$$e_2 = 60 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$p_2 = 210 \text{ mm} \geq 43,2 \text{ mm}$$



Šroubový spoj kategorie A:

Reakce z jednoho segmentu prstence: $R = 11,735 \text{ kN} + 6,713 = 18,45 \text{ kN}$

$$F_{v,Ed} = \frac{2 \cdot 18,45}{4} = 9,225 \text{ kN}$$

M16 8.8

Únosnost šroubu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A \cdot n}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157 \cdot 2}{1,25} = 120,57 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 9,225 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Únosnost šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,74 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 15}{1,25} = 127,87 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 9,225 \text{ kN}$$

Vyhovuje

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \alpha_d = 0,74 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \end{array} \right.$$

Pro šrouby u kraje

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{60}{18} - 1,7 = 7,63 \\ 2,5 \end{array} \right.$$

Pro vnitřní šrouby

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{210}{18} - 1,7 = 30 \\ 2,5 \end{array} \right.$$

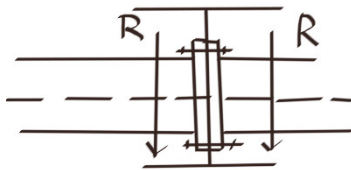
$$\alpha_d = \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{200}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4} = 3,45$$

Pro šrouby na konci

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{40}{3 \cdot 18} = 0,74$$

Z konstrukčních důvodů zvoleny 4 šrouby, které na únosnost bezpečně vyhovují.

Šroubový přípoj vyhoví



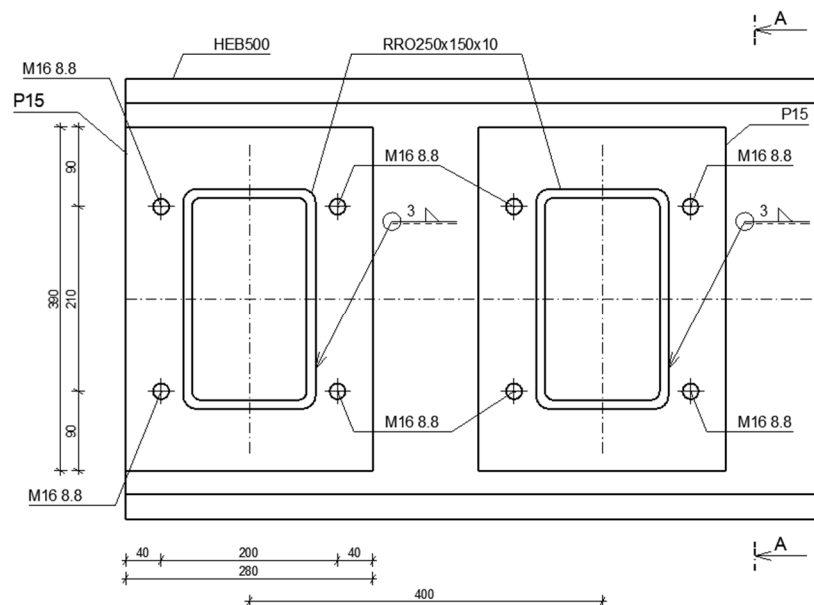


Schéma 31 Napojení prstence na konzolu

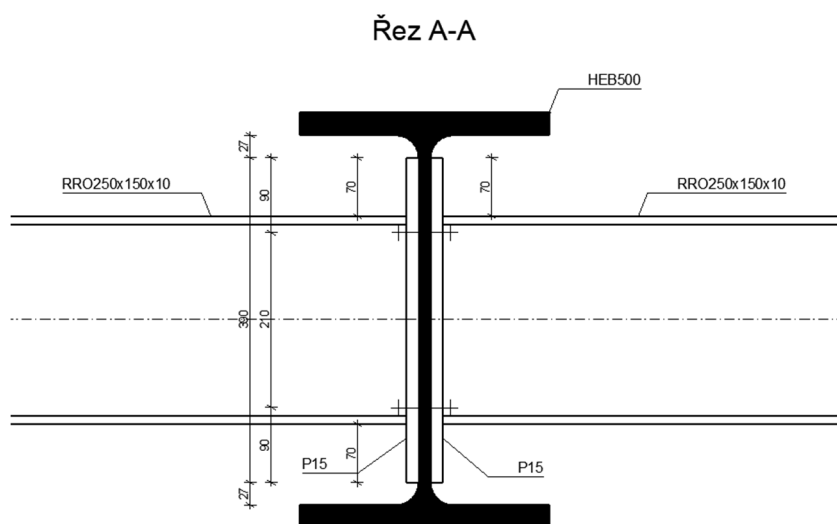


Schéma 32 Napojení prstence na konzolu - řez A

Vzhledem ke vzniku dvou typů napojení prstence na konzolu z důvodu tvaru příhrady prstence, je na zvážení změna geometrie prstence. Například zjednodušení tvaru a provedení Vierendeelova nosníku.

5.11 Střecha

Konstrukce střechy bude provedena jako nová konstrukce a zachován bude tvar původní střechy.

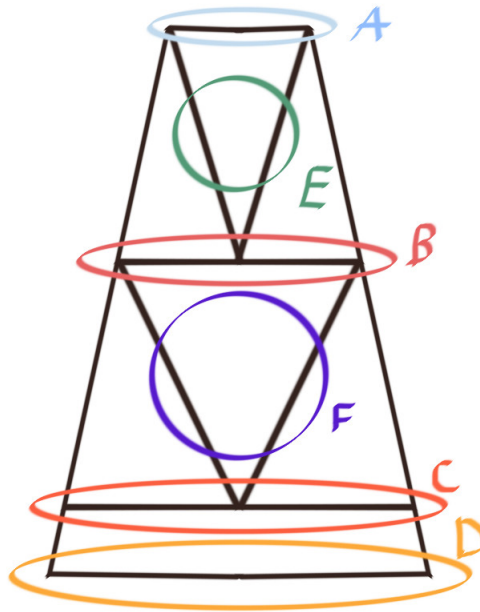


Schéma 33 Schéma tvaru střechy

5.11.1 Vodorovné nosníky

5.11.1.1 Vodorovný nosník A

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -19,097 \text{ kN}$$

Průřez: L 70x70x8

$$A = 1070 \text{ mm}^2$$

$$I_u = 749000 \text{ mm}^4$$

$$I_v = 200000 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 8177660 \text{ mm}^4$$

$$I_t = 21667,9 \text{ mm}^4$$

S235

Vzpěr – vybočení kolmo k ose u:

$$L_{cr,u} = L_{cr,v} = 1952 \text{ mm}$$

$$N_{cr,u} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_u}{L_{cr,u}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 749000 \cdot 10^3}{1952^2} = 407,42 \text{ kN}$$

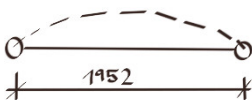
$$\bar{\lambda}_u = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,u}}} = \sqrt{\frac{1070 \cdot 235}{407,42 \cdot 10^3}} = 0,78$$

Křivka vzpěrnosti b (úhelníky)

$$\chi_y = 0,737 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,u} = \frac{\chi_u \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,737 \cdot 1070 \cdot 235}{1,0} = 185 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,u}} = \frac{|-19,097|}{185} = 0,1 \leq 1,0$$



5.11.1.2 Vodorovný nosník B

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -19,629 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 3,199 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 3,188 \text{ kNm}$$

Průřez: U100

$$A = 1350 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 646 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 2060000 \text{ mm}^4$$

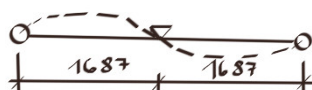
$$I_z = 293000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 49000 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu I

Vzpěr – vybočení kolmo k ose z



$$L_{cr,z} = 1687 \text{ mm}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 293000 \cdot 10^3}{1687^2} = 213,4 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1350 \cdot 235}{213,4 \cdot 10^3}} = 1,22$$

Křivka vzpěrnosti c

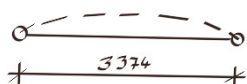
$$\chi_z = 0,424 \leq 1,0$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,424 \cdot 1350 \cdot 235}{1,0} = 134,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} = \frac{|-19,629|}{134,5} = 0,15 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Vzpěr – vybočení kolmo k ose y



$$L_{cr,y} = 3374 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 2060000 \cdot 10^3}{3374^2} = 375,06 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1350 \cdot 235}{375,06 \cdot 10^3}} = 0,92$$

Křivka vzpěrnosti c

$$\chi_y = 0,588 \leq 1,0$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,588 \cdot 1350 \cdot 235}{1,0} = 186,543 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} = \frac{|-19,629|}{186,543} = 0,11 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Vzpěr zkroucením:

Pro otevřené průřezy se symetrií okolo bodu se má uvážit vybočení vlivem zkroucení.

Pružná kritická síla

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

$$= \frac{1}{2562,9} \cdot \left(80700 \cdot 28100 + \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 4,140 \cdot 10^8}{3374^2} \right) = 914,22 \text{ kN}$$

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2 = 39,1^2 + 14,7^2 + (-28,6)^2 + 0^2 = 2562,9$$

Poloměr setrvačnosti plného průřezu k ose y-y: $i_y = 39,1 \text{ mm}$

Poloměr setrvačnosti plného průřezu k ose z-z: $i_z = 14,7 \text{ mm}$

Souřadnice středu smyku vztažené k těžišti plného průřezu: $y_o = -28,6 \text{ mm}$ $z_o = 0 \text{ mm}$

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,y}}{2 \cdot \beta} \cdot \left[1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{y_o}{i_o} \right)^2 \cdot \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right]$$

$$\beta = 1 - \left(\frac{y_o}{i_o} \right)^2 = 1 - \left(\frac{-28,6}{50,625} \right)^2 = 0,68$$

$$N_{cr,TF} = \frac{375,06}{2 \cdot 0,68} \cdot \left[1 + \frac{914,22}{375,06} - \sqrt{\left(1 - \frac{914,22}{375,06} \right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{-28,6}{50,625} \right)^2 \cdot \frac{914,22}{375,06}} \right]$$

$$= 127,52 \cdot [3,437 - 2,276] = 147,74 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{1350 \cdot 235}{147,74 \cdot 10^3}} = 1,47$$

Vzpěrná křivka c

$$\chi_T = 0,324$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_T \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,324 \cdot 1350 \cdot 235}{1,0} = 102,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{|-19,629|}{102,8} = 0,19 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 646 \cdot 136 = 87,9 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{3,199}{87,9} = 0,04 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{49000 \cdot 235}{1,0} = 11,52 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{3,188}{11,52} = 0,28 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{3374}{250} = 13,5 \text{ mm}$$

$$W = 12,6 \text{ mm}$$

$$W = 12,2 \text{ mm} \leq W_{lim} = 13,5 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.11.1.3 Vodorovný nosník C

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 81,56 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 4,065 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 5,105 \text{ kNm}$$

Průřez: 2xU120

$$A = 3400 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 1390,6 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 7280000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1734400 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 145465 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3400 \cdot 235}{1,0} = 799 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{81,56}{799} = 0,1 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1390,6 \cdot 136 = 189,121 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{4,065}{189,121} = 0,021 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{145465 \cdot 235}{1,0} = 34,2 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{5,105}{34,2} = 0,15 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{4552}{250} = 18,208 \text{ mm}$$

$$W = 9,9 \text{ mm}$$

$$W = 9,9 \text{ mm} \leq W_{lim} = 18,208 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.11.1.4 Vodorovný nosník D

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -14,219 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -5,060 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 6,738 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -1,478 \text{ kNm}$$

Průřez: U160

$$A = 2400 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 1022,2 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 9250000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 853000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 138000 \text{ mm}^3$$

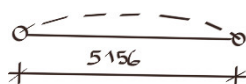
$$W_{pl,z} = 35200 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu I

Vzpěr – vybočení kolmo k ose z

$$L_{cr,z} = 5156 \text{ mm}$$



$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 853000 \cdot 10^3}{5156^2} = 66,5 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2400 \cdot 235}{66,5 \cdot 10^3}} = 2,91$$

Křivka vzpěrnosti c

$$\chi_z = 0,101 \leq 1,0$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,101 \cdot 2400 \cdot 235}{1,0} = 56,964 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} = \frac{|-14,219|}{56,964} = 0,25 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Vzpěr – vybočení kolmo k ose y

$$L_{cr,y} = 5156 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 9250000 \cdot 10^3}{5156^2} = 721,165 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2400 \cdot 235}{721,165 \cdot 10^3}} = 0,88$$

Křivka vzpěrnosti c

$$\chi_y = 0,612 \leq 1,0$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,612 \cdot 2400 \cdot 235}{1,0} = 345,2 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} = \frac{|-14,219|}{345,2} = 0,04 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Vzpěr zkroucením:

Pro otevřené průřezy se symetrií okolo bodu se má uvážit vybočení vlivem zkroucení.

Pružná kritická síla

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left(G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{l_T^2} \right) = \frac{1}{5481} \cdot \left(80700 \cdot 73900 + \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 3,26 \cdot 10^9}{5156^2} \right)$$

$$= 1134 \text{ kN}$$

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2 = 62,1^2 + 18,9^2 + (-35,6)^2 + 0^2 = 5481$$

Poloměr setrvačnosti plného průřezu k ose y-y: $i_y = 62,1 \text{ mm}$

Poloměr setrvačnosti plného průřezu k ose z-z: $i_z = 18,9 \text{ mm}$

Souřadnice středu smyku vztažené k těžišti plného průřezu: $y_o = -35,6 \text{ mm}$ $z_o = 0 \text{ mm}$

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,y}}{2 \cdot \beta} \cdot \left[1 + \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}} \right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{y_o}{i_o} \right)^2 \cdot \frac{N_{cr,T}}{N_{cr,y}}} \right]$$

$$\beta = 1 - \left(\frac{y_o}{i_o} \right)^2 = 1 - \left(\frac{-35,6}{74} \right)^2 = 0,77$$

$$N_{cr,TF} = \frac{721,165}{2 \cdot 0,77} \cdot \left[1 + \frac{1134}{721,165} - \sqrt{\left(1 - \frac{1134}{721,165} \right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{-35,6}{74} \right)^2 \cdot \frac{1134}{721,165}} \right]$$

$$= 468,3 \cdot [2,57 - 1,33] = 580,7 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{2400 \cdot 235}{580,7 \cdot 10^3}} = 0,99$$

Vzpěrná křivka c

$$\chi_T = 0,546$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_T \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,546 \cdot 2400 \cdot 235}{1,0} = 308 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{|-14,219|}{308} = 0,05 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 1022,2 \cdot 136 = 139 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{5,06}{139} = 0,04 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{138000 \cdot 235}{1,0} = 32,43 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{6,738}{32,43} = 0,21 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{5156}{250} = 20,62 \text{ mm}$$

$$W = 13,6 \text{ mm}$$

$$W = 13,6 \text{ mm} \leq W_{lim} = 20,62 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.11.2 Šikmý nosník střechy

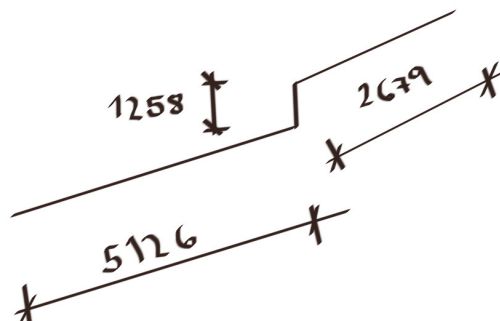


Schéma 34 Šikmý nosník střechy

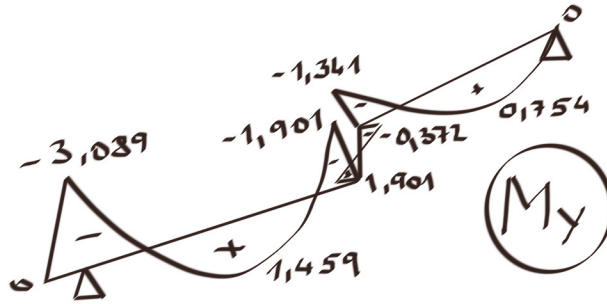


Schéma 35 Průběh momentu na šikmém nosníku

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 15,369 \text{ kN}; -40,401 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -4,097 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -3,089 \text{ kNm}$$

Průřez: IPE 120

$$A = 1321 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 631 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 3178000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 276700 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 60730 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 13580 \text{ mm}^3$$

S235

Třída průřezu 1

Vzpěr – vybočení kolmo k ose y

$$L_{cr,y} = 5126 + 1258 + 2679 = 9063 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 3178000 \cdot 10^3}{9063^2} = 80,191 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1321 \cdot 235}{80,191 \cdot 10^3}} = 1,97$$

$$h/b = 120/64 = 1,875 > 1,2$$

$$t_f = 6,3 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Křivka vzpěrnosti a

$$\chi_y = 0,229 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,229 \cdot 1321 \cdot 235}{1,0} = 71,09 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{|-40,401|}{71,09} = 0,568 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 631 \cdot 136 = 85,8 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{4,097}{85,8} = 0,05 \leq 1,0 \text{ (Malý smyk)}$$

Vyhovuje

Ohyb s malým smykem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{60730 \cdot 235}{1,0} = 14,3 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{3,089}{14,3} = 0,22 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Stabilita – horní část nosníku:

$$L_{LT} = 0,7 \cdot 2,679 \text{ m} = 1,88 \text{ m}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$L_{cr,z} = 0,7 \cdot 2,679 \text{ m} = 1,88 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 276700 \cdot 10^3}{1880^2} = 162,26 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1321 \cdot 235}{162,26 \cdot 10^3}} = 1,38$$

$$h/b = 120/64 = 1,875 > 1,2$$

$$t_f = 6,3 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm}$$

Křivka vzpěrnosti a

$$\chi_z = 0,922 \leq 1,0$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 1321 \cdot 235 = 310,44 \text{ kN}$$

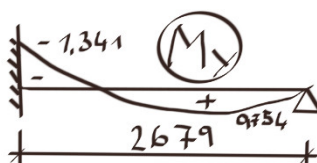
$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 60730 \cdot 235 = 14,27 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 13580 \cdot 235 = 3,19 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha_s = 0,1 - 0,8 \cdot (-0,562) = 0,550 \geq 0,4$$

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{0,754}{-1,341} = -0,562$$

$$\psi = \frac{\psi_1}{\psi_2} = \frac{0}{-1,341} = 0$$



$$\begin{aligned}
k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,55 \cdot \left(1 + (1,97 - 0,2) \cdot \frac{40,401}{0,229 \cdot 310,44} \right) \\
&= 1,103 \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \\
&= 0,550 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{40,401}{0,229 \cdot 310,44} \right) = \mathbf{0,8}
\end{aligned}$$

$$C_{mLT} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha_s = 0,1 - 0,8 \cdot (-0,562) = \mathbf{0,550} \geq 0,4$$

$$\begin{aligned}
k_{zy} &= \left[1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right] = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 1,38}{(0,95 - 0,25)} \cdot \frac{40,401}{0,922 \cdot 310,44 / 1,0} \right] \\
&= \mathbf{0,972} \leq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\
&= \left[1 - \frac{0,1}{(0,95 - 0,25)} \cdot \frac{40,401}{0,922 \cdot \frac{310,44}{1,0}} \right] = 0,98
\end{aligned}$$

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

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{0,044} = 0$$

$$\psi = \frac{\psi_1}{\psi_2} = 0$$

$$\begin{aligned}
k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \\
&= 0,95 \cdot \left(1 + (2 \cdot 1,38 - 0,6) \cdot \frac{40,401}{0,922 \cdot 310,44} \right) = 1,24 \leq \\
&= C_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 0,95 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{40,401}{0,922 \cdot 310,44} \right) \\
&= \mathbf{1,138}
\end{aligned}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,138 = 0,683$$

Pružný kritický moment

$$\begin{aligned}
M_{cr} &= \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} = 4,25 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 276700 \cdot 80700 \cdot 17350}}{2679} \\
&= 44,95 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

L: délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

$$L = 2679 \text{ mm}$$

Bezrozměrný kritický moment

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right]$$

$$\mu_{cr} = \frac{2,54}{0,7} \cdot \left[\sqrt{1 + 0,612^2 + (C_2 \cdot 0 - C_3 \cdot 0)^2} - (C_2 \cdot 0 - C_3 \cdot 0) \right] = 4,25$$

C_1, C_2, C_3 : součinitele závislé na zatížení a podmínkách uložení

konců

Bezrozměrný parametr kroucení

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{0,7 \cdot 2679} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 889,6 \cdot 10^6}{80700 \cdot 17350}}$$

$$= 0,612$$

Součinitel vzpěrné délky:

Uvažováno zatížení bodovou silou

$k_w = 0,7$ (jedna strana vetknutá)

$k_z = 0,7$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_{wt} = 2,33 + (2,68 - 2,33) \cdot 0,612 = 2,54 \leq C_{1,1} = 2,68$$

Bezrozměrný parametr působivosti zatížení vzhledem ke středu smyku

$$\zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_T}} = 0$$

k_w, k_z : součinitele vzpěrné délky

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

$$\zeta_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_T}} = 0$$

Souřadnice působivosti zatížení vzhledem ke středu smyku

$$z_g = z_a - z_s = h/2 - h/2 = 0$$

$$z_j = z_s - \frac{0,5}{I_y} \cdot \int (y^2 + z^2) \cdot z \, dA =$$

0 (symetrický průřez)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{52960 \cdot 235}{44,95 \cdot 10^6}} = 0,53$$

křivka klopení b (pro válcované průřezy)

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,627 + \sqrt{0,627^2 - 0,75 \cdot 0,53^2}} = 0,948 \leq 1,0 \wedge \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2}$$

$$= \frac{1}{0,53^2} = 3,56$$

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

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,53 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,53^2] = 0,627$$

$$\rightarrow \frac{40,401}{\frac{1,0 \cdot 310,44}{1,0}} + 0,8 \cdot \frac{3,089 + 0}{\frac{0,948 \cdot 14,27}{1,0}} + 0,683 \cdot \frac{0,044 + 0}{\frac{3,19}{1,0}} = 0,32 \leq 1,0$$

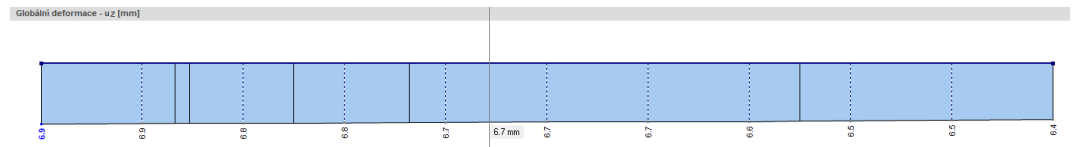
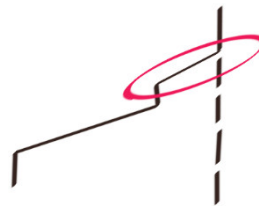
Vyhovuje

$$\rightarrow \frac{40,401}{\frac{1,0 \cdot 310,44}{1,0}} + 0,972 \cdot \frac{3,089 + 0}{\frac{0,948 \cdot 14,27}{1,0}} + 1,138 \cdot \frac{0,044 + 0}{\frac{3,19}{1,0}} = 0,37 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

Horní část:

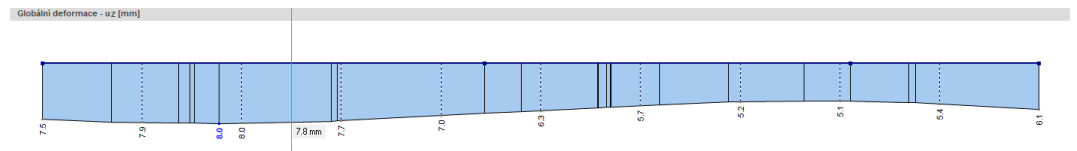
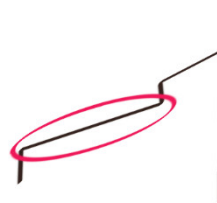


$$W_{lim} = L/250 = 2550/250 = 9 \text{ mm}$$

K průhybu samotného nosníku v horní části téměř nedochází.

Vyhovuje

Spodní část:



$$W_{lim} = L/250 = 4187/250 = 16,75 \text{ mm}$$

$$W = 0,5 \text{ mm}$$

$$W = 0,5 \text{ mm} \leq W_{lim} = 16,75 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.11.3 Horní vodorovný nosník

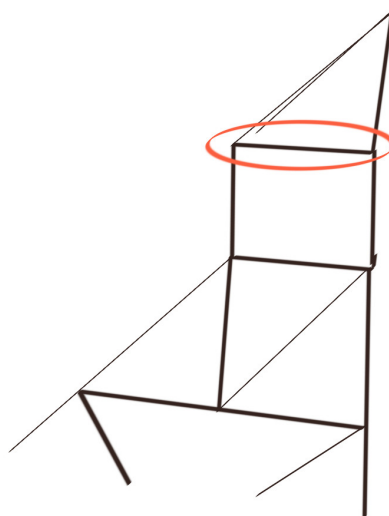


Schéma 36 Pohled na část střechy

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = 3,74 \text{ kN}$$

Průřez: L 50x50x5

$$A = 480 \text{ mm}^2$$

S235

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{480 \cdot 235}{1,0} = 112,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{3,74}{112,8} = 0,03 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:

$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{1952}{250} = 7,8 \text{ mm}$$

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

$$W = 7,4 \text{ mm} \leq W_{lim} = 7,8 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.11.4 Diagonály střechy

5.11.4.1 Diagonály E

$$N_{Ed} = 5,863 \text{ kN}; -4,172 \text{ kN}$$

Průřez: L 30x30x3

$$A = 174 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 14000 \text{ mm}^4$$

S235

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{174 \cdot 235}{1,0} = 40,89 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{5,863}{40,89} = 0,14 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Vzpěr:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 14000 \cdot 10^3}{2373^2} = 5,15 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{174 \cdot 235}{5,15 \cdot 10^3}} = 3,05$$

křivka vzpěrnosti b

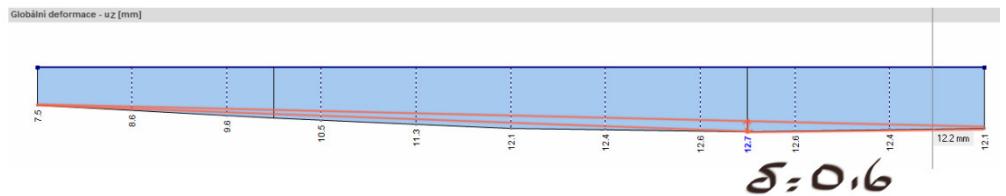
$$\chi_y = 0,097 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,097 \cdot 174 \cdot 235}{1,0} = 4,62 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{|-4,172|}{4,62} = 0,903 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:



$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{2373}{250} = 9,49 \text{ mm}$$

$$W = 0,6 \text{ mm}$$

$$W = 0,6 \text{ mm} \leq W_{lim} = 9,49 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.11.4.2 Diagonály F

$$N_{Ed} = 8,731 \text{ kN}, -5,285 \text{ kN}$$

Průřez: L 35x35x4

$$A = 297 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 29500 \text{ mm}^4$$

S235

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{297 \cdot 235}{1,0} = 69,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{8,731}{69,8} = 0,13 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Vzpěr:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 29500 \cdot 10^3}{2456^2} = 10,136 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{297 \cdot 235}{10,136 \cdot 10^3}} = 2,62$$

křivka vzpěrnosti b

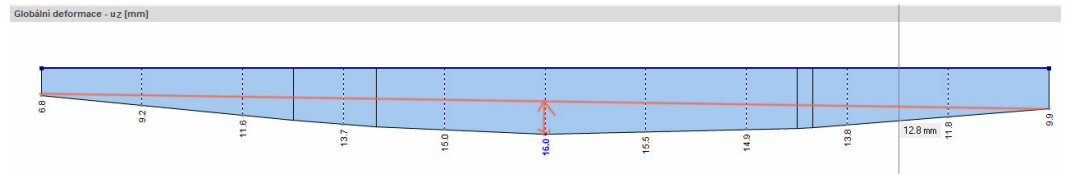
$$\chi_y = 0,128 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,128 \cdot 297 \cdot 235}{1,0} = 8,93 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{|-5,285|}{8,93} = 0,6 \leq 1,0$$

Vyhovuje

MSP:



$$W_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{2456}{250} = 9,82 \text{ mm}$$

$$W = 6,1 \text{ mm}$$

$$W = 6,1 \text{ mm} \leq W_{lim} = 9,82 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.11.5 Napojení hlavní sloup – střešní nosník

2xU300 – IPE120

Návrhové zatížení

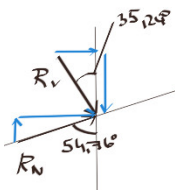
$$N_{Ed} = -42,355 \text{ kN}, 15,135 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -4,272 \text{ kN}, 3,466 \text{ kN}$$

Reakce

$$R_N = 57,49 \text{ kN}$$

$$R_v = 7,738 \text{ kN}$$



Čep:

$$F_{Ed} = 57,49 \cdot \sin 54,76^\circ + 7,738 \cdot \sin 35,24^\circ = 51,42 \text{ kN}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$L = 40 \text{ mm}$$

$$L = 40 \text{ mm} < 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

Lze navrhnout jako šroubový spoj s jedním šroubem.

Geometrie – dána tloušťka t

$$a = 20 \text{ mm} \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{51,42 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 15 \cdot 235} + \frac{2 \cdot 16}{3} = 17,96 \text{ mm}$$

$$c = 21 \text{ mm} \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{51,42 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 15 \cdot 235} + \frac{16}{3} = 12,63 \text{ mm}$$

Jako šroubový spoj kategorie A:

Střih

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{n \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 800 \cdot 201,06}{1,25} = 154,41 \text{ kN} \geq 51,42 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Otlačení

S235

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

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3} \cdot d_0 = \frac{28}{3} \cdot 16 = 240 \dots \text{pro vytržení okraje} \\ (p_1/3 \cdot d_0) - 0,25 = \left(\frac{0}{3} \cdot 16\right) - 0,25 = \dots \text{pro protržení otvoru} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \dots \text{pro otlačení šroubu} \end{array} \right.$$

1 Pro otlačení plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{55}{16} - 1,7 = 7,925 \\ \mathbf{2,5} \end{array} \right.$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 115,2 \text{ kN} \geq 51,42 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Svar – plech na IPE120:

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$L_w = 165 \text{ mm}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{R_v}{2 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{R_v \cdot e_1}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a_w \cdot L_w^2} + \frac{R_N \cdot e_2}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a_w \cdot L_w^2} \right)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{7,738 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 165} + \frac{7,738 \cdot 10^3 \cdot 53}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 165^2} + \frac{57,49 \cdot 10^3 \cdot 60}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 165^2} \right) = 105,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{R_N}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{57,49 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 165} = 58 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{105,77^2 + 3 \cdot (105,77^2 + 58^2)} = 234,2 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

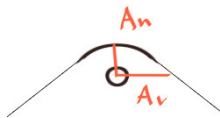
$$= \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 105,77 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Plech:



$$A_n = (28 - 8) \cdot 10 = 200 \text{ mm}^2$$

$$A_v = (55 - 8) \cdot 10 = 470 \text{ mm}^2$$

$$F_{Rd} = \frac{A_n \cdot f_u \cdot 0,5}{\gamma_{M2}} + \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{200 \cdot 360 \cdot 0,5}{1,25} + \frac{470 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 92,568 \text{ kN} \geq 51,42 \text{ kN}$$

Vyhovuje

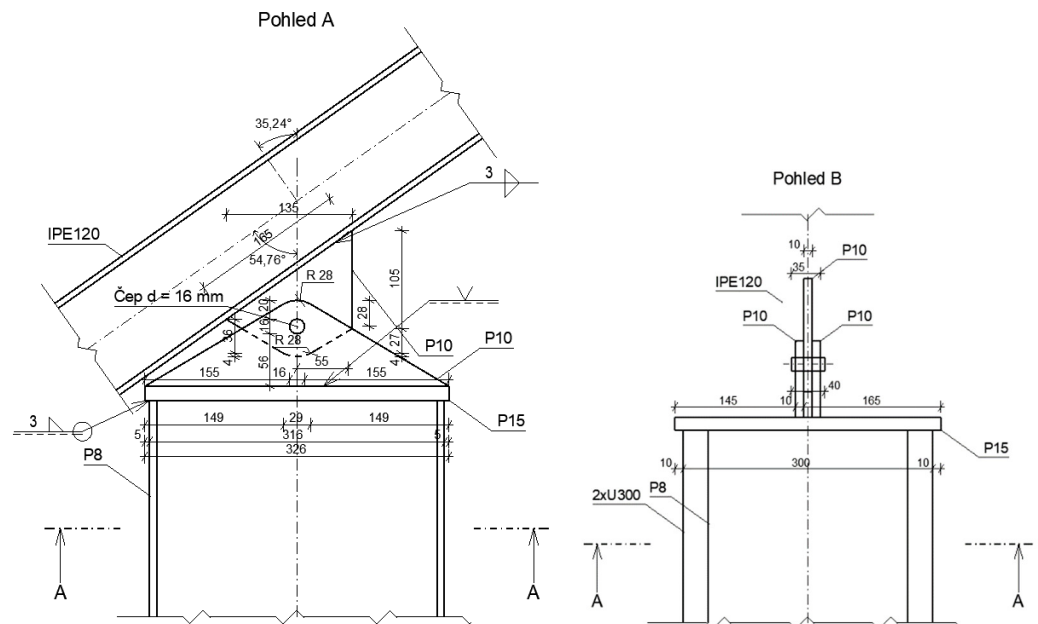


Schéma 37 Napojení hlavního sloupu na střešní nosník - pohledy

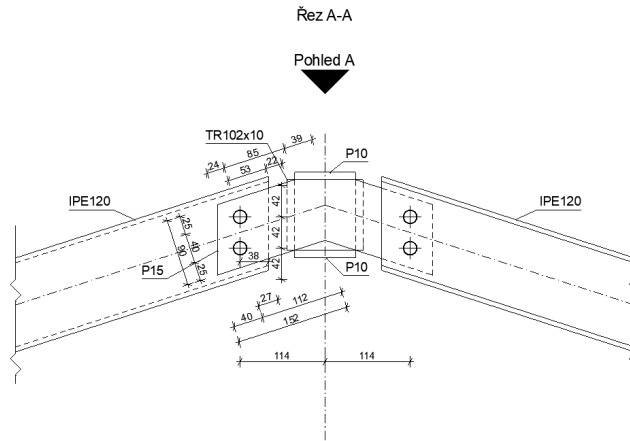


Schéma 40 Napojení střechy ve vrcholu - řez A-A

5.11.7 Napojení horní vodorovná část

Návrhové zatížení

Vodorovný nosník L70x8

$$N_{Ed} = -19,097 \text{ kN}$$

Diagonála L60x6

$$N_{Ed} = 5,863 \text{ kN}$$

Šroubový přípoj L70x8:

2 x M16 8.8

Rozteče šroubů v profilu:

$$e_1 = 30 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 30 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$p_1 = 40 \text{ mm} \geq 39,6 \text{ mm}$$

Síla v jednom šroubu

$$F_{Ed} = \frac{19,097}{2} = 9,55 \text{ kN}$$

Šroubový spoj kategorie A:

Střih

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} = 60,288 \text{ kN} \geq 9,55 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Otlačení

$$t_{L70x8} = 8 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3} \cdot d_0 = \frac{30}{3} \cdot 18 = 180 \dots \text{pro vytržení okraje} \\ (p_1/3 \cdot d_0) - 0,25 = \left(\frac{40}{3} \cdot 18\right) - 0,25 = 239,75 \dots \text{pro protržení otvoru} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \dots \text{pro otlačení šroubu} \\ \mathbf{1} \text{ Pro otlačení plechu} \end{array} \right.$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{30}{18} - 1,7 = 2,97 \right. \\ \left. 2,5 \right.$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 8}{1,25} = 46,08 \text{ kN} \geq 9,55 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Šroubový přípoj L60x6:

2 x M16 8.8

Rozteče šroubů v profilu:

$$e_1 = 25 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 25 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$p_1 = 45 \text{ mm} \geq 39,6 \text{ mm}$$

Síla v jednom šroubu

$$F_{Ed} = \frac{5,863}{2} = 2,93 \text{ kN}$$

Šroubový spoj kategorie A:

Střih – vyhoví viz posouzení pro profil 70x8

Otlačení

$$t_{L60x6} = 6 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3} \cdot d_0 = \frac{25}{3} \cdot 18 = 150 \dots \text{pro vytržení okraje} \\ (p_1/3 \cdot d_0) - 0,25 = \left(\frac{45}{3} \cdot 18\right) - 0,25 = 269,75 \dots \text{pro protržení otvoru} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \dots \text{pro otlačení šroubu} \end{array} \right.$$

1 Pro otlačení plechu

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{25}{18} - 1,7 = 2,19 \right. \\ \left. 2,5 \right.$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,19 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 8}{1,25} = 80,73 \text{ kN} \geq 2,93 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Svar:

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

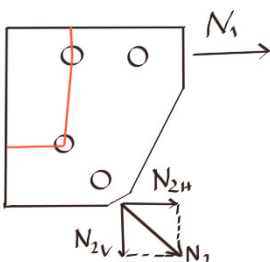
Vzhledem k malému namáhání se předpokládá, že svar vyhoví.

Posouzení plechu:

$$N_{Ed} = 19,097 + 5,863 \cdot \cos 52,10^\circ = 22,7 \text{ kN}$$

$$A_{net} = (52 + 70 + 40 - 2 \cdot 18) \cdot 10 = 1260 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M2}} = \frac{1260 \cdot 235}{1,25} = 236,88 \text{ kN} \geq 22,7 \text{ kN}$$



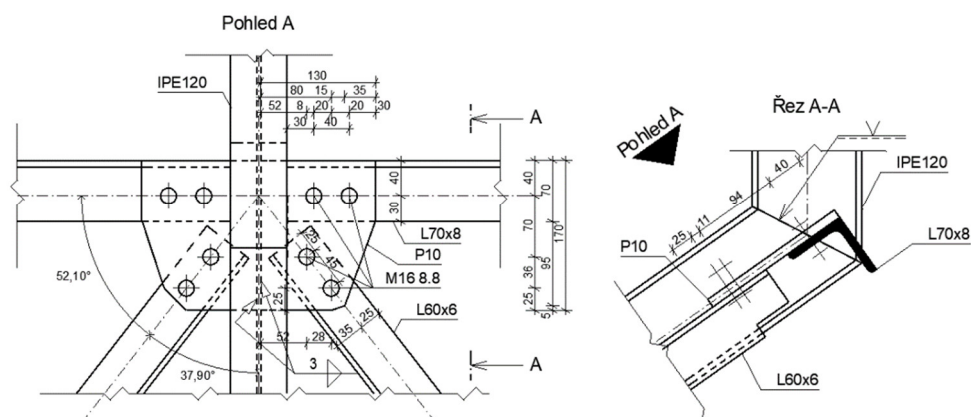


Schéma 41 Napojení diagonály a vodorovného nosníku

5.11.8 Napojení diagonál na nosníky

2xU120 – L60x6

L-průřez zvětšen z konstrukčních důvodů na L60x6. Na únosnost vyhoví průřez L35x4. Předpokládá se tedy, že otvory pro šrouby oslabený průřez L60x6 vyhoví. Vzhledem k malému zatížení se předpokládá, že vyhoví i styčnickový plech P10 se svary $a = 3$ mm.

$$N_{Ed} = 8,731 \text{ kN}$$

Šrouby – 2 x M16 8.8:

Šrouby namáhány silou $8,731/2 = 4,37 \text{ kN}$ a předpokládá se, že navržené šrouby bezpečně vyhoví.

$$e_1 = 25 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 25 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$p_1 = 40 \text{ mm} \geq 39,6 \text{ mm}$$

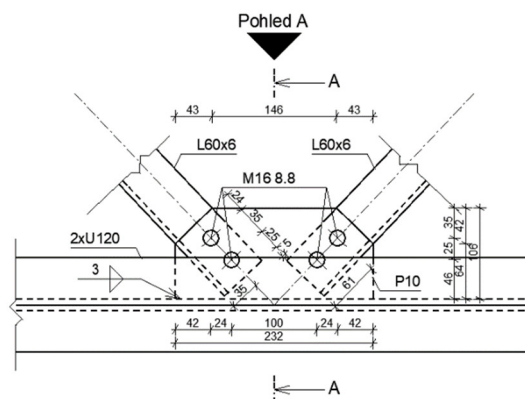


Schéma 42 Napojení diagonál na vodorovný nosník

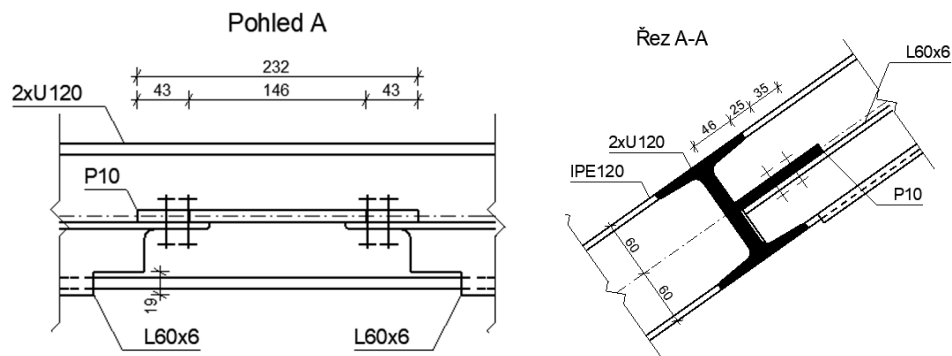


Schéma 43 Napojení diagonál na vodorovný nosník - pohled a řez

5.11.9 Napojení vodorovných nosníků na hlavní nosník střechy 2 x U160 – IPE 120

Návrhové zatížení – pro z jednoho úhelníku

$$N_{Ed} = -14,22 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 5,06 \text{ kN}$$

Šrouby:

2 x M16 8.8

Rozteče šroubů v profilu:

$$e_1 = 25 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 24 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm}$$

$$p_2 = 60 \text{ mm} \geq 43,2 \text{ mm}$$

Síla v jednom šroubu

$$F_{Ed} = \frac{14,22}{2} = 7,11 \text{ kN}$$

Šroubový spoj kategorie A:

Střih

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} = 60,288 \text{ kN} \geq 7,11 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Otlačení

$$t_{U160} = 7,5 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3} \cdot d_0 = \frac{25}{3} \cdot 18 = 150 \dots \text{pro vytržení okraje} \\ (p_2/3 \cdot d_0) - 0,25 = \left(\frac{60}{3} \cdot 18\right) - 0,25 = 539,75 \dots \text{pro protržení otvoru} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \dots \text{pro otlačení šroubu} \end{array} \right.$$

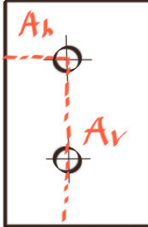
1 Pro otlačení plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{24}{18} - 1,7 = 2,03 \\ 2,5 \end{array} \right.$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,03 \cdot 1 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 7,5}{1,25} = 70,16 \text{ kN} \geq 7,11 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Plech:



$$A_n = (25 - (0,5 \cdot 18)) \cdot 10 = 160 \text{ mm}^2$$

$$A_v = (60 + 24 - (0,5 \cdot 18) - 18) \cdot 10 = 570 \text{ mm}^2$$

$$F_{Rd} = \frac{A_n \cdot f_u \cdot 0,5}{\gamma_{M2}} + \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{160 \cdot 360 \cdot 0,5}{1,25} + \frac{570 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 100,4 \text{ kN} \geq F_{Ed}$$

$$= 20,35 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Oslabený průřez U160:

$$A_n = (25 - (0,5 \cdot 18)) \cdot 7,5 = 120 \text{ mm}^2$$

$$A_v = (60 + 50 - (0,5 \cdot 18) - 18) \cdot 7,5 = 622,5 \text{ mm}^2$$

$$F_{Rd} = \frac{A_n \cdot f_u \cdot 0,5}{\gamma_{M2}} + \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{120 \cdot 360 \cdot 0,5}{1,25} + \frac{622,5 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 101,74 \text{ kN} \geq F_{Ed}$$

$$= 20,35 \text{ kN}$$

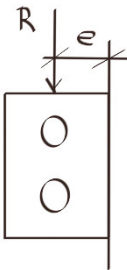
Vyhovuje

Svar:

Bezpečně uvažován jen svar na stojině profilu.

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$L_w = 93 \text{ mm}$$



$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{V_{Ed} \cdot e}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a_w \cdot L_w^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{14,22 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 93} + \frac{5,06 \cdot 10^3 \cdot 64}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 93^2}$$

$$= 55,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{5,06 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 93} = 9,07 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{55,5^2 + 3 \cdot (55,5^2 + 9,07^2)} = 112,11 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$= \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = 55,5 \text{ MPa} \leq \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Vnitřní část – tlačaná a ohýbaná

$$\alpha \leq 0,5: \quad c/t = 268/10 = 26,8 \leq \frac{36 \cdot \varepsilon}{\alpha} = \frac{36 \cdot \sqrt{\frac{235}{275}}}{0,49} = 216,75$$

Třída průřezu 1

Přečnávající část

$$c/t = 100 - 16/16 = 5,25 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot \sqrt{\frac{235}{275}} = 8,28$$

Třída průřezu 1

Vzpěr:

$$L_{Teor} = 4906 + 242 = 5148 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L_{Teor} = 5148 \text{ mm} \quad \text{kloub – kloub}$$

Vybočení ve směru menší tuhosti je rozhodující.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 160\,600\,000 \cdot 10^3}{5148^2} = 12559,92 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{11760 \cdot 275}{12559,92 \cdot 10^3}} = 0,507$$

Křivka vzpěrnosti c

Součinitel imperfekce $\alpha = 0,49$

Interpolace $\chi_y = 0,8388 \leq 1,0$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,8338 \cdot 11760 \cdot 275}{1,0} = 2696,51 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} = \frac{|-433,68|}{2696,51} = 0,16 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} \cdot \tau_{Rd} = 5321,1 \cdot 159 = 846,05 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{74,915}{846,05} = 0,09 \leq 1,0$$

Vyhovuje

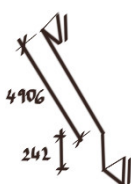
Ověření malého smyku

$$V_{Ed} = 74,915 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 846,05 = 423,025 \text{ kN}$$

Malý smyk

Tlak + ohyb:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \cdot M_{z,Rk}} \leq 1,0$$



$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1} \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \cdot M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 11760 \cdot 275 = 3234 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 187817040 \cdot 10^3}{5148^2} = 14688,48 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{11760 \cdot 275}{14688,48 \cdot 10^3}} = 0,469$$

Křivka vzpěrnosti c

$$\text{Interpolace } \chi_z = 0,8605 \leq 1,0$$

Uzavřený průřez $\chi_{LT} = 1,0$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 1265260 \cdot 275 = 347,95 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 1446230 \cdot 275 = 397,71 \text{ kNm}$$

Průřez není náchylný ke kroucení

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,31) = 0,476 \geq 0,4$$

$$C_{my} = 0,476$$

$$\begin{aligned} k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,476 \left(1 + (0,507 - 0,2) \frac{433,68}{0,8388 \cdot 3234} \right) \\ &= 0,499 \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,476 \cdot \left(1 + 0,8 \frac{433,68}{0,8388 \cdot 3234} \right) \\ &= 0,537 \end{aligned}$$

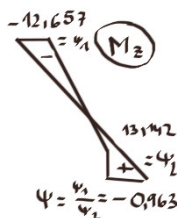
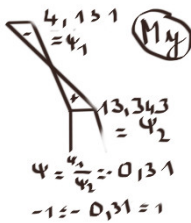
$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,499 = 0,299$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,963) = 0,2148 \geq 0,4$$

$$\begin{aligned} k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 0,4 \cdot \left(1 + (0,469 - 0,2) \frac{433,68}{0,8605 \cdot 3234} \right) \\ &= 0,417 \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 0,4 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{433,68}{0,8605 \cdot 3234} \right) \\ &= 0,450 \end{aligned}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,417 = 0,250$$

Posouzení:



$$\rightarrow \frac{433,68}{\frac{0,8388 \cdot 3234}{1,0}} + 0,499 \cdot \frac{75,973 + 0}{\frac{1 \cdot 347,95}{1,0}} + 0,25 \cdot \frac{40,431 + 0}{\frac{397,71}{1,0}} = 0,29 \leq 1,0$$

Vyhovuje

$$\rightarrow \frac{433,68}{\frac{0,8605 \cdot 3234}{1,0}} + 0,299 \cdot \frac{75,973 + 0}{\frac{1 \cdot 347,95}{1,0}} + 0,413 \cdot \frac{40,431 + 0}{\frac{397,71}{1,0}} = 0,26 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Prostá únosnost:

$$\frac{433,68}{\frac{3234}{1,0}} + \frac{75,973}{\frac{347,95}{1,0}} + \frac{40,431}{\frac{397,71}{1,0}} = 0,45 \leq 1,0$$

Vyhovuje

5.12.2 Spodní sloup

Posouzení vnějšího sloupu ve spodní části budovy, kde je sloup nejvíce zatížen normálovou silou.

Návrhové zatížení:

$$N_{Ed} = -796 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 10,845 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 1,944 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 26,162 \text{ kNm}$$

Návrhové zatížení – prostá únosnost:

$$N_{Ed} = -796 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 74,915 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = -50,972 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 97,301 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 57,221 \text{ kNm}$$

Průřez: 2 x U300 S275

$$A = 11760 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 5321,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,y} = 6177,6 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 1265260 \text{ mm}^3$$

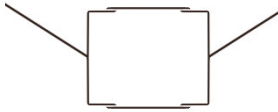
$$W_{pl,z} = 1446230 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 160\,600\,000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 187\,817\,040 \text{ mm}^4$$

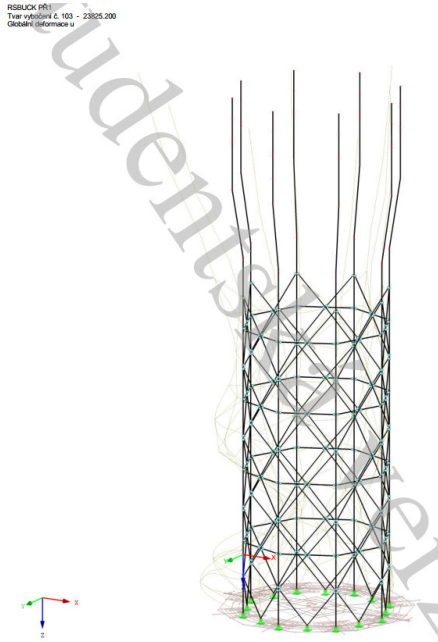
Třída průřezu 1

Vzpěr – vybočení kolmo k ose y:



Držení prutu pomocí členěných prutů proti vybočení kolmo k ose y nelze jednoznačně považovat za účinné. Vzpěrná délka byla tedy určena dle vlastního tvaru sloupu při zatížení jednotkovými silami v programu DLUBAL RSTAB. Při vypočtení 500-ti vlastních tvarů vnější konstrukce, došlo k prvnímu vybočení sloupu ve spodní části při tvaru 103 (viz obrázek níže). Vzpěrná délka spodního sloupu pro toto vybočení byla určena jako 4106 mm. Pro posouzení bude uvažována hodnota vzpěrné délky 4150 mm. $N_{cr} = 4134,91$ kN.

$$N_{cr} = \alpha_{cr} \cdot N_{Ed}$$



Obrázek 18 Vlastní tvar konstrukce pro vybočení vnějších sloupů

$$L_{cr,y} = 4150 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 160\,600\,000 \cdot 10^3}{4150^2} = 19327 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{11760 \cdot 275}{19327 \cdot 10^3}} = 0,38$$

Křivka vzpěrnosti c

$$\chi_y = 0,908 \leq 1,0$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,908 \cdot 11760 \cdot 275}{1,0} = 2936 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} = \frac{|-796|}{2936} = 0,27 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Vzpěr – vybočení kolmo k ose z:

Proti vybočení kolmo k ose (průřezu) z je sloup v své prostřední části držen diagonálami.

$$L_{cr,z} = 2517 \text{ mm}$$



$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 187817040 \cdot 10^3}{2517^2} = 61445,15 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{11760 \cdot 275}{61445,15 \cdot 10^3}} = 0,23$$

Křivka vzpěrnosti c

$$\chi_z = 0,985 \leq 1,0$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,985 \cdot 11760 \cdot 275}{1,0} = 3185 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} = \frac{-796}{3185} = 0,25 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk:

Únosnost již vypočtena pro horní šikmou část sloupu a i v tomto případě sloup vyhoví.

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{74,915}{846,05} = 0,09 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Tlak + ohyb:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 11760 \cdot 275 = 3234 \text{ kN}$$

Uzavřený průřez $\chi_{LT} = 1,0$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 1265260 \cdot 275 = 347,95 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 1446230 \cdot 275 = 397,71 \text{ kNm}$$

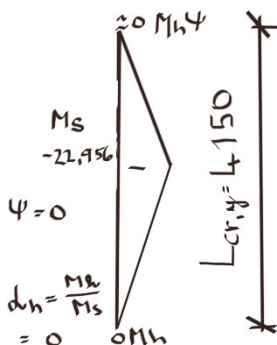
Průřez není náchylný ke kroucení

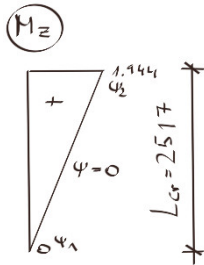
$$C_{my} = 0,9$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,4 \cdot \left(1 + (0,38 - 0,2) \cdot \frac{796}{0,908 \cdot 3234} \right)$$

$$= 0,42 \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,4 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{796}{0,908 \cdot 3234} \right)$$

$$= 0,49$$





$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,42 = 0,252$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$\begin{aligned} k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{RK}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \cdot \left(1 + (0,248 - 0,2) \frac{796}{\frac{0,985 \cdot 3234}{1,0}} \right) \\ &= \mathbf{0,607} \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{RK}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{796}{\frac{0,985 \cdot 3234}{1,0}} \right) \\ &= 0,723 \end{aligned}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,607 = 0,364$$

Posouzení:

$$\rightarrow \frac{796}{\frac{0,908 \cdot 3234}{1,0}} + 0,42 \cdot \frac{26,162 + 0}{\frac{1,0 \cdot 347,95}{1,0}} + 0,364 \cdot \frac{1,944 + 0}{\frac{397,71}{1,0}} = 0,3 \leq 1,0$$

Vyhovuje

$$\rightarrow \frac{796}{\frac{0,985 \cdot 3234}{1,0}} + 0,252 \cdot \frac{26,162 + 0}{\frac{1,0 \cdot 347,95}{1,0}} + 0,607 \cdot \frac{1,944 + 0}{\frac{397,71}{1,0}} = 0,27 \leq 1,0$$

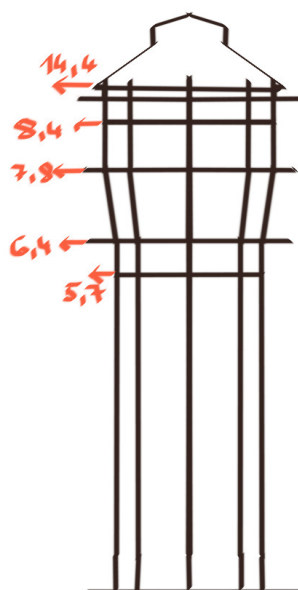
Vyhovuje

Prostá únosnost:

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{N_{RK}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} &\leq 1,0 \\ \rightarrow \frac{796}{3234} + \frac{57,221}{347,95} + \frac{97,301}{397,71} &= 0,66 \leq 1,0 \end{aligned}$$

Vyhovuje

5.12.3 MSP



Obrázek 19 Vodorovné deformace

Deformace určeny programem DLUBAL RSTAB.

Celková vodorovná deformace konstrukce:

$$\Delta H = h/500 = 40500/300 = 81 \text{ mm}$$

$$H = 14,4 \text{ mm} \leq \Delta H = 81 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Vodorovná deformace technické patro

$$\Delta H_{Tech. \text{ patro}} = h/300 = 2700/300 = 9 \text{ mm}$$

$$H = 5,7 \text{ mm} \leq \Delta H = 9 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Vodorovná deformace dispečink

$$\Delta H_{Dispečink} = h/300 = 4700/300 = 15,67 \text{ mm}$$

$$H = 6,4 \text{ mm} \leq \Delta H = 15,67 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Vodorovná deformace vyhlídkové foyer

$$\Delta H_{Foyer} = h/300 = 3600/300 = 12 \text{ mm}$$

$$H = 7,8 \text{ mm} \leq \Delta H = 12 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Vodorovná deformace jednací prostor

$$\Delta H_{Jedn. \text{ prostor}} = h/300 = 2826/300 = 9,42 \text{ mm}$$

$$H = 8,4 \text{ mm} \leq \Delta H = 9,42 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.12.4 Hlavní sloup patka



Obrázek 20 Pata vnějšího sloupu

Návrhové zatížení

$$N_{Ed} = -796 \text{ kN}$$

Přesný materiál betonové patky a kotevní šrouby není z dostupných podkladů možné určit. Posouzení provedeno pro odhadované rozměry a prvky.

Patky uvažované kloubové, montážně tuhé z vyztuženého patního plechu.

Materiál betonové patky uvažován: C20/25

Kotevní šrouby uvažovány: RAWPLUG M30 8.8 R-KERII+R-STUDS-30380-88-FL (chemická kotva)

Posudek kotevních šroubů viz výpočet v software RAWPLUG Easyfix v příloze statického výpočtu.

Rozměry betonové patky

$$a_c = 1500 \text{ mm}$$

$$b_c = 1500 \text{ mm}$$

$$h = 5300 \text{ mm}$$

Rozměry patního plechu – t = 30 mm, M16

$$a_0 = b_0 = 600 \text{ mm}$$

Započitatelné rozměry betonové patky

$$a_1 = \min(3 \cdot a_0, a_0 + h, a_c) = \min(3 \cdot 600, 600 + 5300, 1500) = 1500 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(3 \cdot a_0, a_0 + h, a_c) = \min(3 \cdot 600, 600 + 5300, 1500) = 1500 \text{ mm}$$

Součinitel kontrakce napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot 1500}{600 \cdot 600}} = 2,5$$

Návrhová pevnost betonu

$$\beta_j = 2/3$$

Tloušťka podlití $\leq 0,2 b = 260 \text{ mm}$

f_{ck} malty $\geq 0,2 f_{ck}$ betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2,5 \cdot 20}{1,5} = 22,2 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{275}{3 \cdot 22,2}} = 60,96 \text{ mm}$$

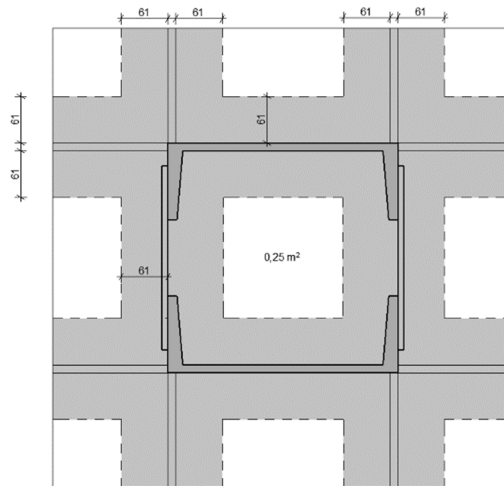


Schéma 45 Účinná plocha patky

$$A_{eff} = 250000 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 250000 \cdot 22,2 = 5550 \text{ kN} \geq N_{ed} = 796 \text{ kN}$$

Vyhovuje

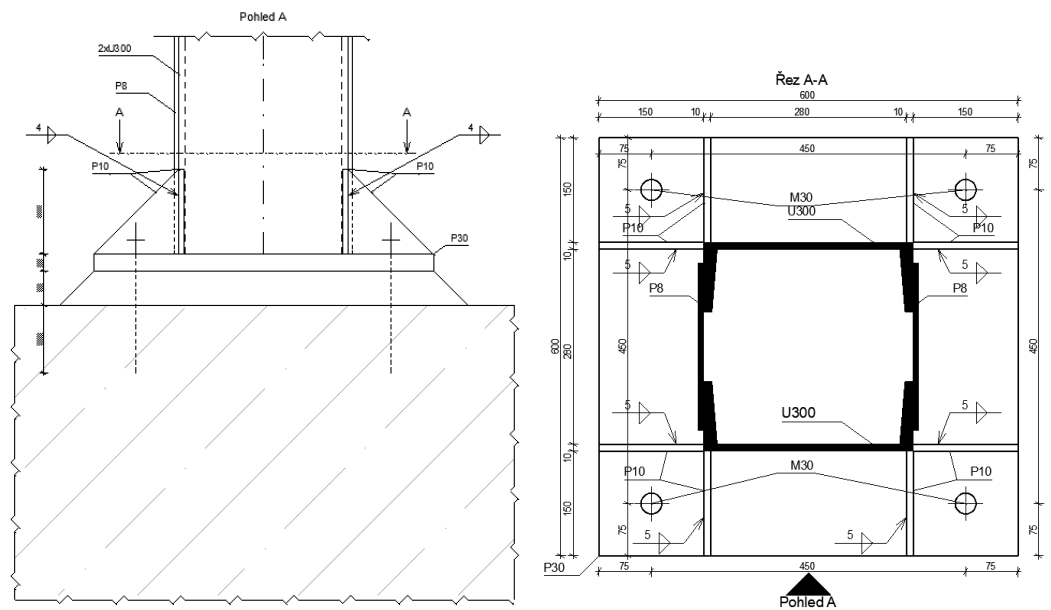


Schéma 46 Patka hlavního sloupu

6 Závěr

Původní prvky konstrukce byly posouzeny a shledány vyhovujícími i pro nové využití objektu. Nebylo nutné přistupovat k návrhu zesilování konstrukcí.

Posouzeny byly vybrané původní i nově navržené detaily konstrukcí, které vyhověly.

Dále byla vypracována výkresová dokumentace v podobě dispozičních výkresů ocelové konstrukce, řezů a výřezu pohledu. Vypracovány byly také výkresy detailů.

Cíl práce lze tímto považovat za splněný.

7 Použitý software

MS Word

MS Excel

Autodesk Sketchbook

AutoCAD 2019

ARCHICAD 20

ArchiTECH.PC 2015

GEO5 Patka

FIN EC 2019 Zatížení

RAWPLUG EasyFix PRO

Dlubal RSTAB 8.07

8 Odkazovaná literatura

- [1] KRÁL, Jaromír. *Navrhování konstrukcí na zatížení větrem: příručka k ČSN EN 1991-1-4*. 1. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. Technická knižnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-05-3.
- [2] *Tabulky únosností trapézových profilů ArcelorMittal (výroba Senica)*. Praha, 2010.
- [3] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. 2005.
- [4] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. 2007.
- [5] STUDNIČKA, Jiří, Milan HOLICKÝ a Jana MARKOVÁ. *Ocelové konstrukce 2*. 2. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-05815-2.
- [6] HOLICKÝ, Milan, Jana MARKOVÁ a Miroslav SÝKORA. *Zatížení stavebních konstrukcí: příručka k ČSN EN 1991*. 1. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. Technická knižnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87093-89-4.

9 Seznam příloh

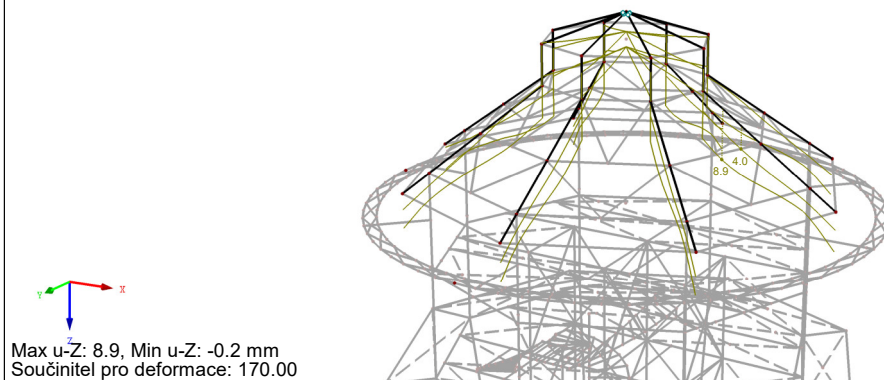
- Příloha A – vnitřní síly z programu Dlubal RFEM
- Příloha B
 - Zatížení konstrukcí
 - Údaje o trapézovém profilu
 - Posouzení základové patky jádra
 - Posouzení kotvení hlavního sloupu
 - Posouzení kotvení sloupu jádra
 - Pohled na výpočtový model

9.1 Příloha A – vnitřní síly

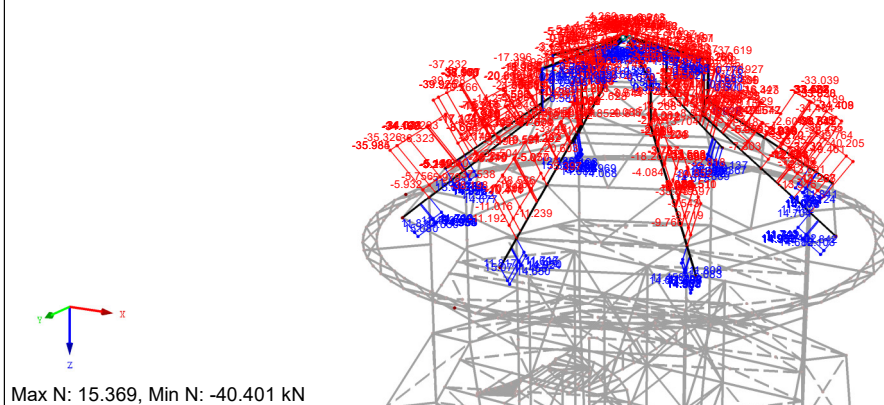
9.1.1 Střecha

9.1.1.1 Hlavní dílec střechy

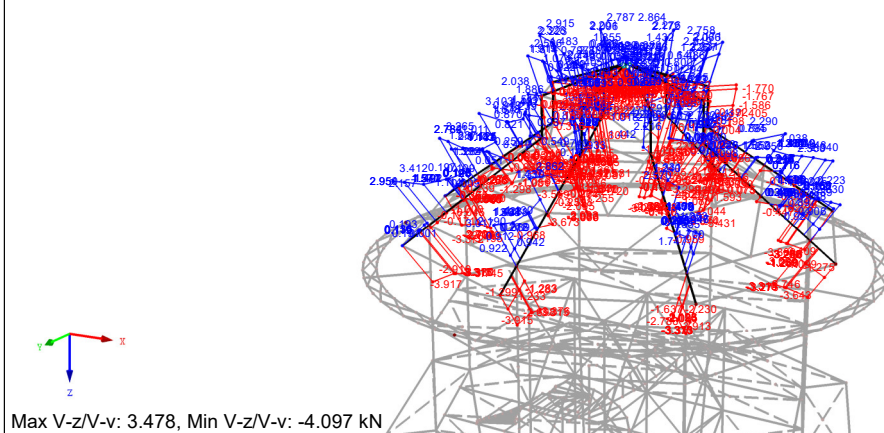
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



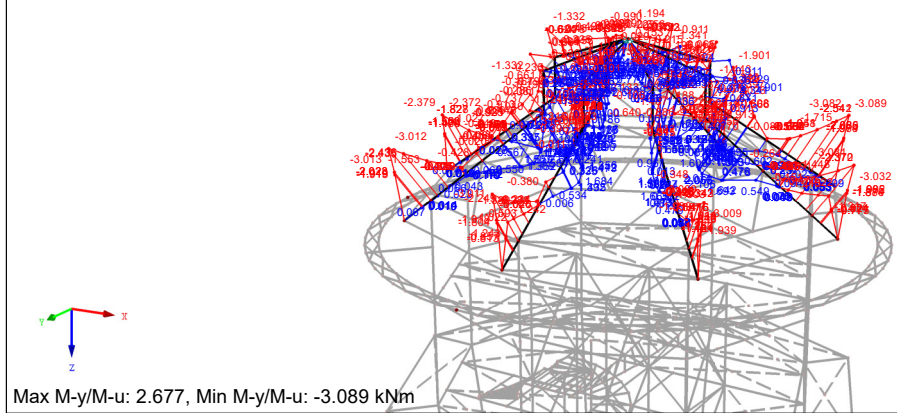
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

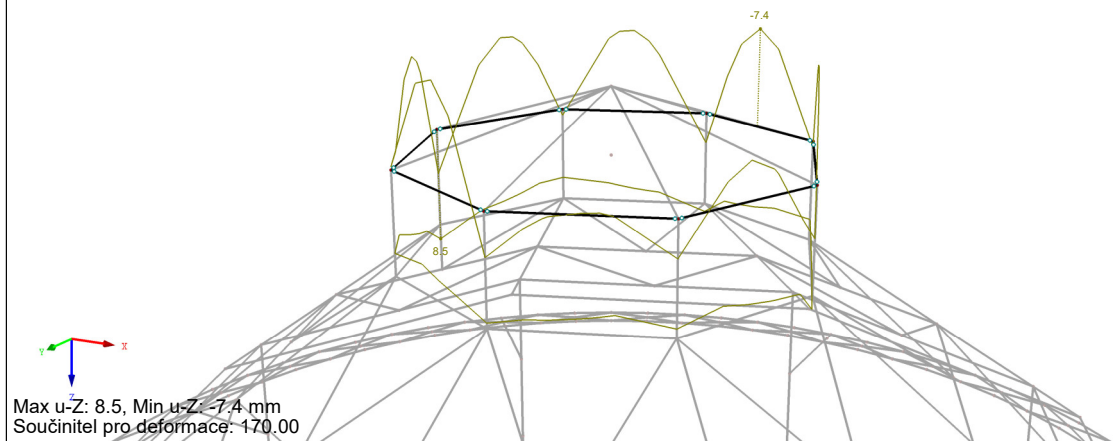


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly M-y/M-u
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

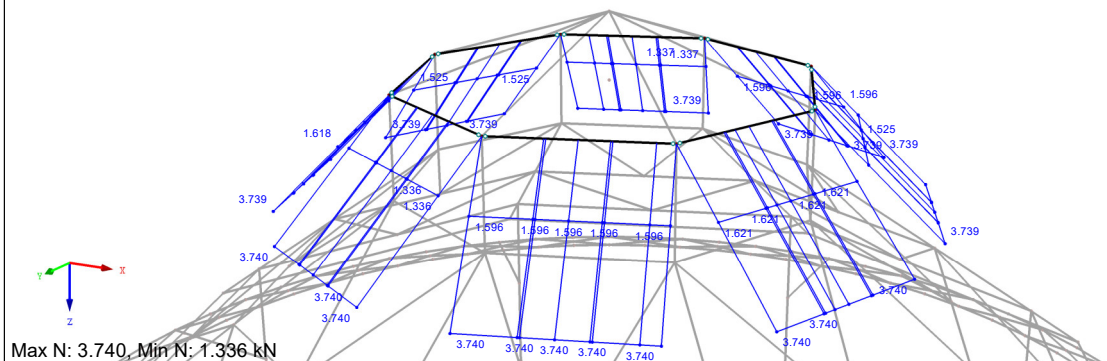


9.1.1.2 Horní vodorovný nosník

KV 2: MSP - charakteristická
Globální deformace u-Z
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

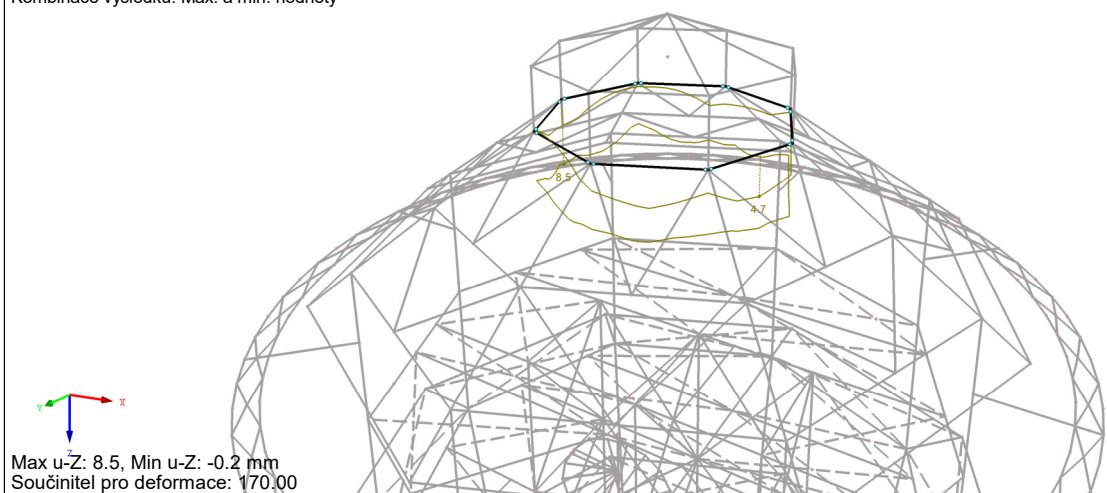


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

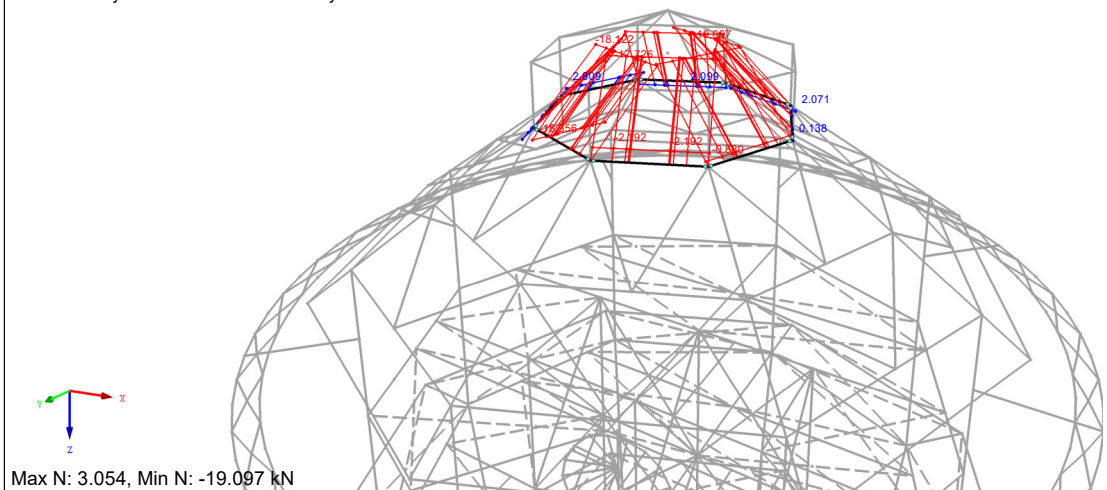


9.1.1.3 Vodorovný nosník A

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

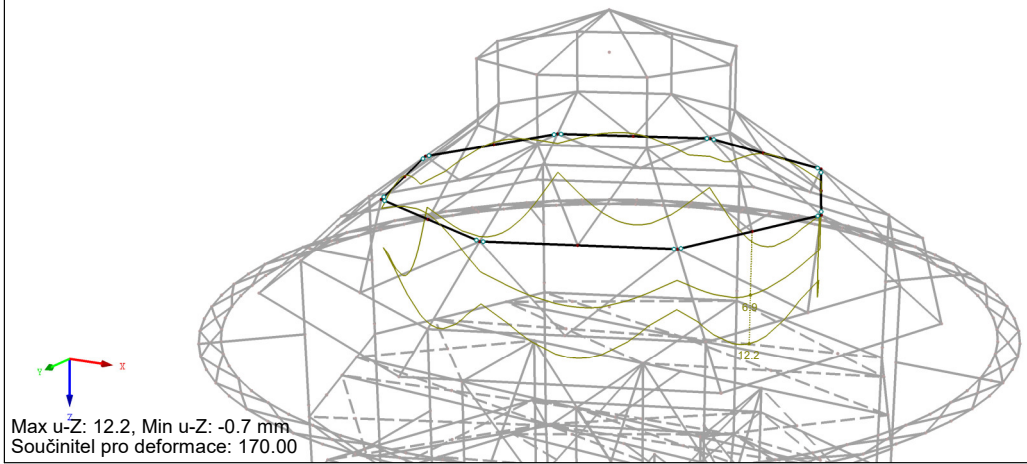


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

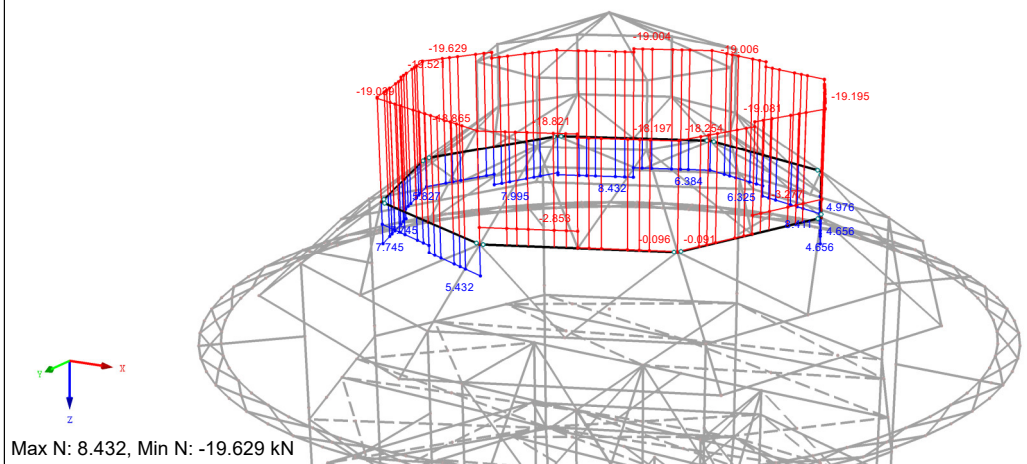


9.1.1.4 Vodorovný nosník B

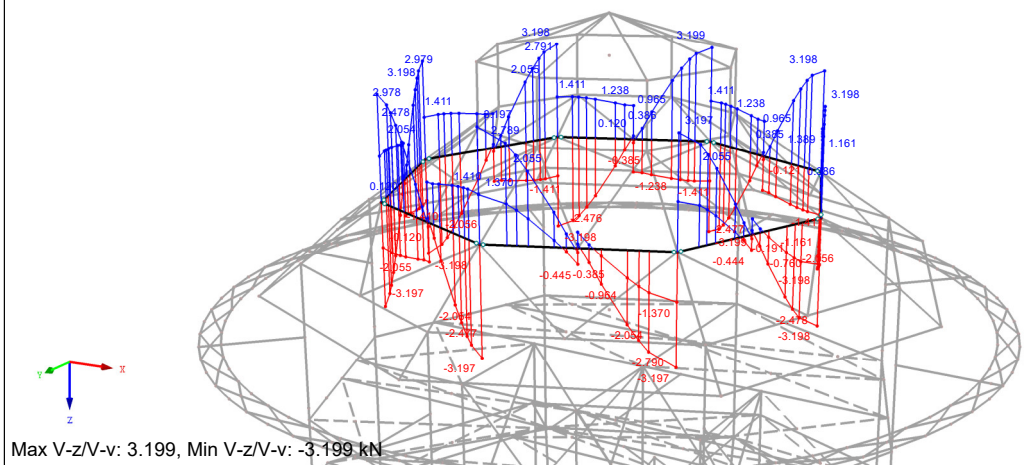
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



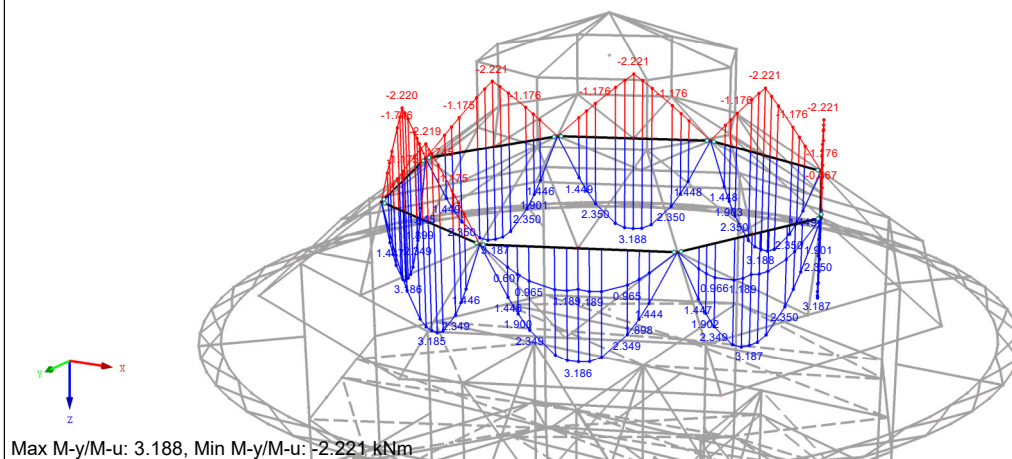
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

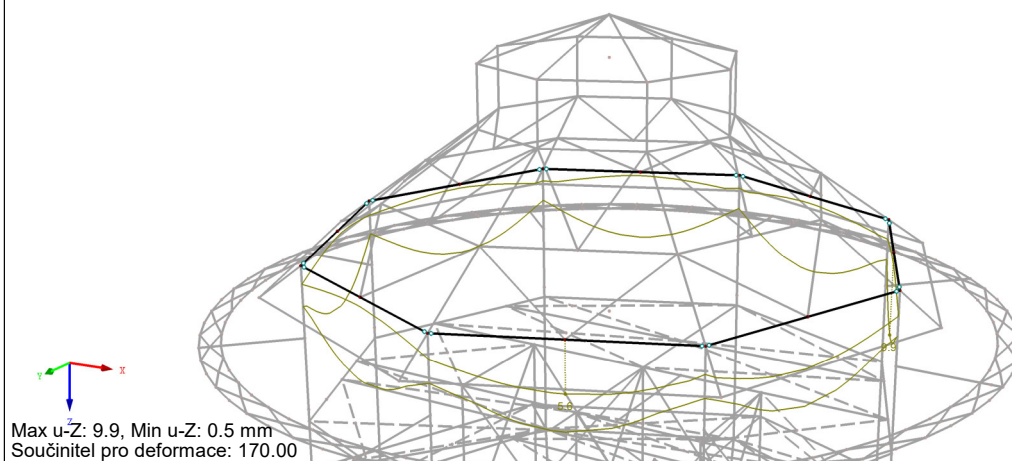


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

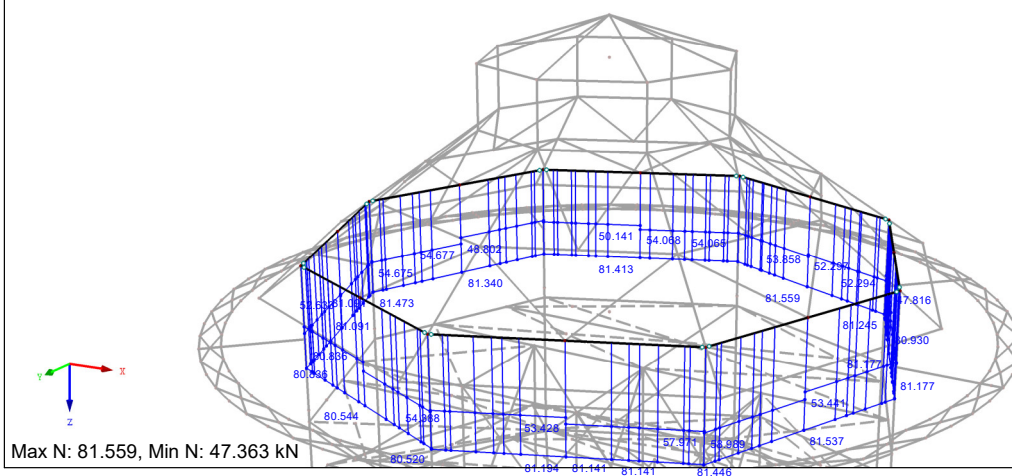


9.1.1.5 Vodorovný nosník C

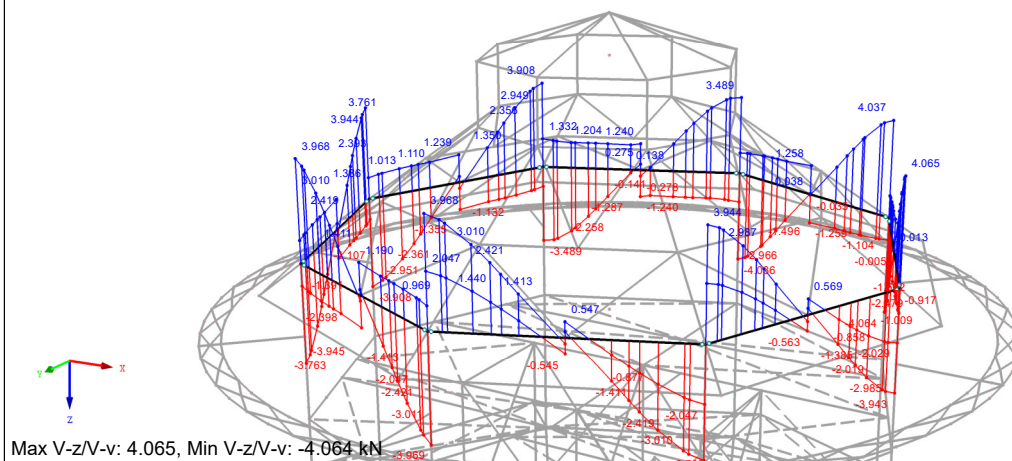
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



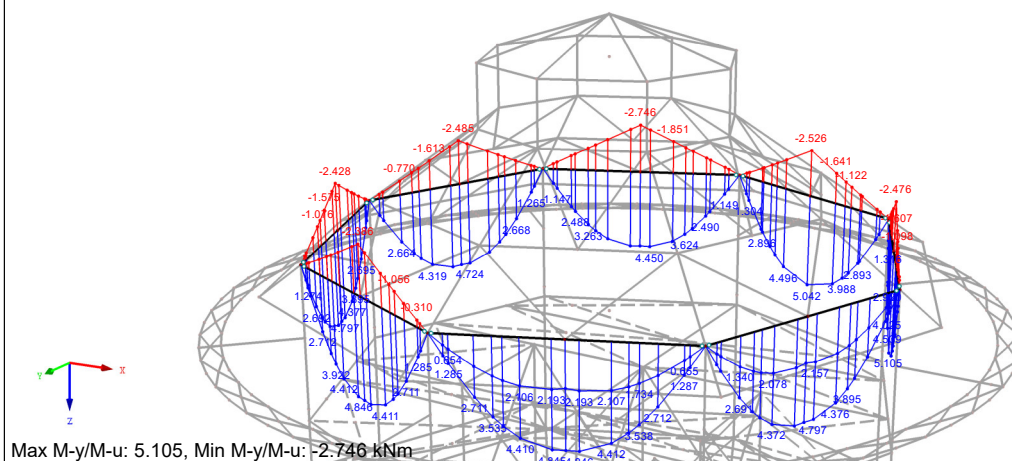
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

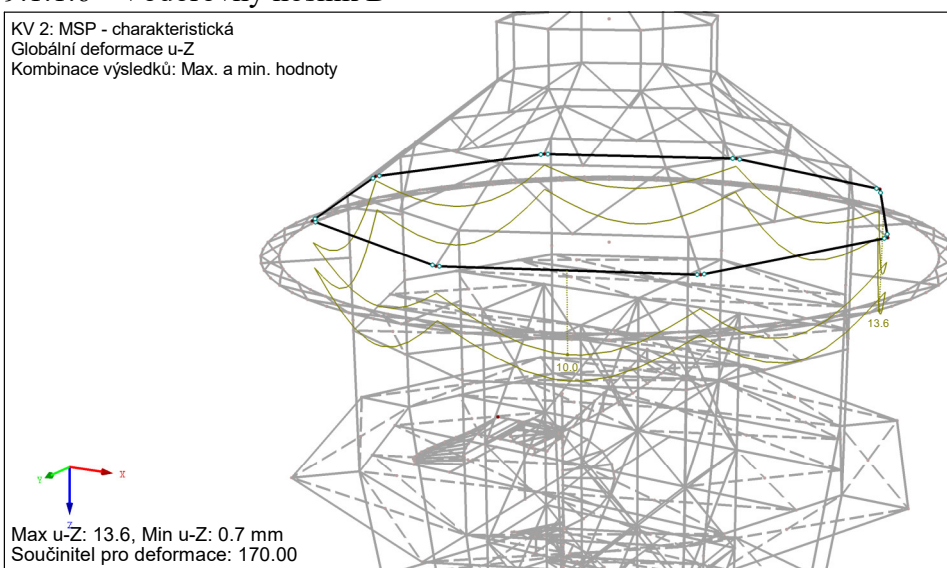


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

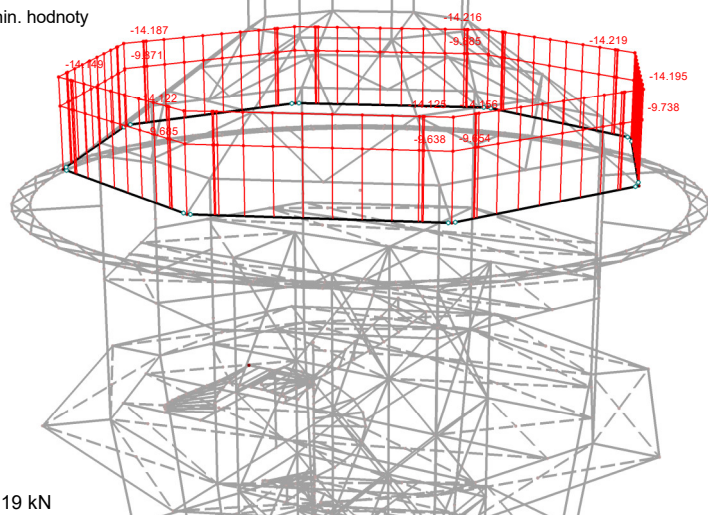


9.1.1.6 Vodorovný nosník D

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

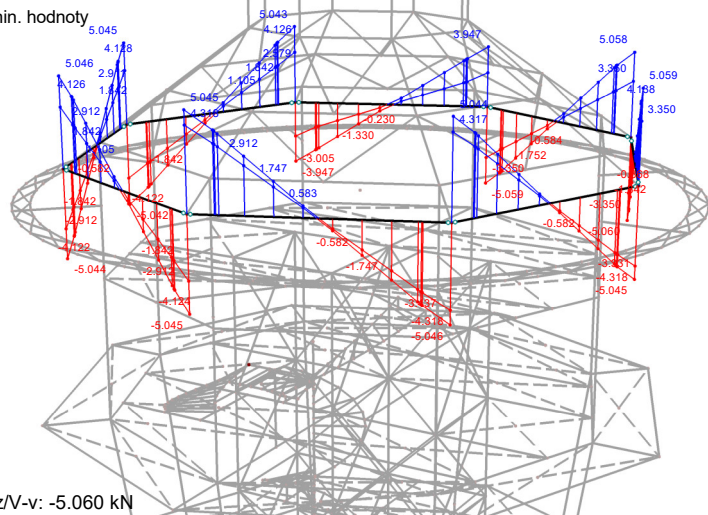


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



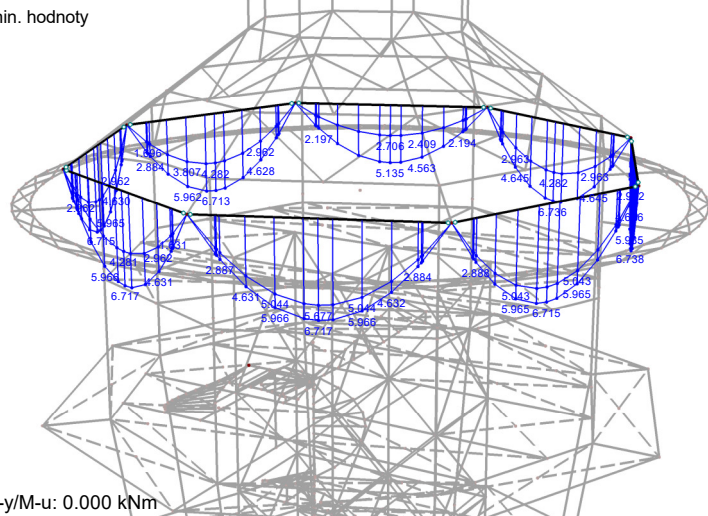
Max N: -9.638, Min N: -14.219 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max V-z/V-v: 5.059, Min V-z/V-v: -5.060 kN

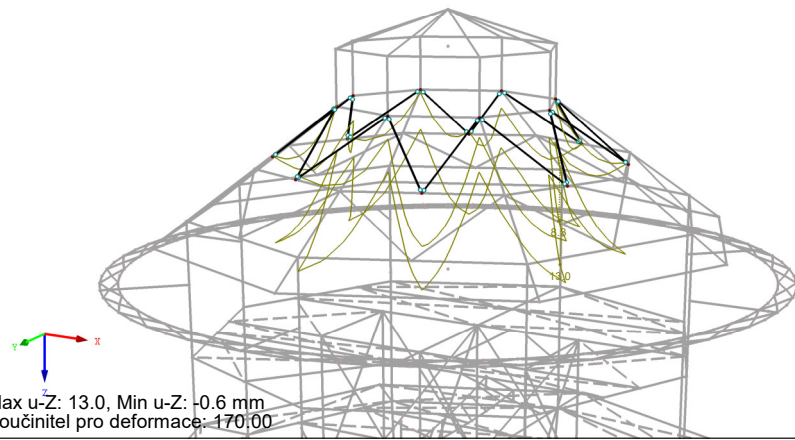
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



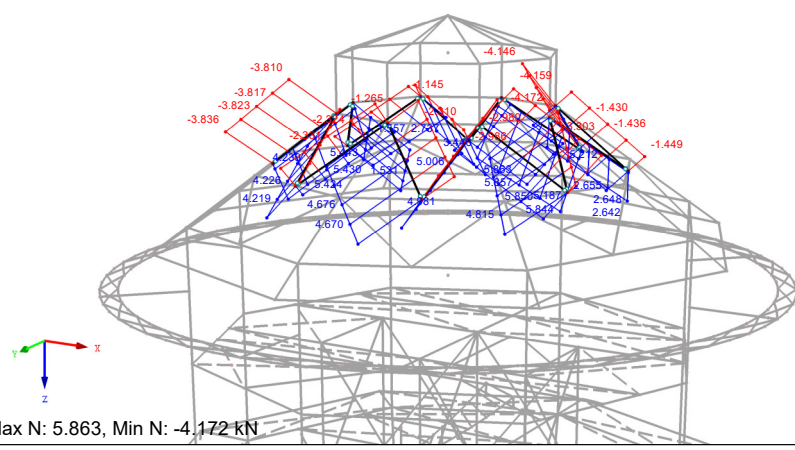
Max M-y/M-u: 6.738, Min M-y/M-u: 0.000 kNm

9.1.1.7 Diagonály E

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

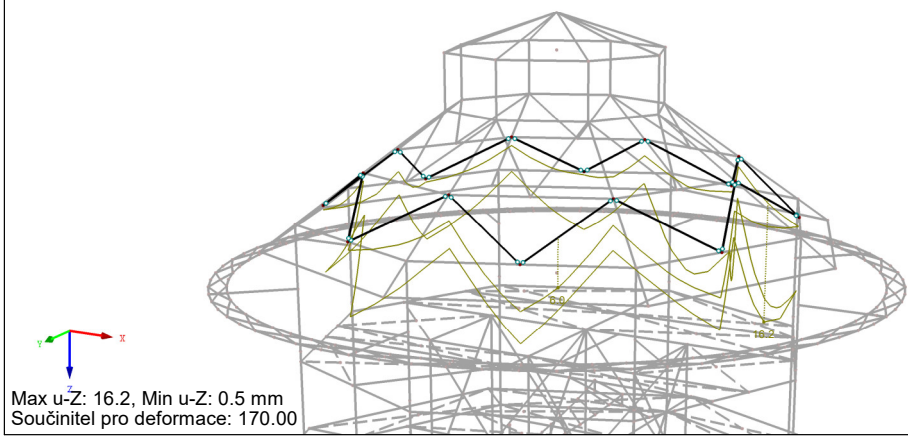


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

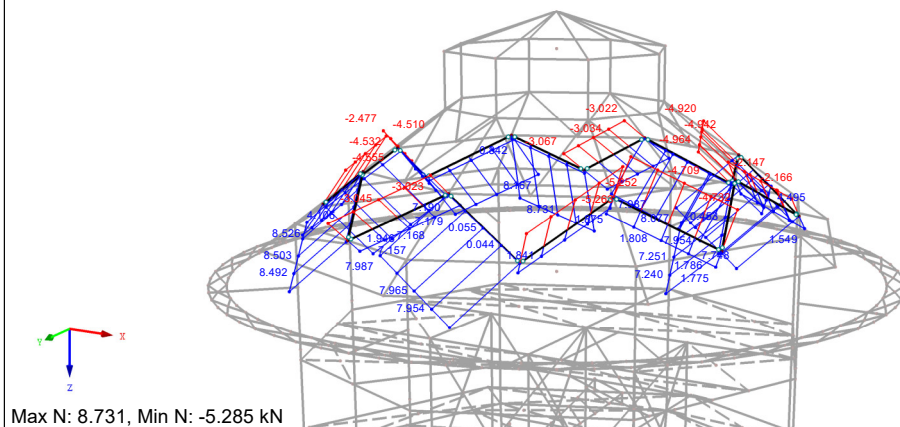


9.1.1.8 Diagonály F

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



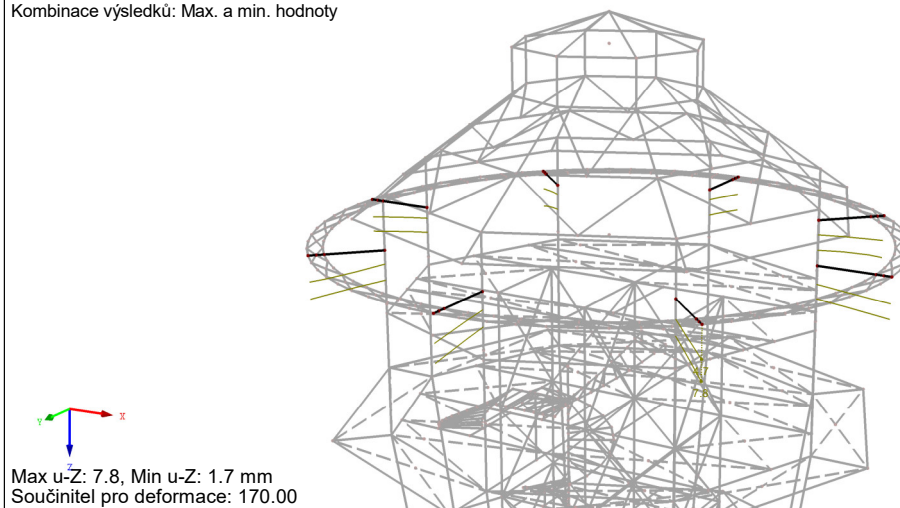
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



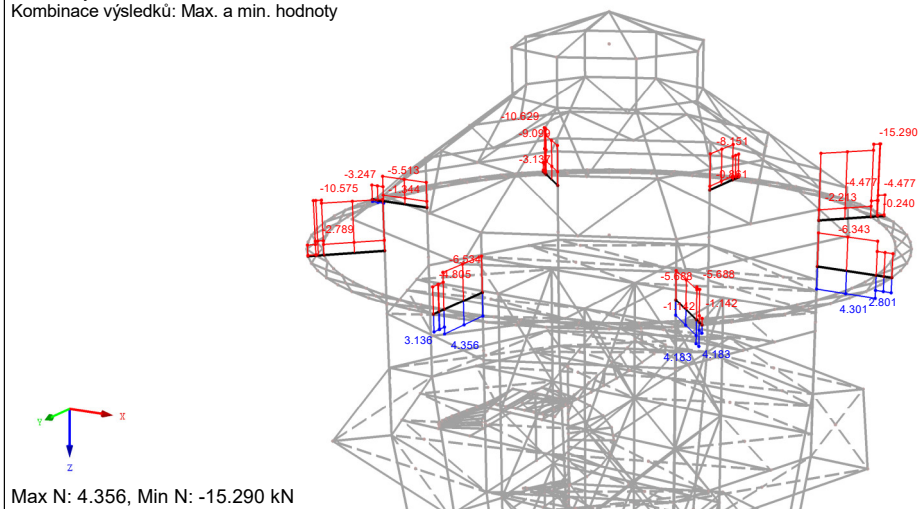
9.1.2 Prstenec

9.1.2.1 Konzoly prstence

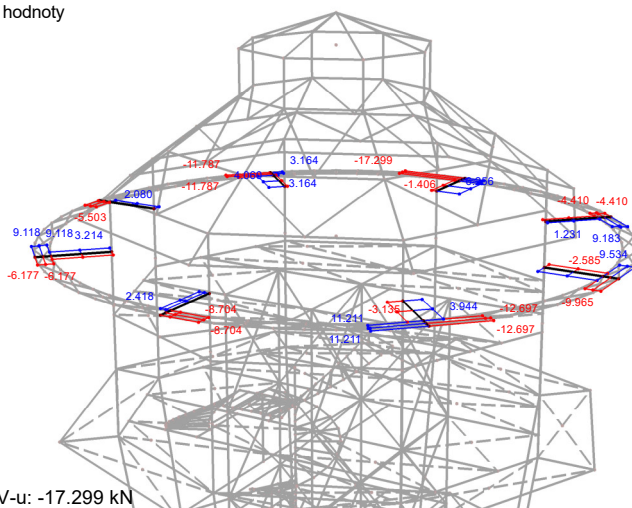
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



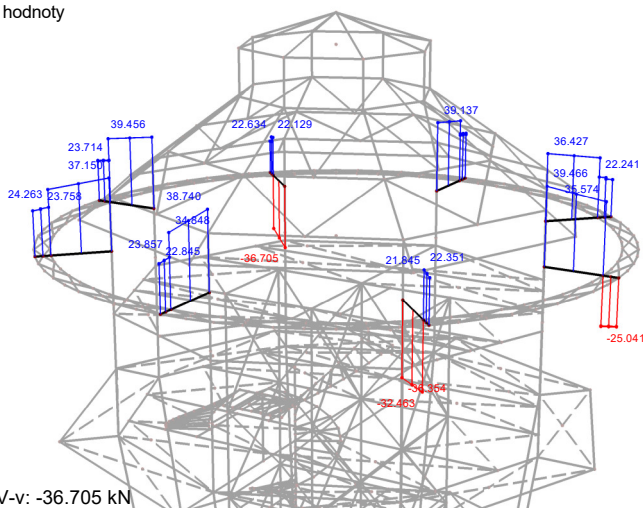
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



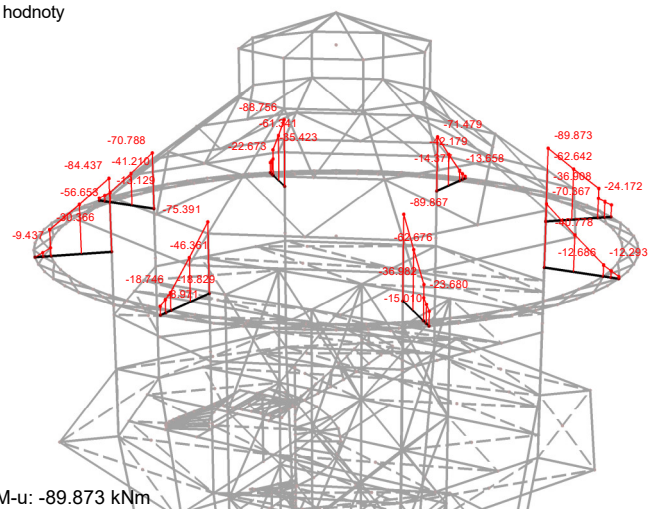
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-y/V-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



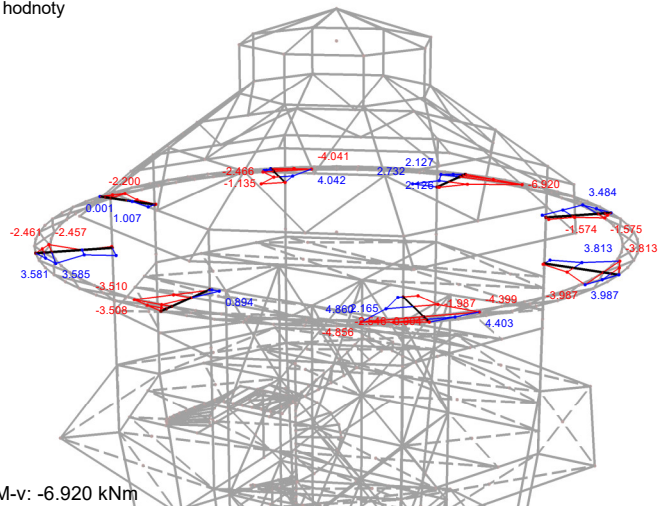
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

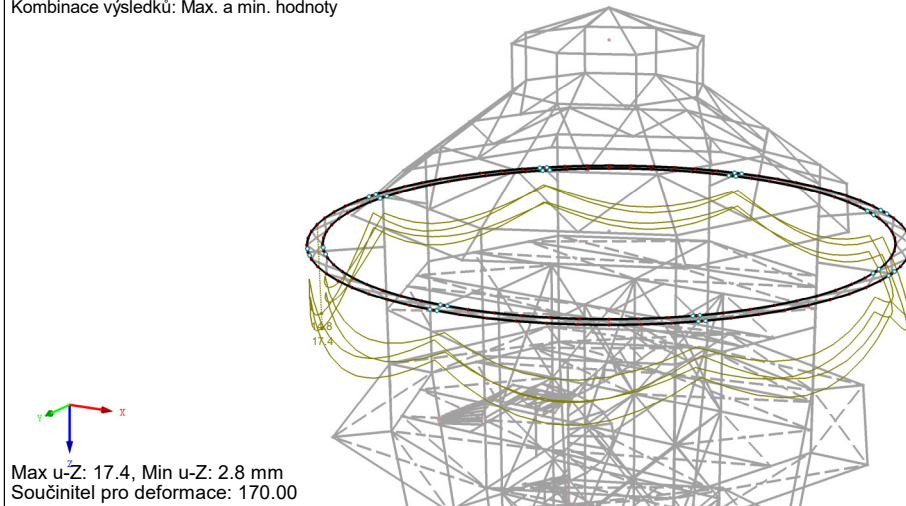


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-z/M-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



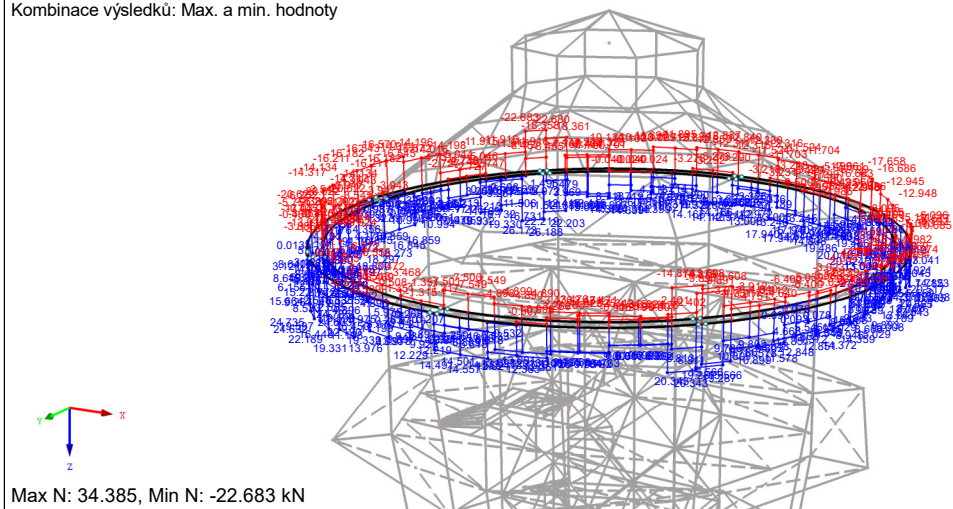
9.1.2.2 Svislý průhyb

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

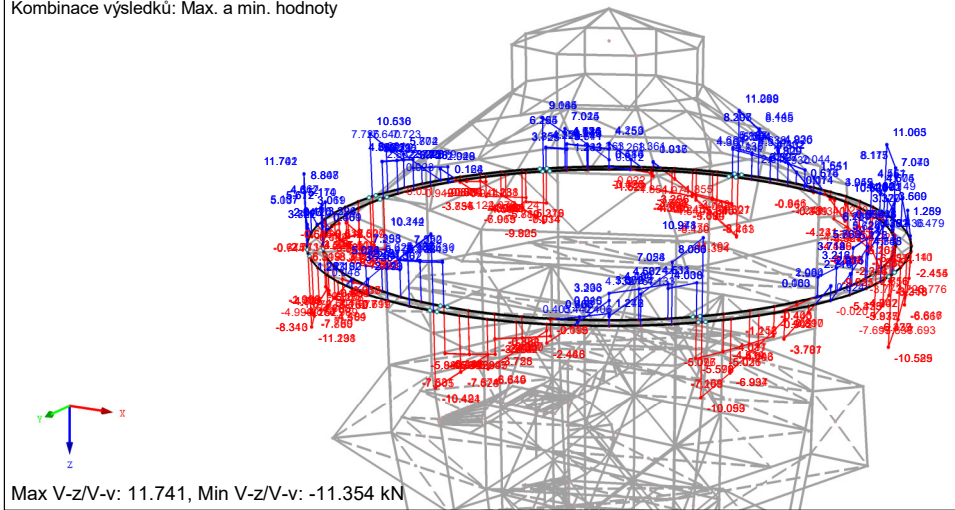


9.1.2.3 Vnější část

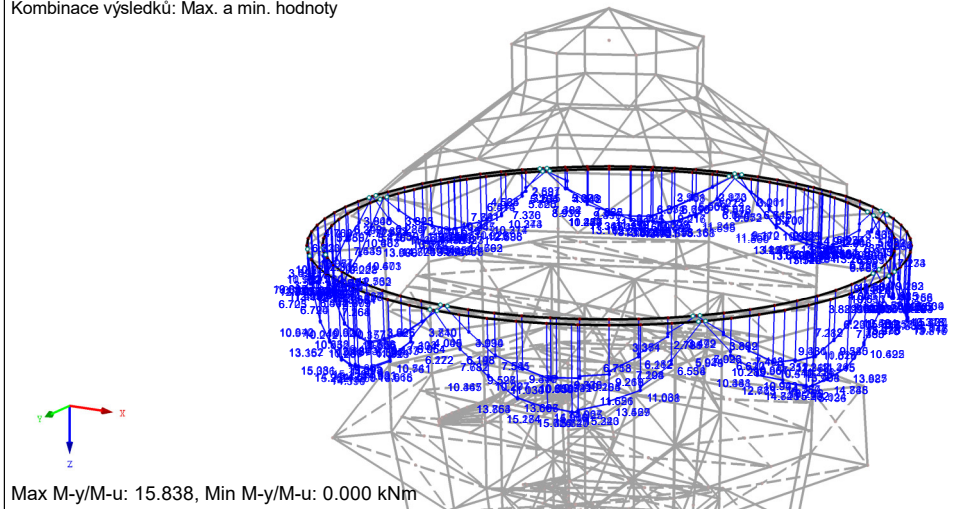
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

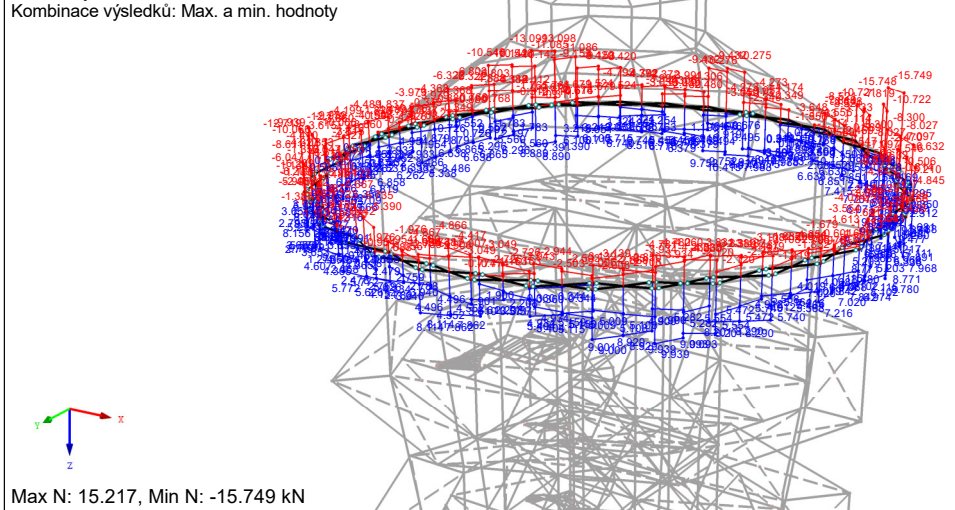


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

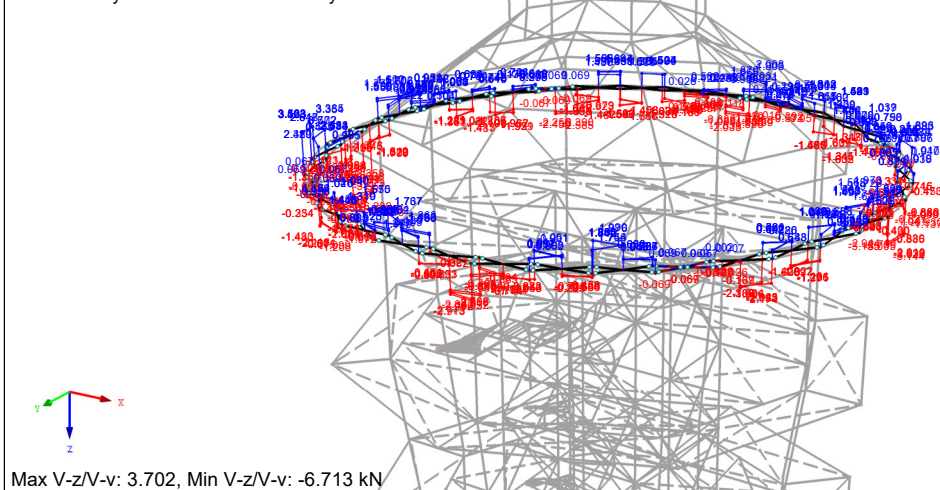


9.1.2.4 Vnitřní část

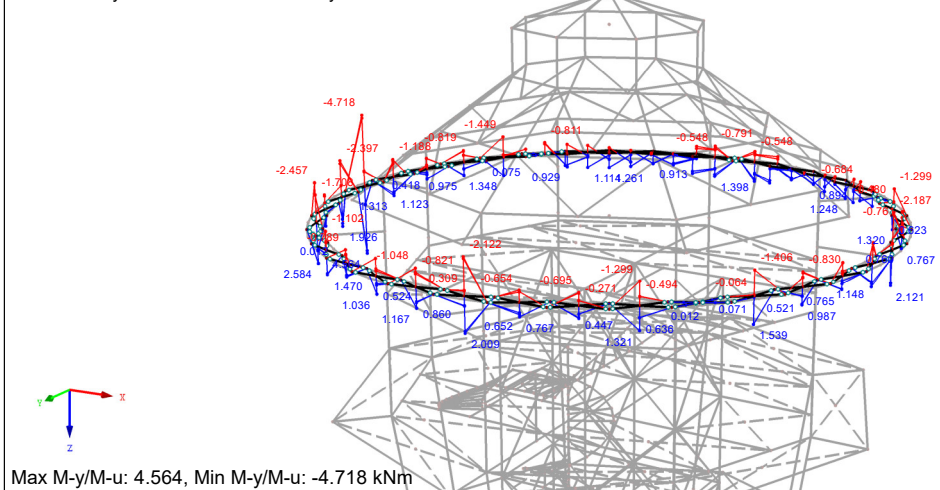
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



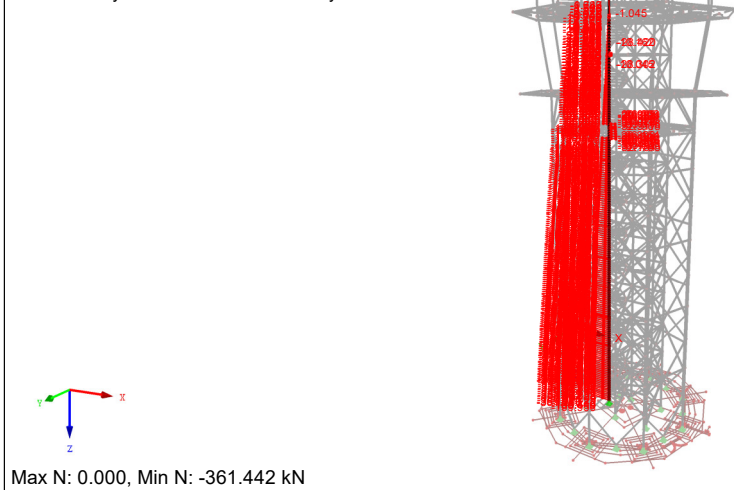
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



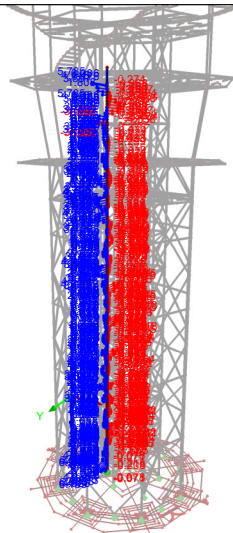
9.1.3 Hlavní schodiště

9.1.3.1 Střední sloup

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

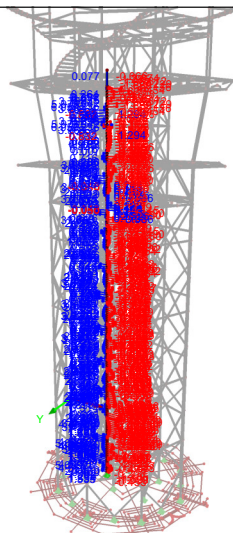


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly V-y/V-u
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



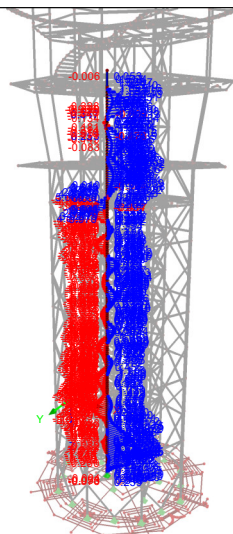
Max V-y/V-u: 6.189, Min V-y/V-u: -6.041 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly V-z/V-v
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



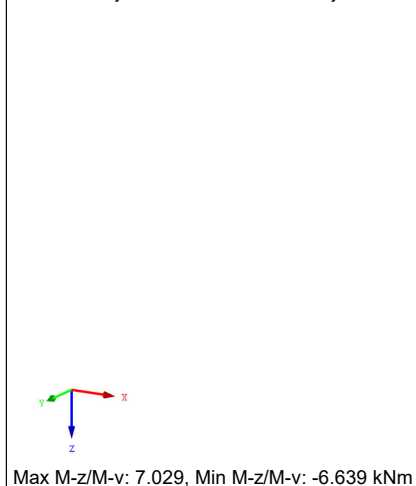
Max V-z/V-v: 6.050, Min V-z/V-v: -7.229 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly M-y/M-u
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



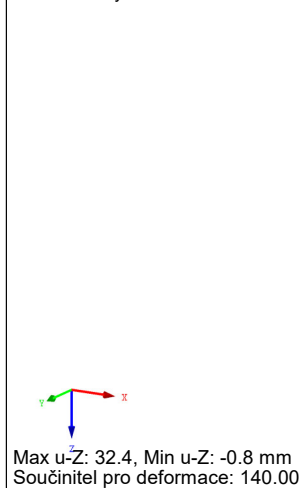
Max M-y/M-u: 7.349, Min M-y/M-u: -5.433 kNm

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly M-z/M-v
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

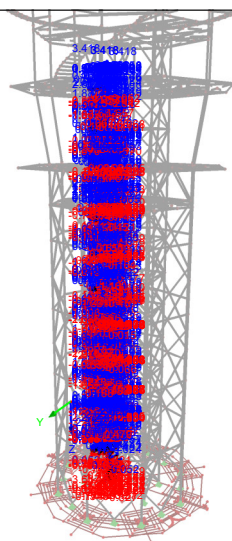
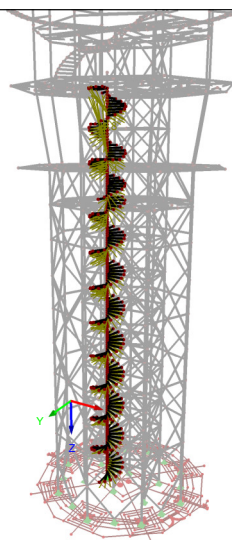
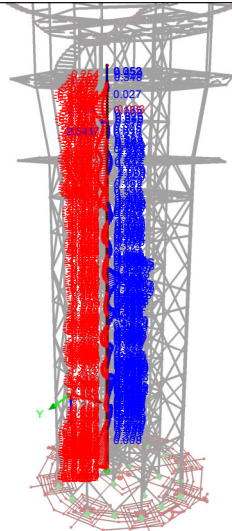
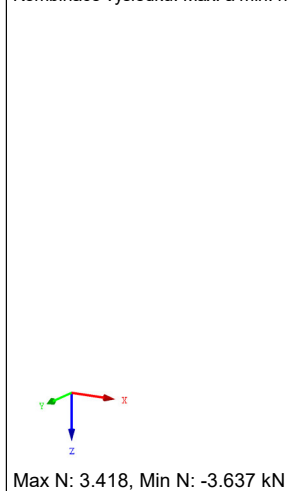


9.1.3.2 Nosníky stupňů

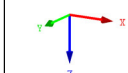
KV 2: MSP - charakteristická
Globální deformace u-Z
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



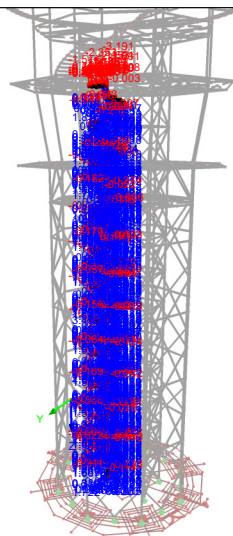
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly N
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



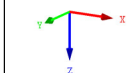
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly V-z/V-v
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



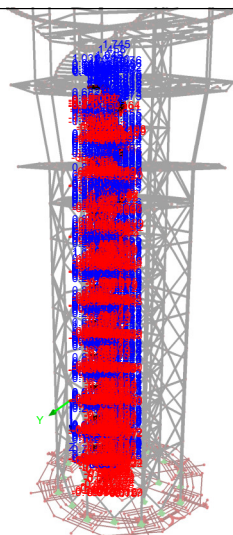
Max V-z/V-v: 3.496, Min V-z/V-v: -3.191 kN



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly M-y/M-u
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max M-y/M-u: 1.745, Min M-y/M-u: -1.254 kNm

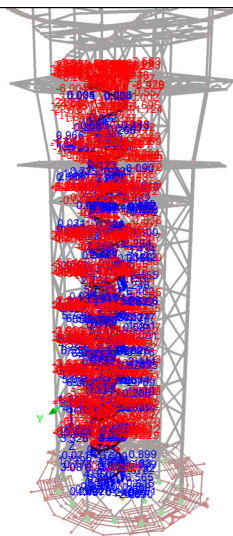


9.1.3.3 Schodnice

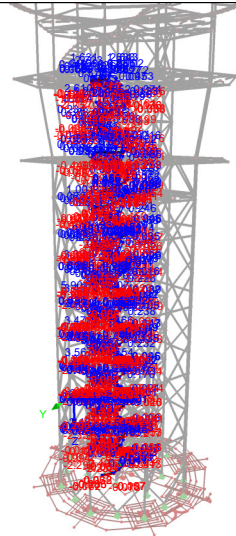
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly N
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max N: 7.262, Min N: -9.852 kN

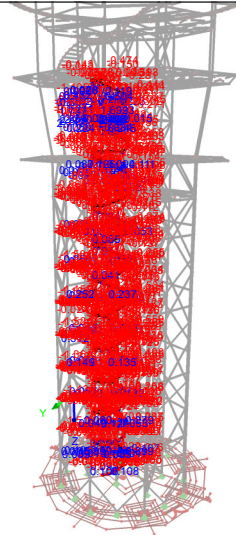


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly V-z/V-v
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max V-z/V-v: 5.907, Min V-z/V-v: -4.472 kN

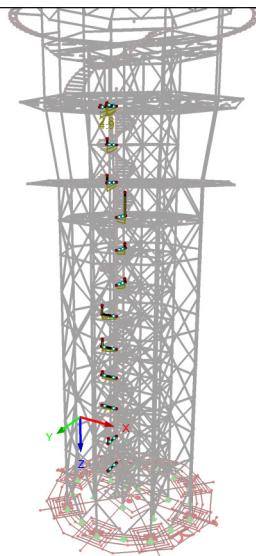
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
Vnitřní síly M-y/M-u
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max M-y/M-u: 2.744, Min M-y/M-u: -1.870 kNm

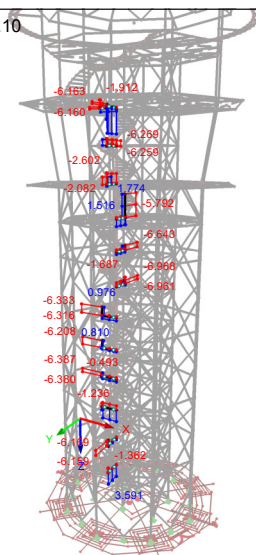
9.1.3.4 Nosníky schodnice

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



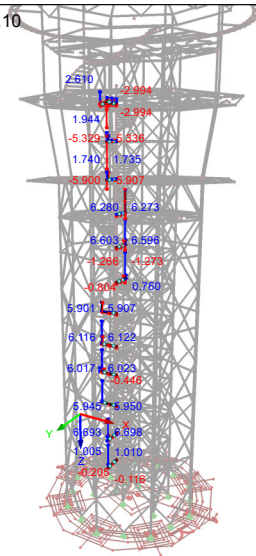
Max u-Z: 4.9, Min u-Z: 0.1 mm
 Součinitel pro deformace: 140.00

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



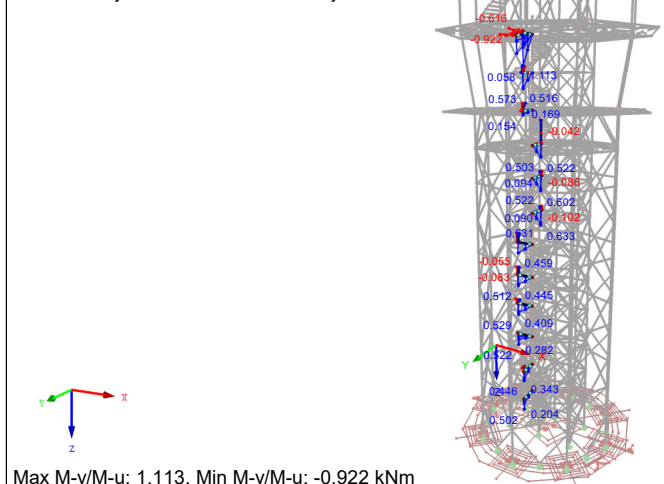
Max N: 5.830, Min N: -6.968 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



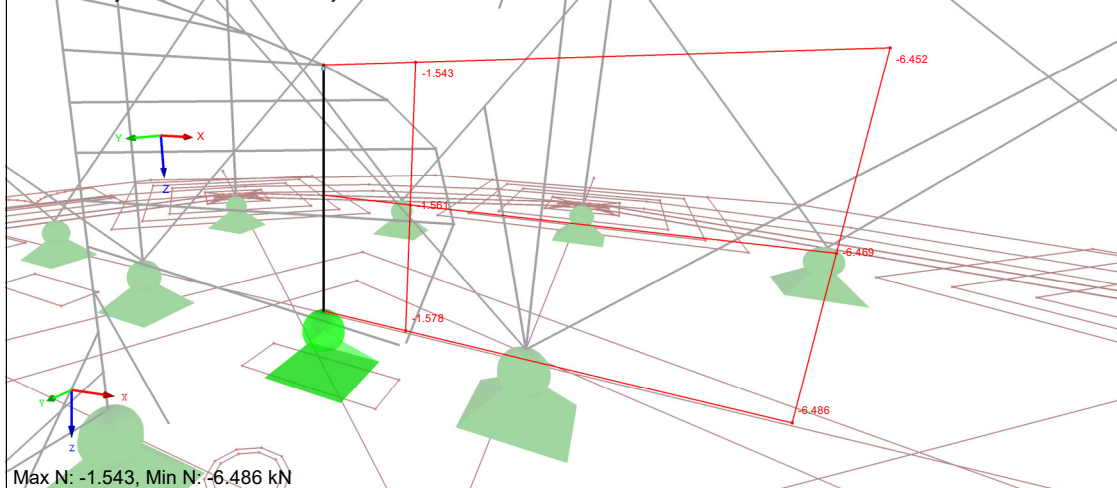
Max V-z/V-v: 6.698, Min V-z/V-v: -5.907 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



9.1.3.5 Podpůrný sloupek

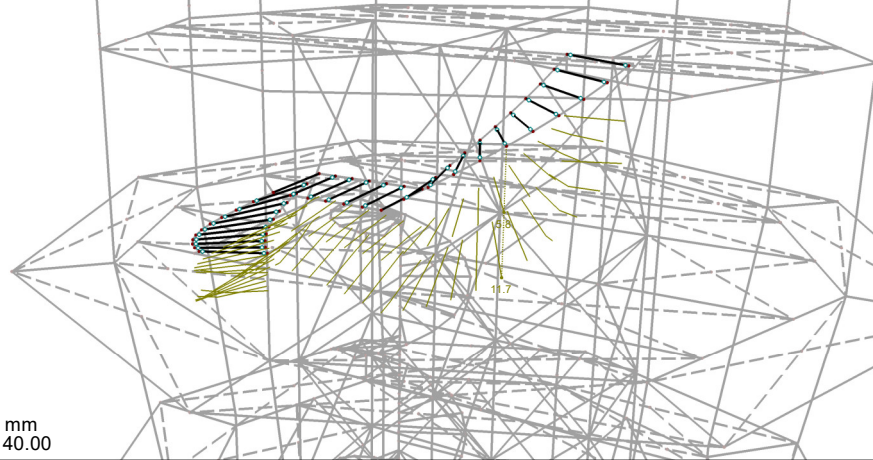
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



9.1.4 Schodiště mezi vyhlídkovým foyer a jednacím prostorem

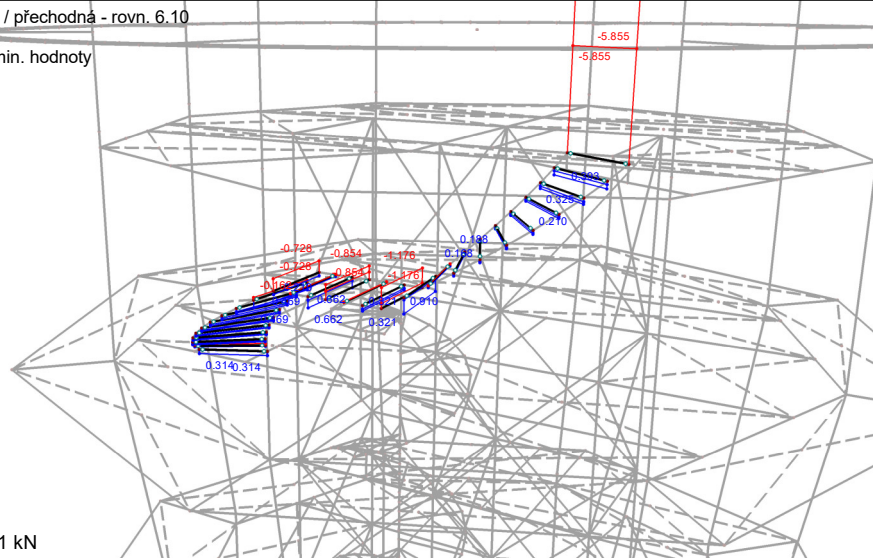
9.1.4.1 Nosníky stupňů

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



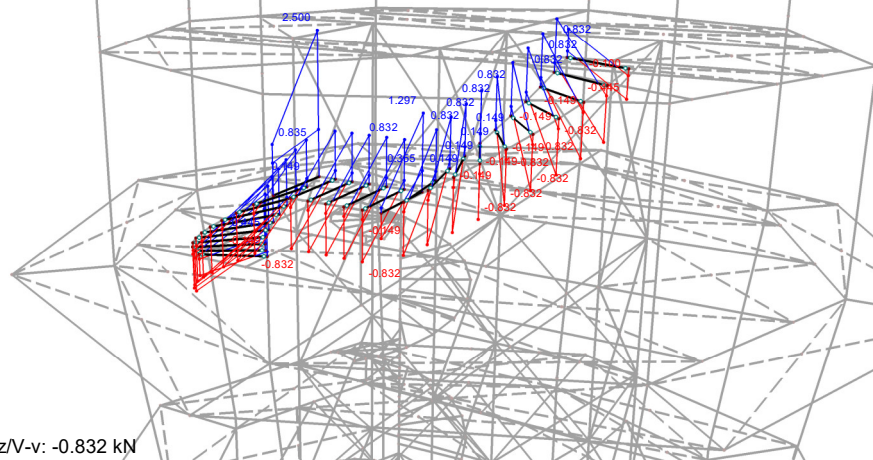
Max u-Z: 11.7, Min u-Z: 2.2 mm
 Součinitel pro deformace: 140.00

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



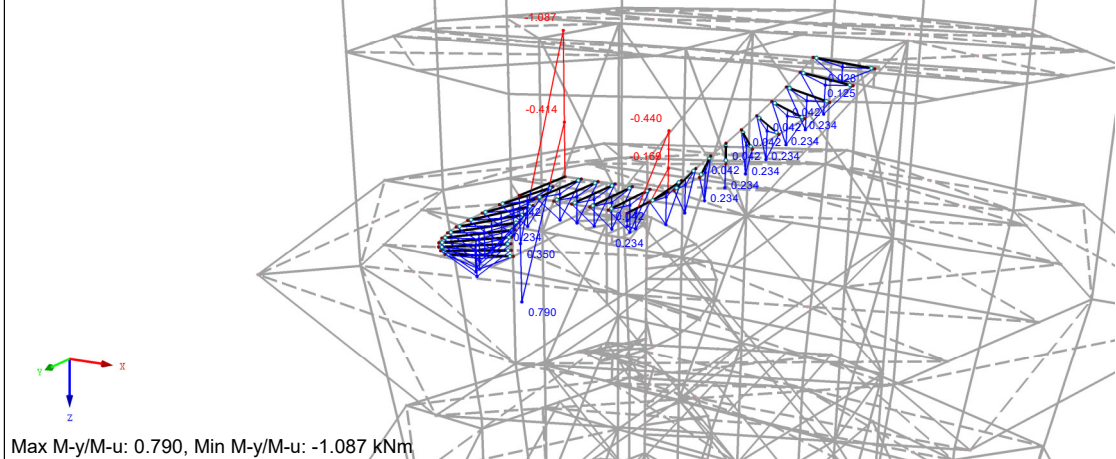
Max N: 0.910, Min N: -8.941 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



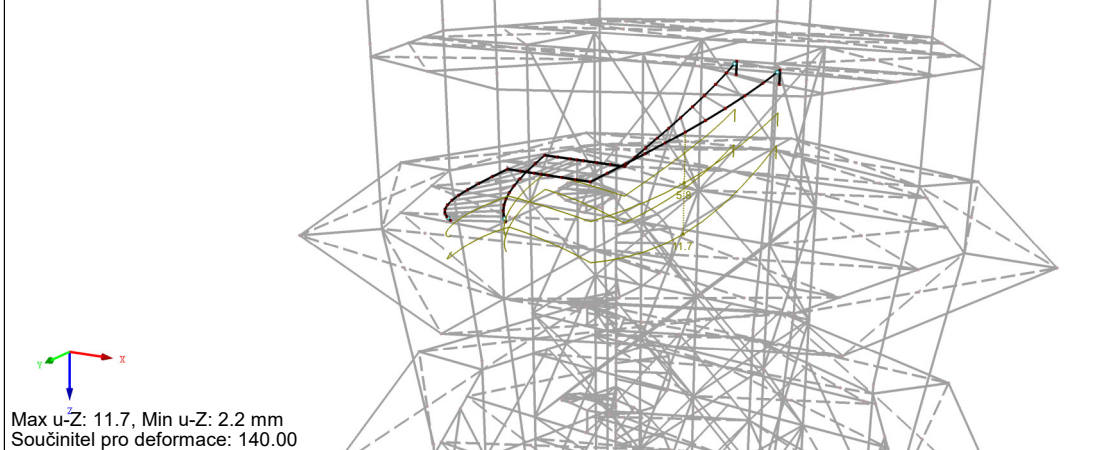
Max V-z/V-v: 2.500, Min V-z/V-v: -0.832 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

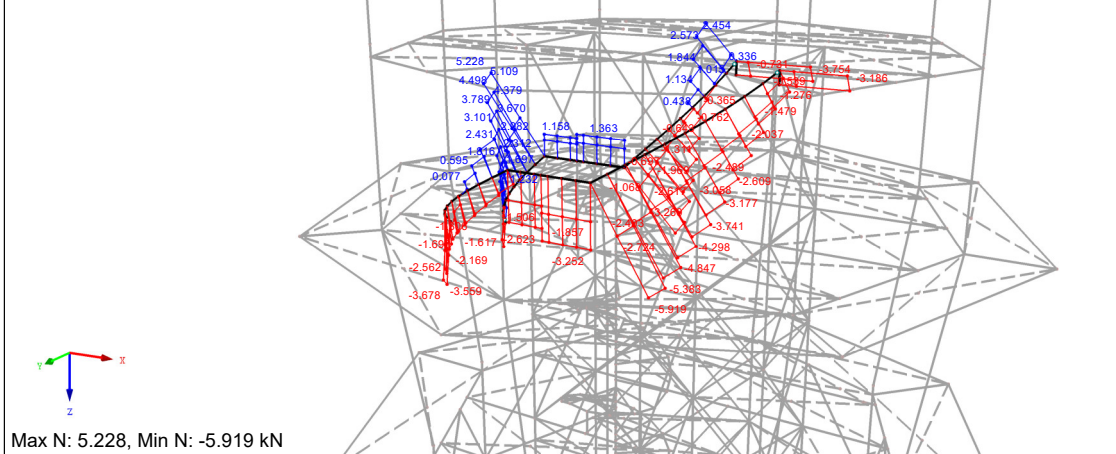


9.1.4.2 Schodnice

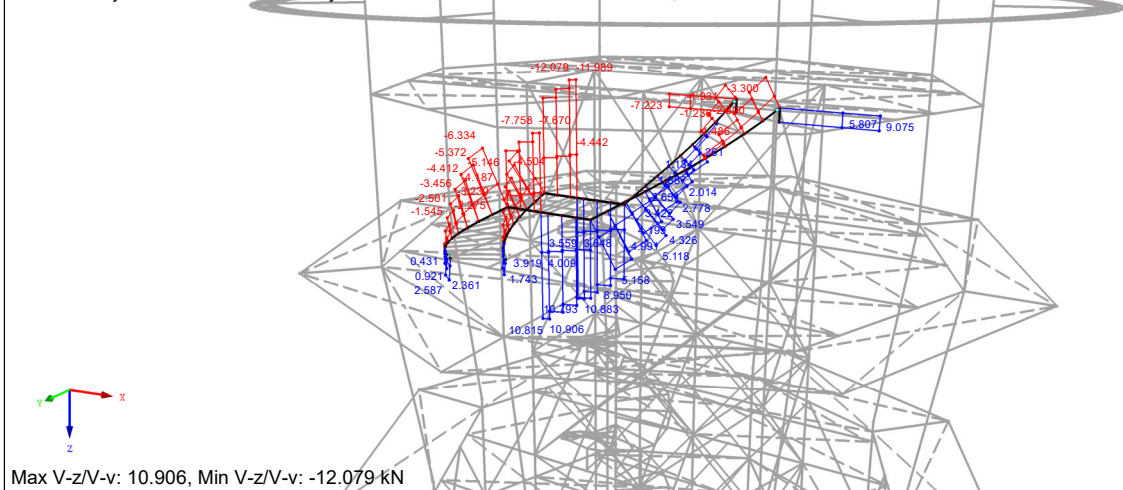
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



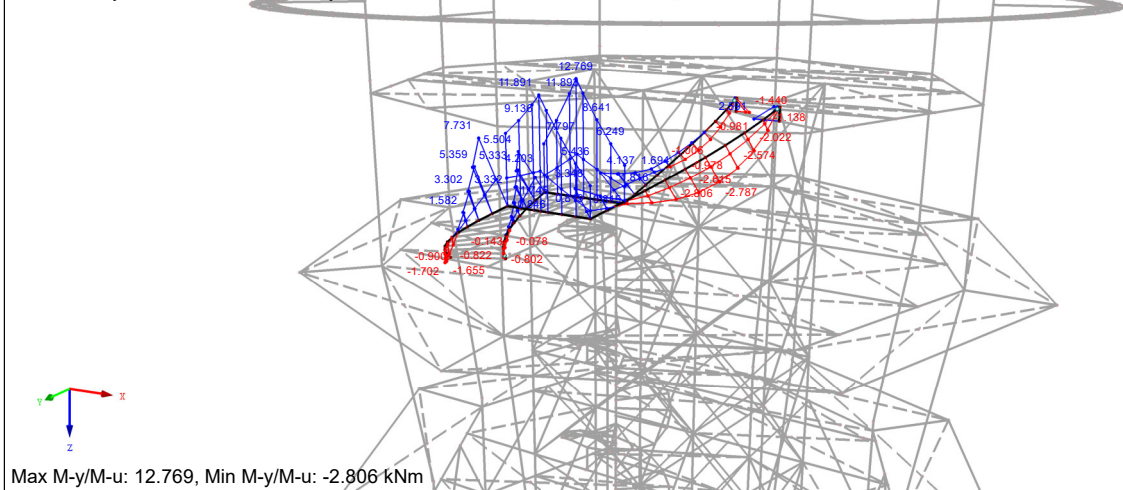
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



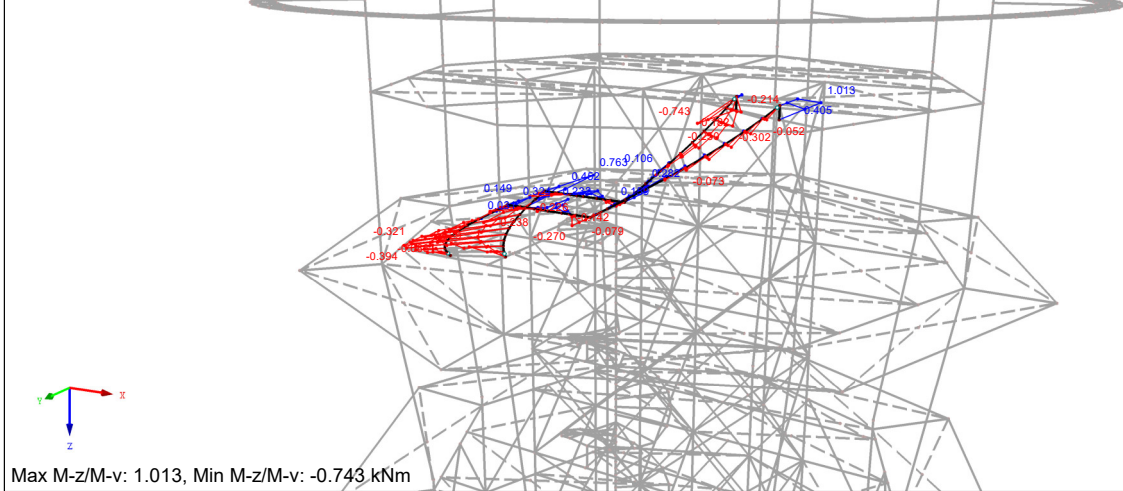
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

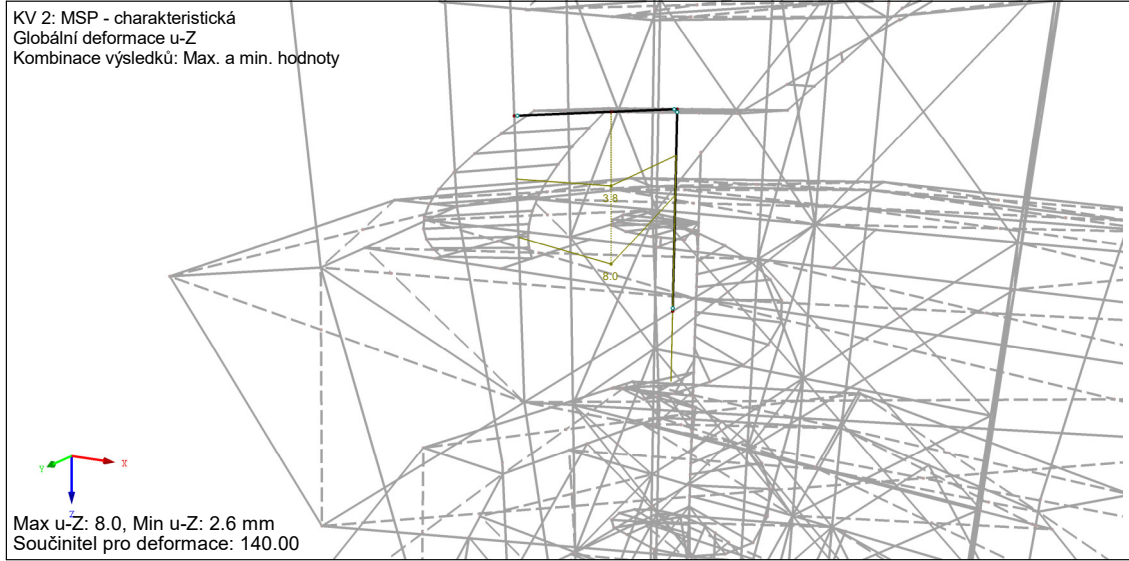


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-z/M-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

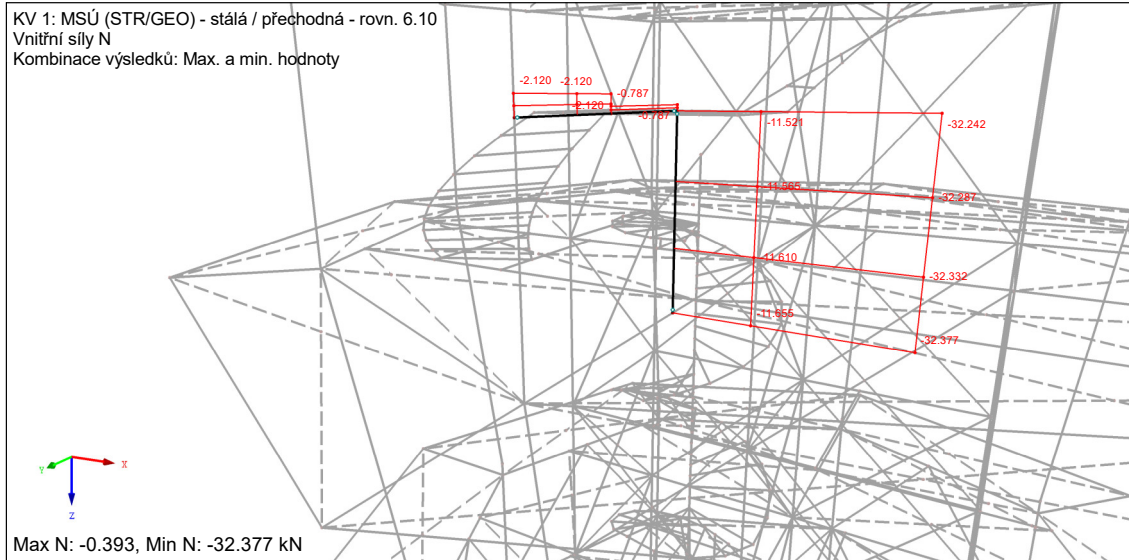


9.1.4.3 Podpůrná konstrukce

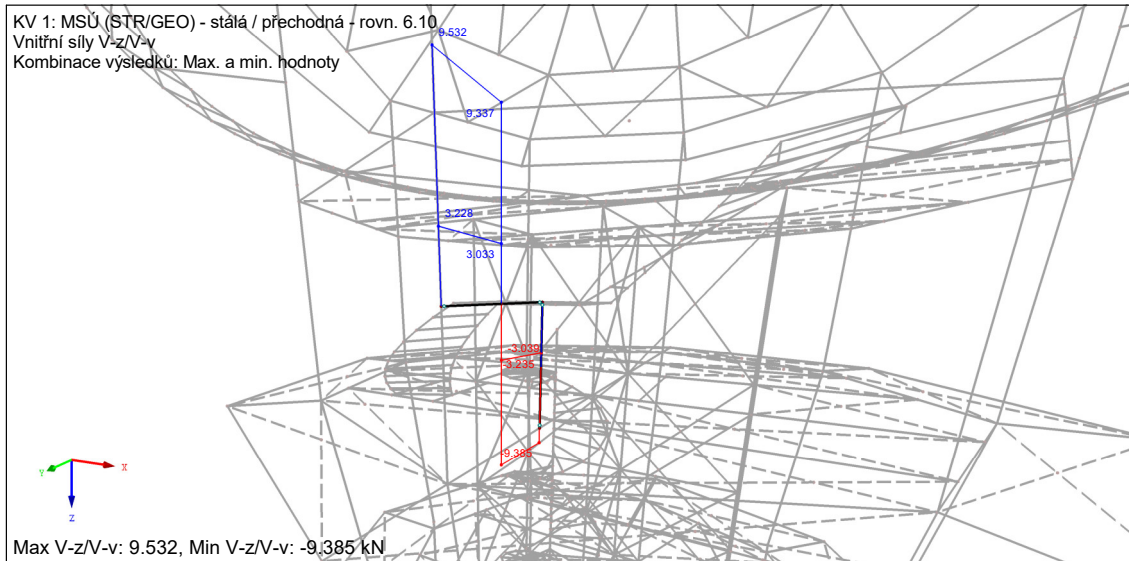
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



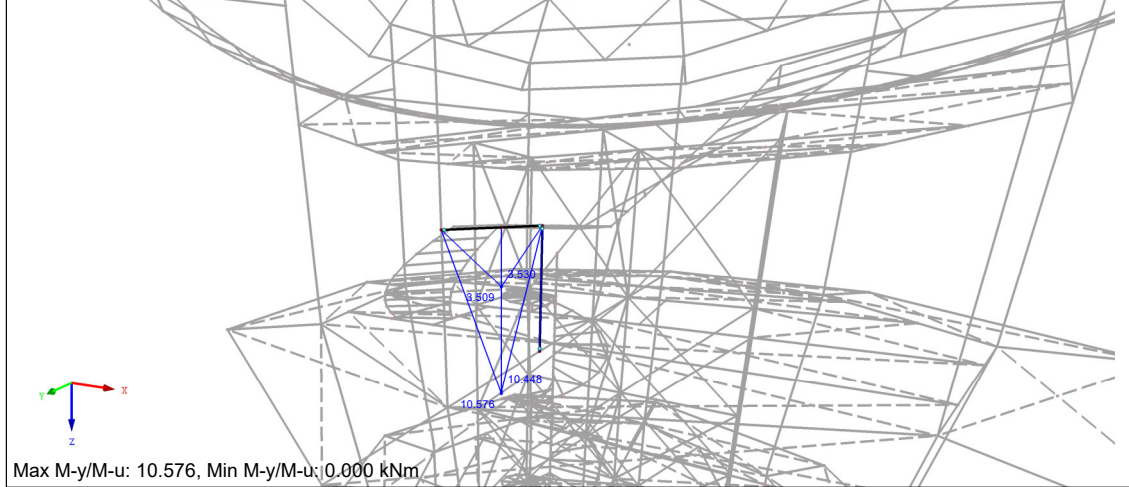
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



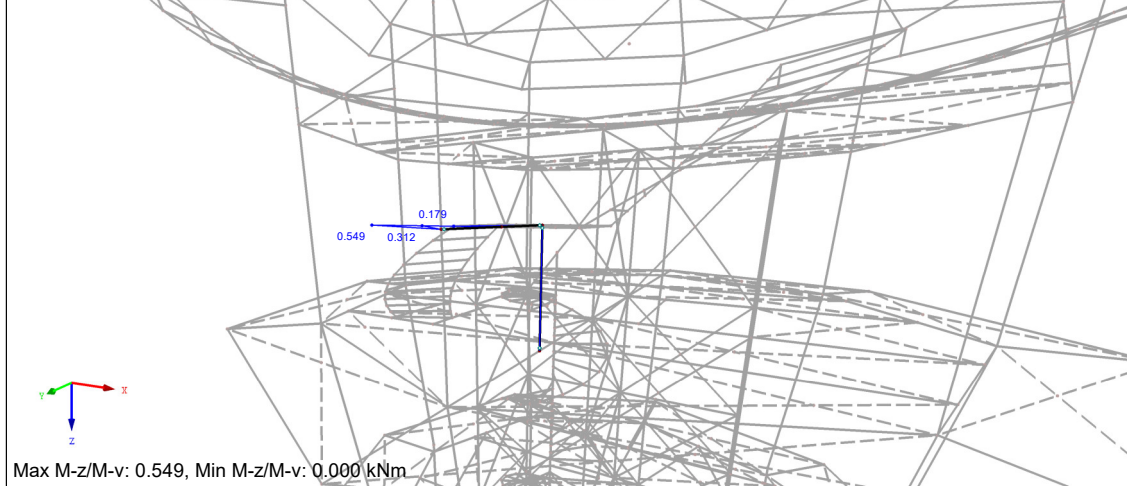
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-z/M-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

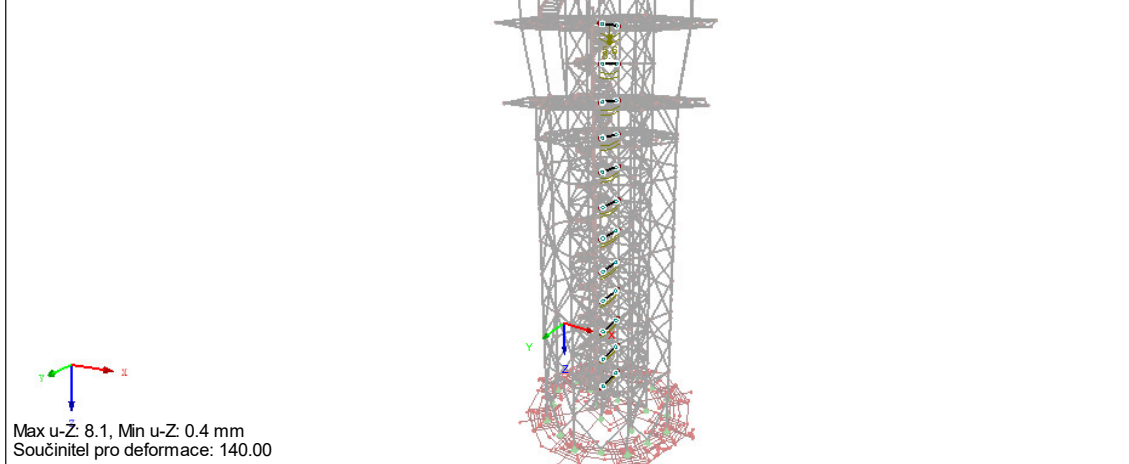


9.1.5 Jádro

9.1.5.1 Příčle

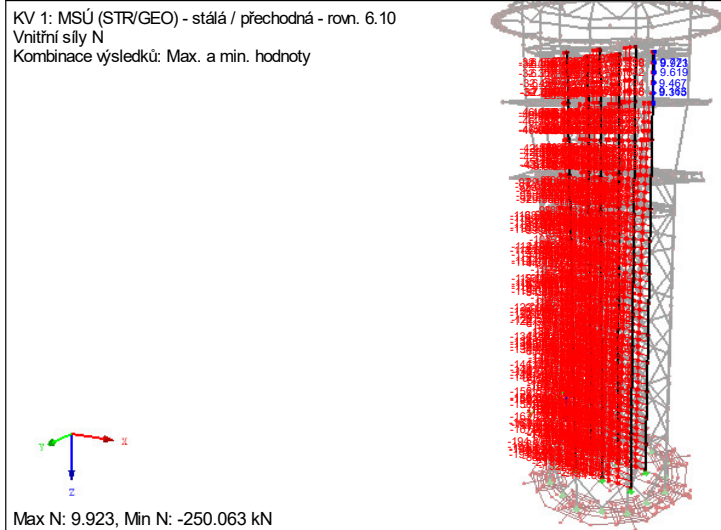
9.1.5.1.1 Vnitřní

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



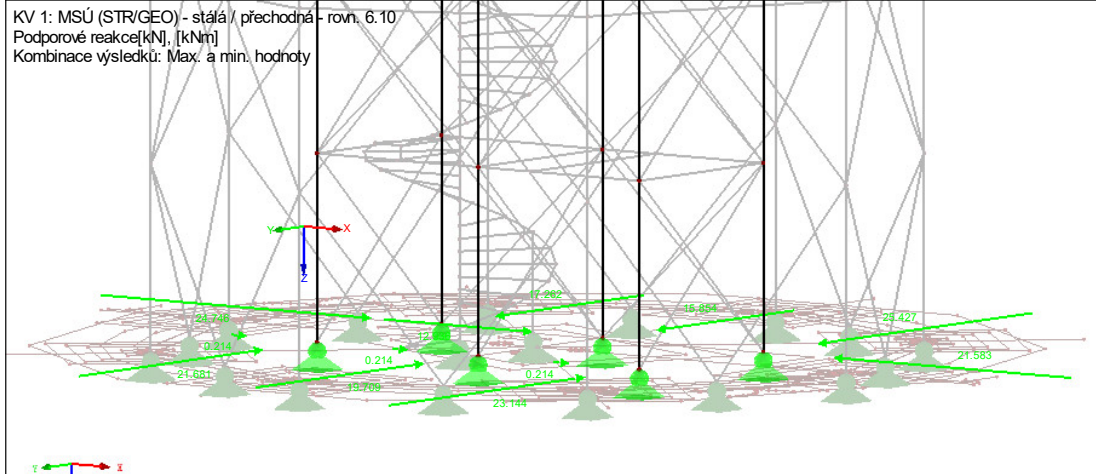
9.1.5.2 Sloup

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max N: 9.923, Min N: -250.063 kN

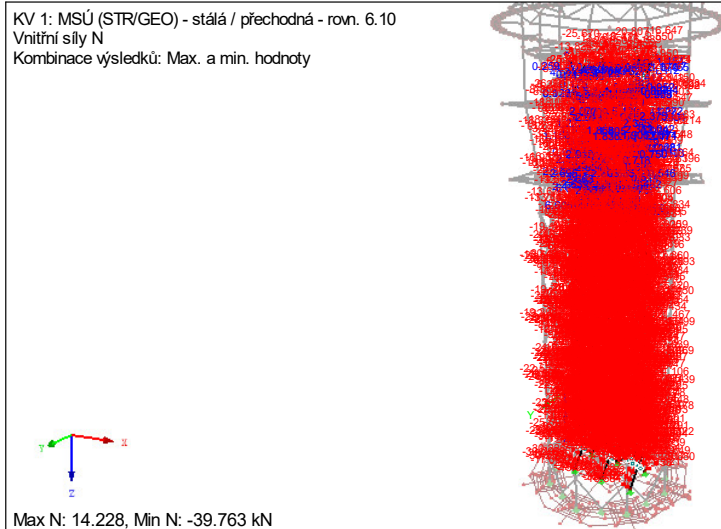
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Podporové reakce[kN], [kNm]
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max M-Y: 0.000, Min M-Y: 0.000 kNm
 Max P-Y: 23.144, Min P-Y: -25.427 kN
 Max P-X: 21.583, Min P-X: -24.746 kN

9.1.5.3 Diagonály

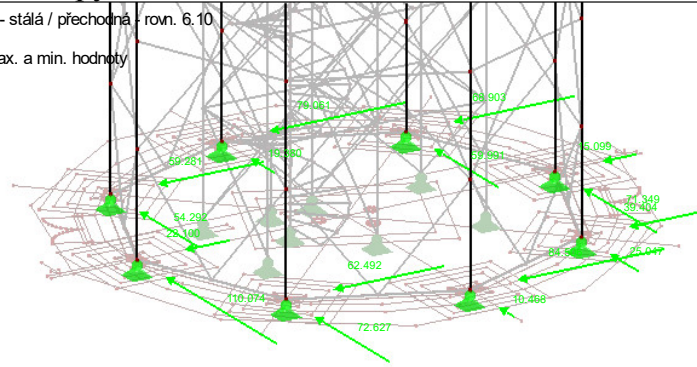
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max N: 14.228, Min N: -39.763 kN

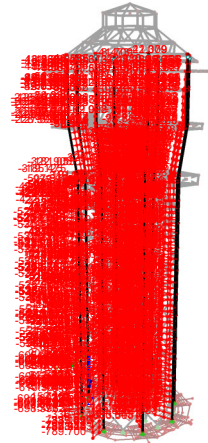
9.1.6 Vnější sloupy

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Podporové reakce[kN]
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



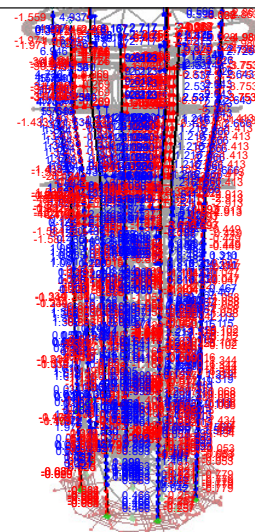
Max P-Y: 110.074, Min P-Y: 10.468 kN
 Max P-X: 84.506, Min P-X: 15.099 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



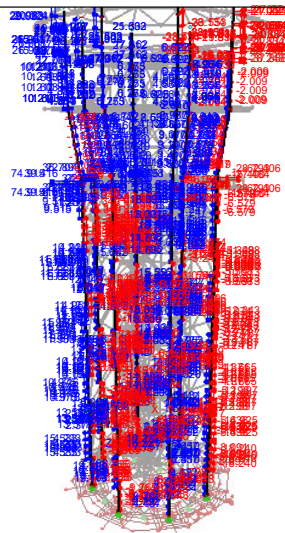
Max N: -6.927, Min N: -795.964 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-y/V-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



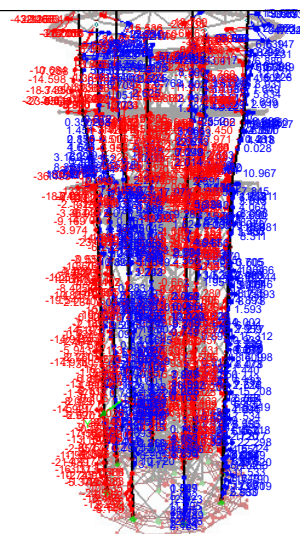
Max V-y/V-u: 32.319, Min V-y/V-u: -50.972 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



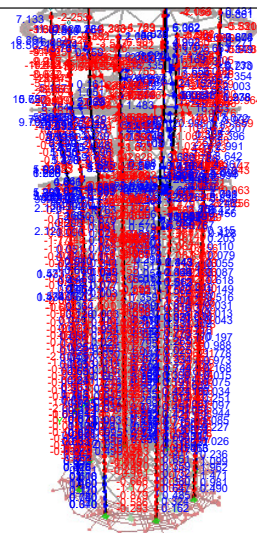
Max V-z/V-v: 74.915, Min V-z/V-v: -62.406 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max M-y/M-u: 57.221, Min M-y/M-u: -54.586 kNm

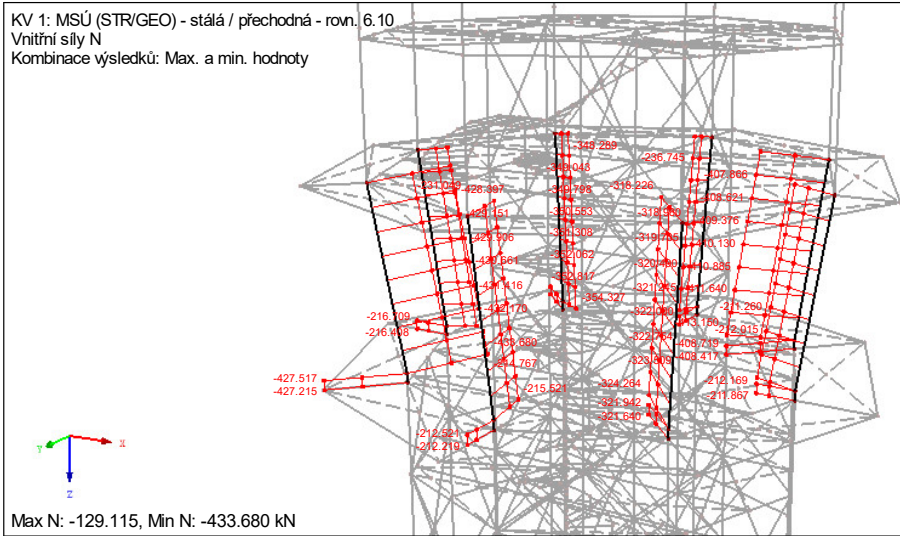
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-z/M-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



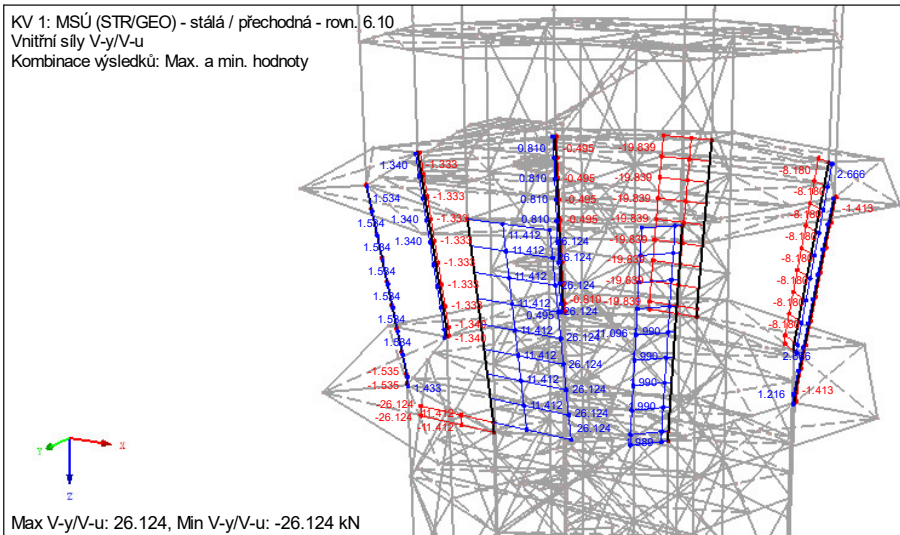
Max M-z/M-v: 97.301, Min M-z/M-v: -95.426 kNm

9.1.6.1 Horní šikmá část

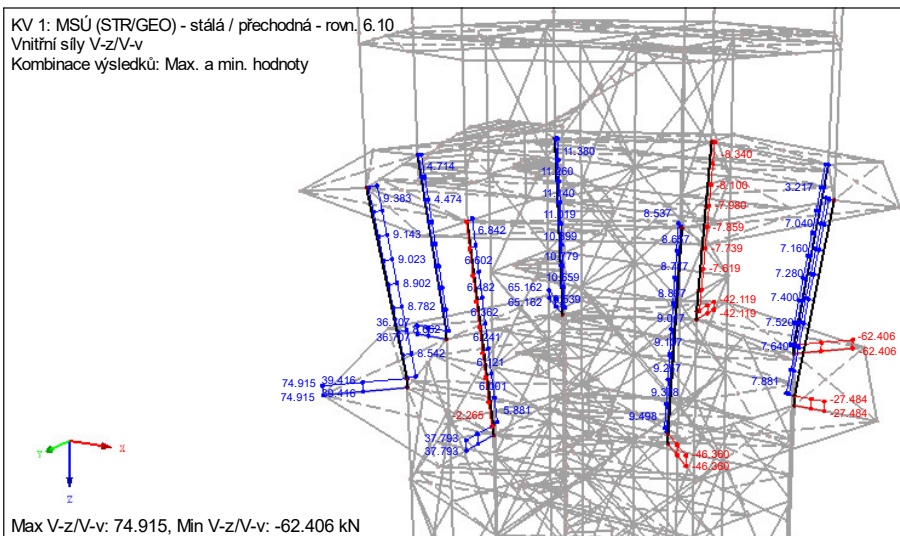
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rov. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



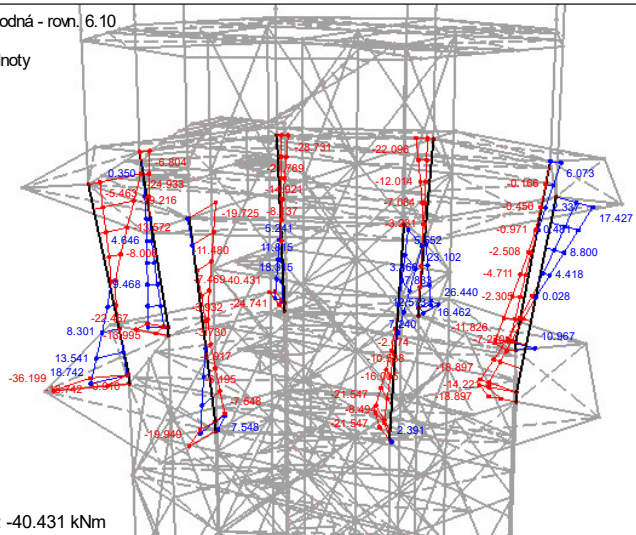
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rov. 6.10
 Vnitřní síly V-y/V-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rov. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

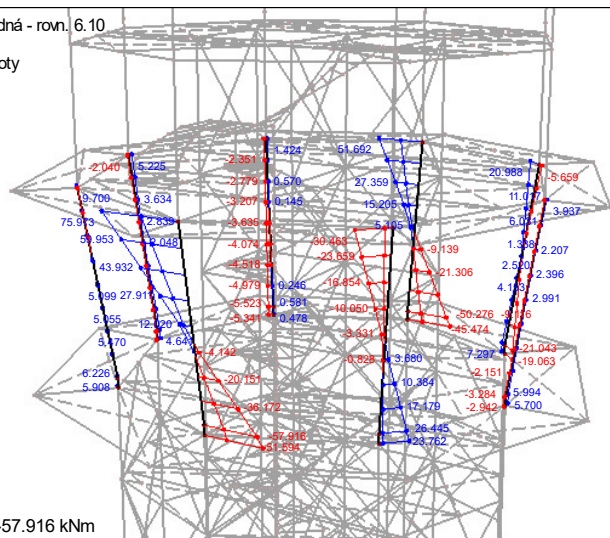


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max M-y/M-u: 26.440, Min M-y/M-u: -40.431 kNm

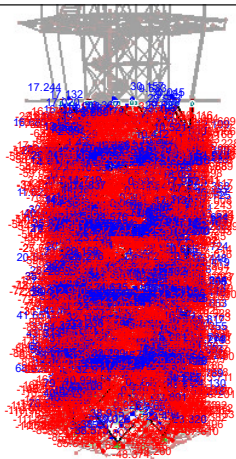
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-z/M-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max M-z/M-v: 75.973, Min M-z/M-v: -57.916 kNm

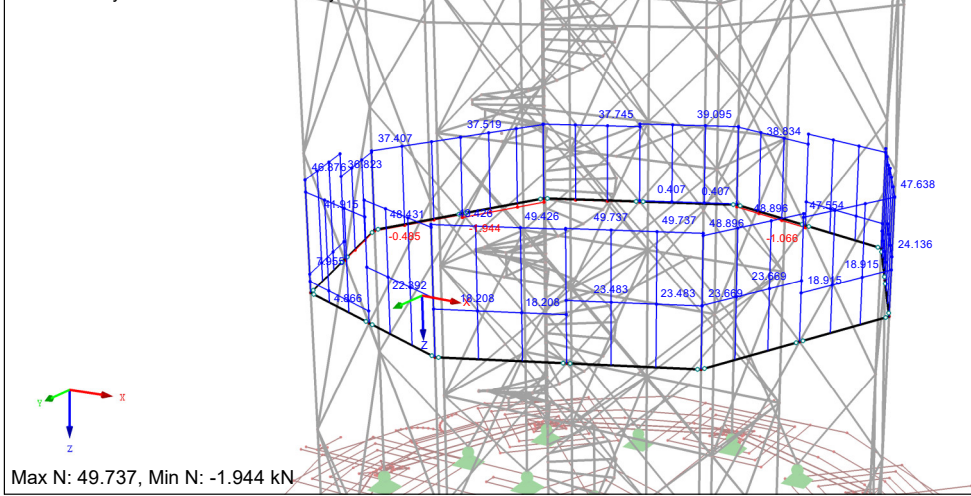
9.1.7 Vnější diagonály

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max N: 84.744, Min N: -125.228 kN

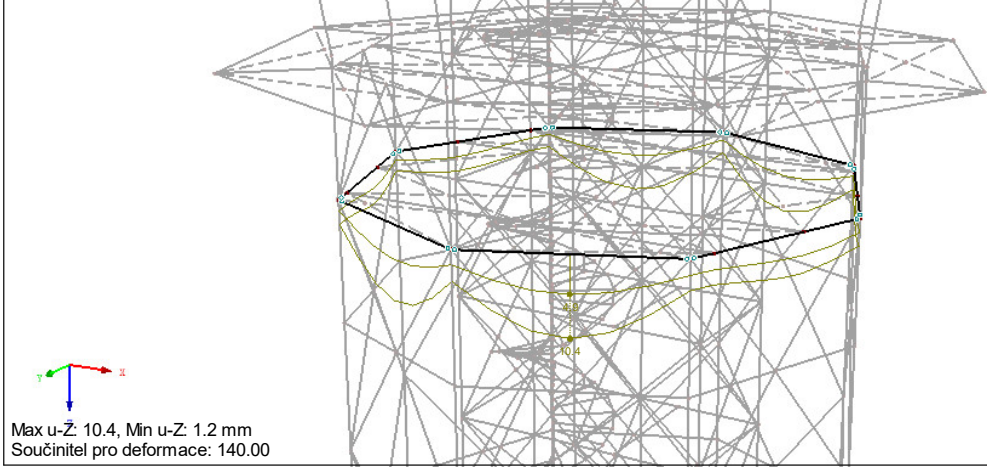
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



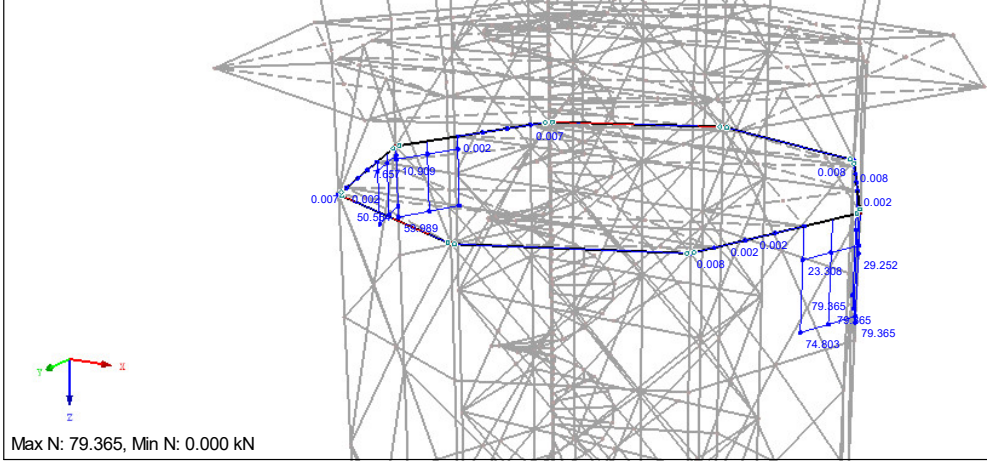
9.1.8 Technické podlaží

9.1.8.1 Vnější nosníky

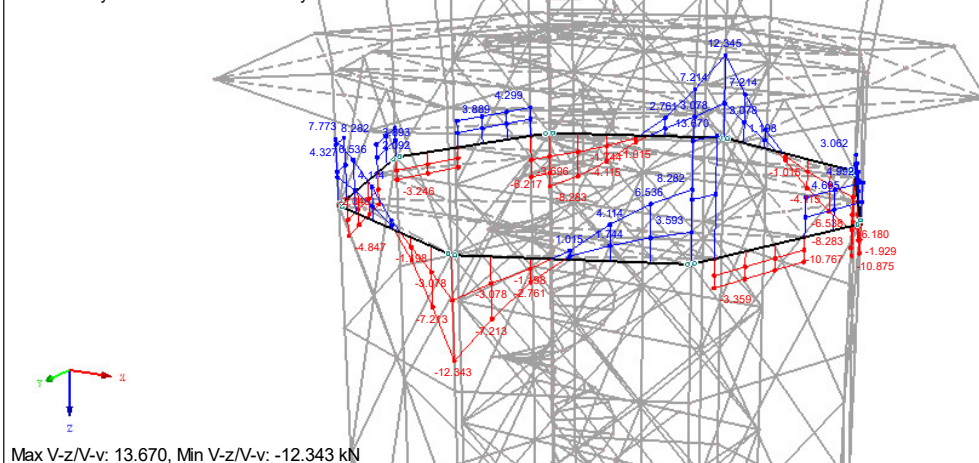
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



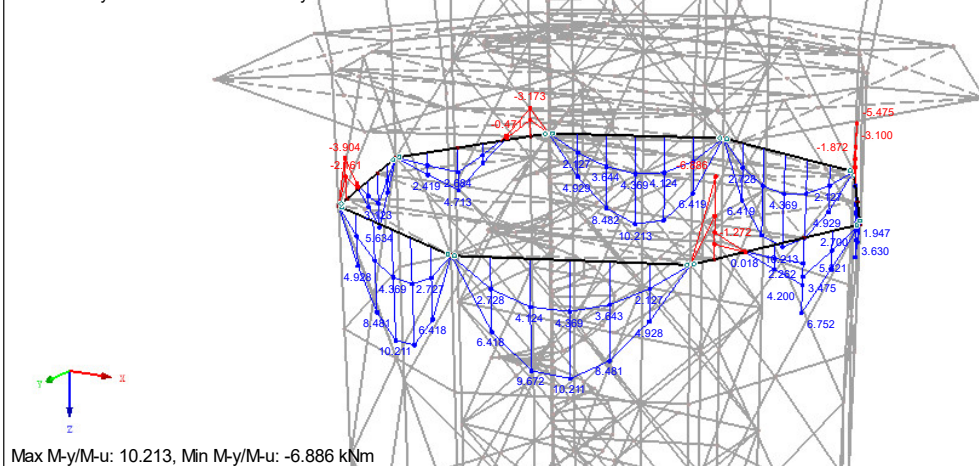
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

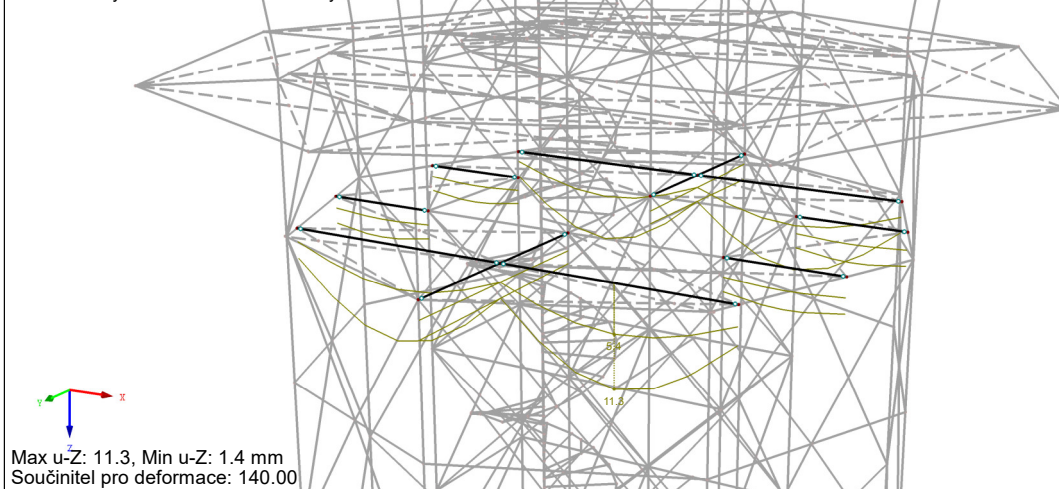


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

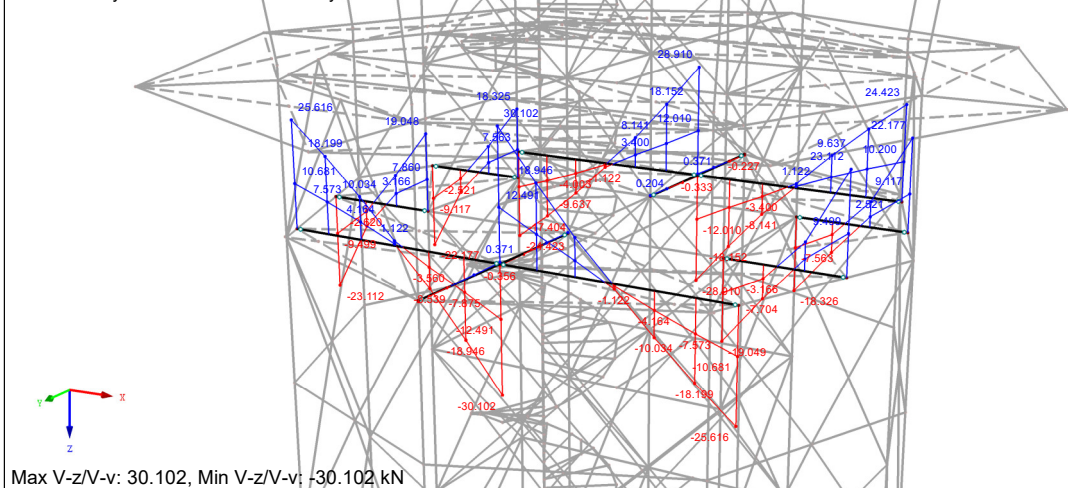


9.1.8.2 Vnitřní nosníky

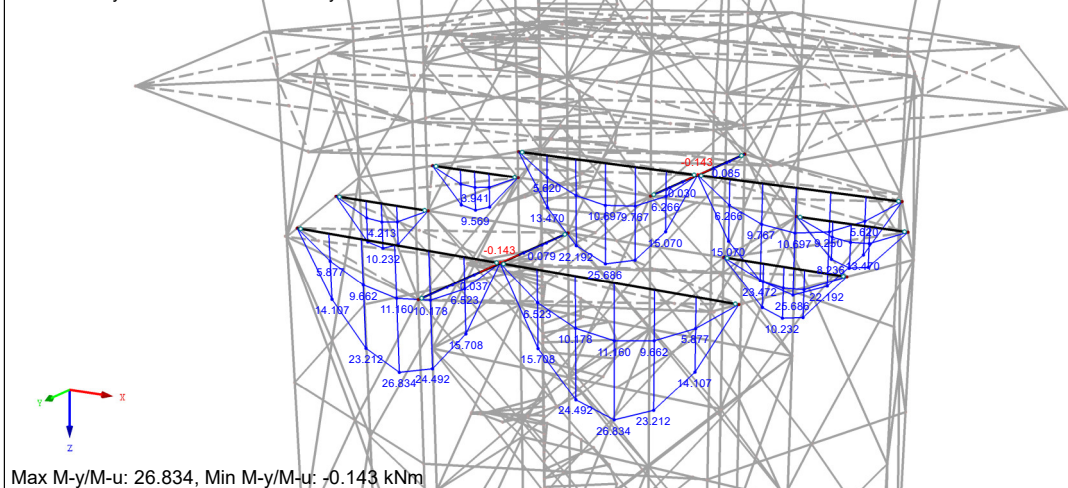
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



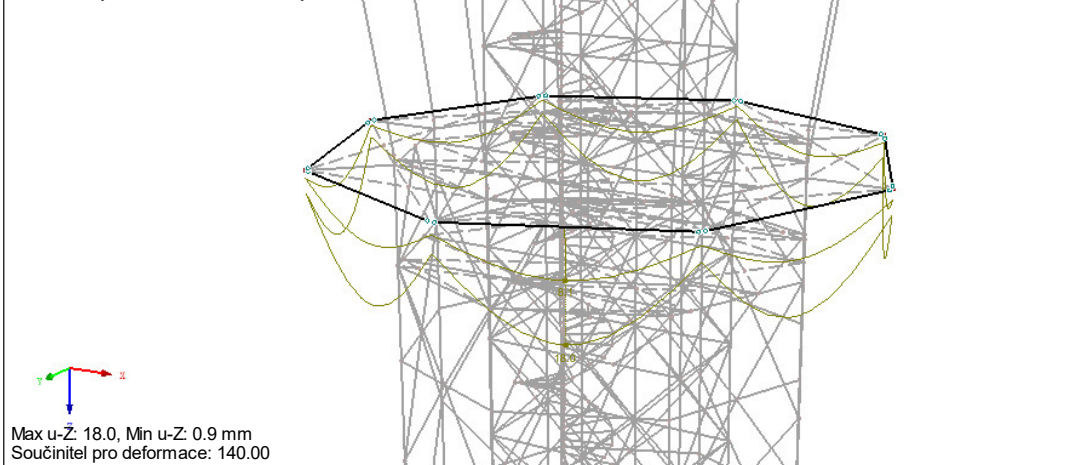
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



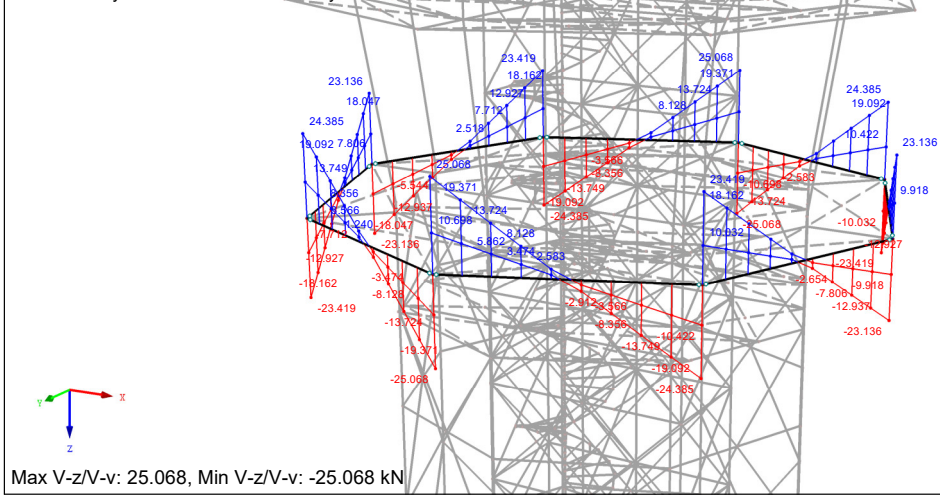
9.1.9 Dispečink

9.1.9.1 Vnější nosníky

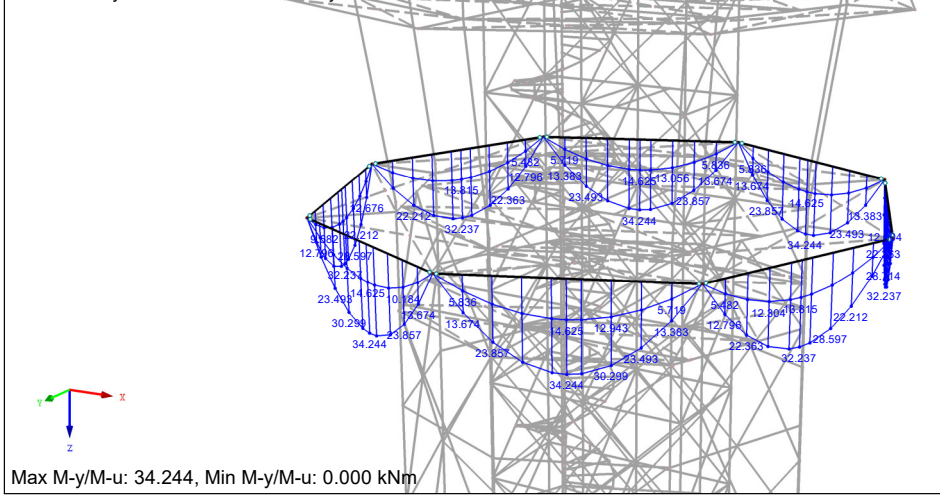
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

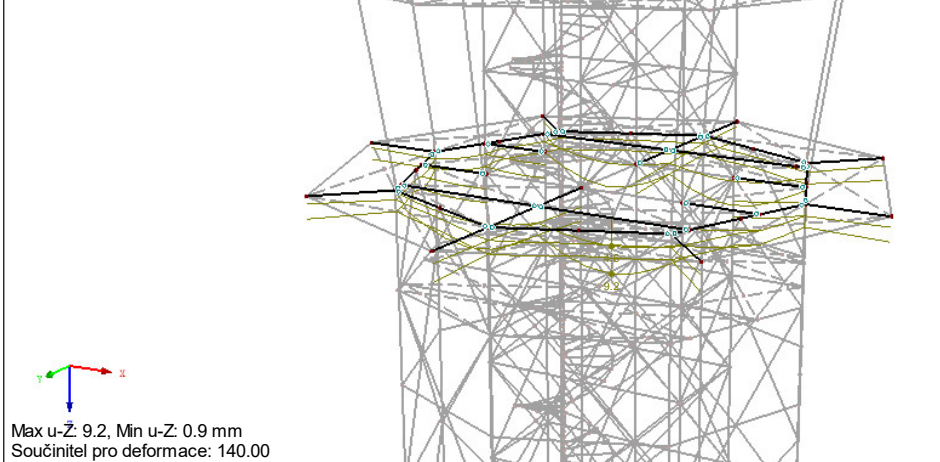


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

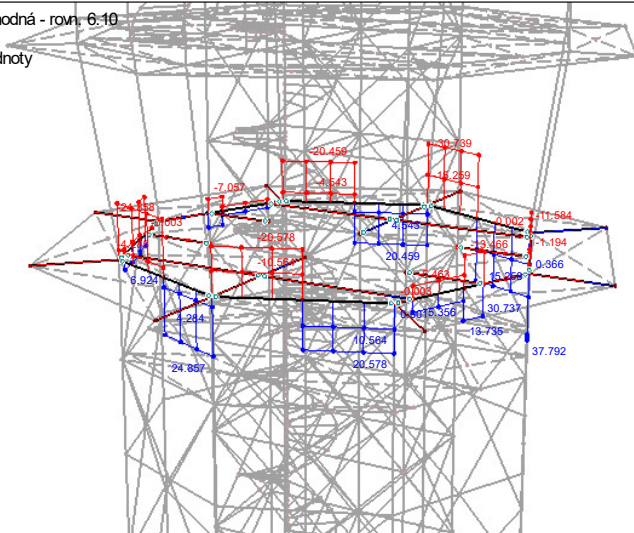


9.1.9.2 Vnitřní nosníky

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

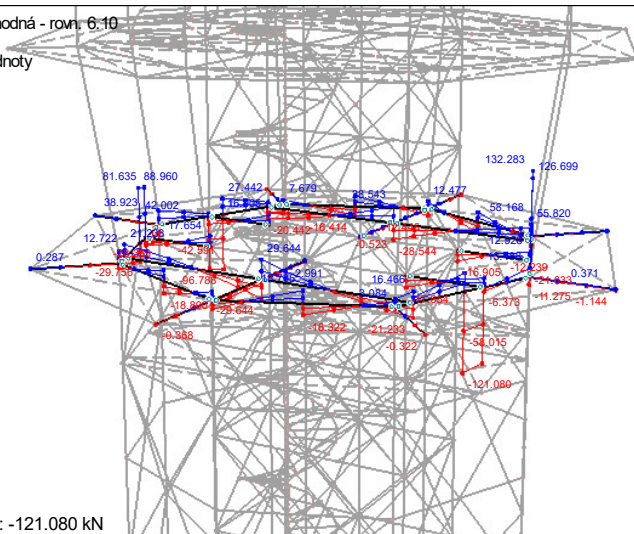


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rov. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



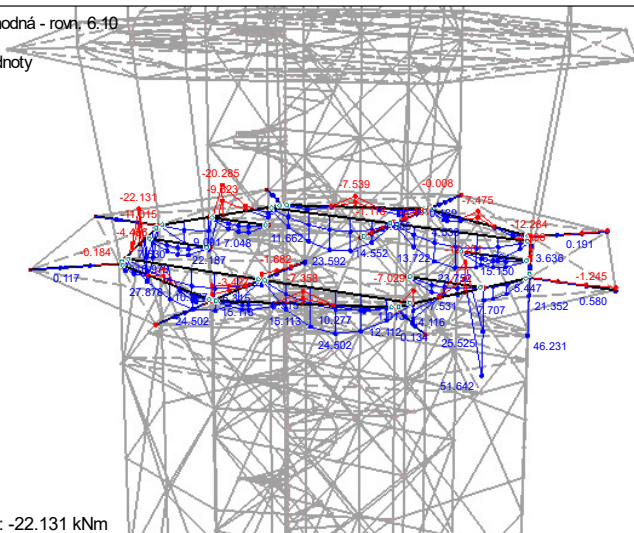
Max N: 37.792, Min N: -30.739 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rov. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max V-z/V-v: 132.283, Min V-z/V-v: -121.080 kN

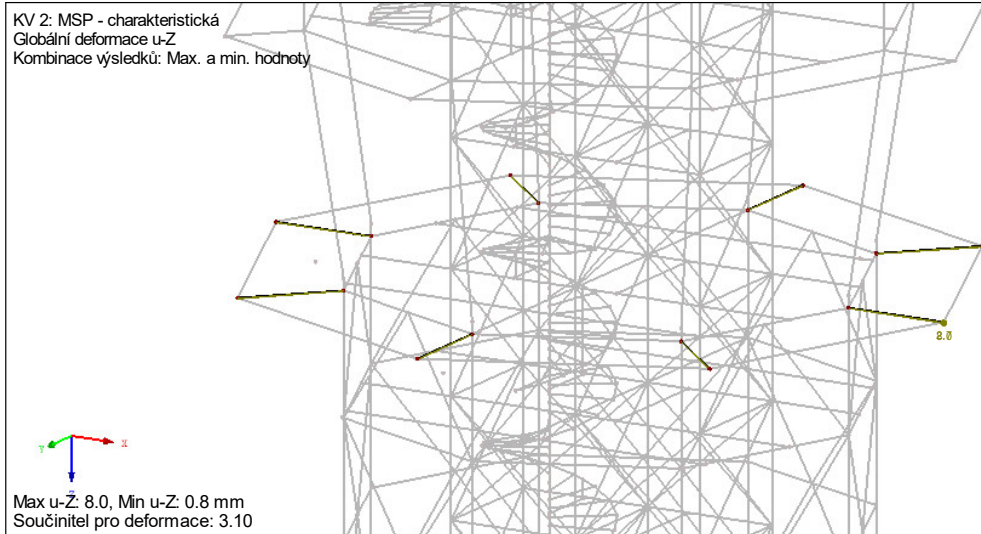
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rov. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max M-y/M-u: 51.642, Min M-y/M-u: -22.131 kNm

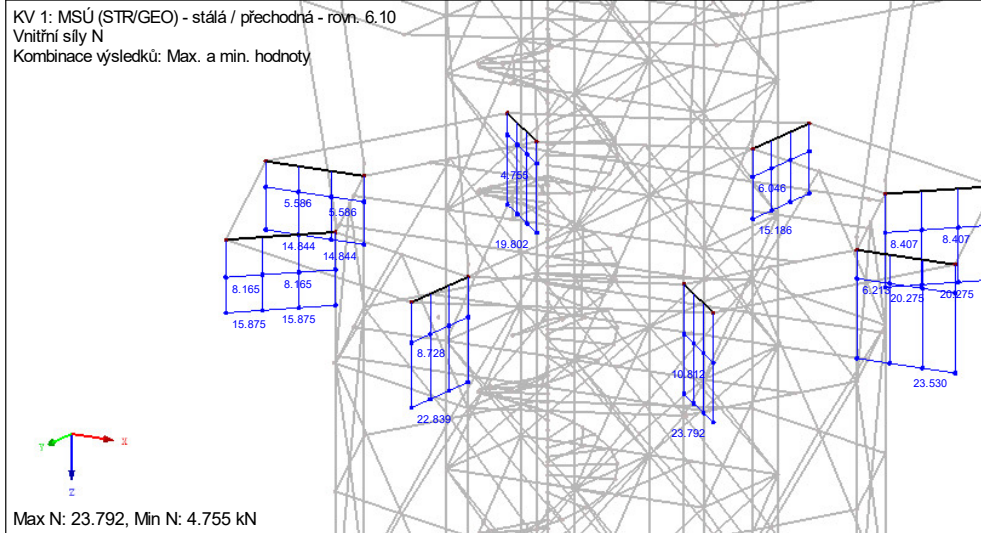
9.1.9.3 Konzoly

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



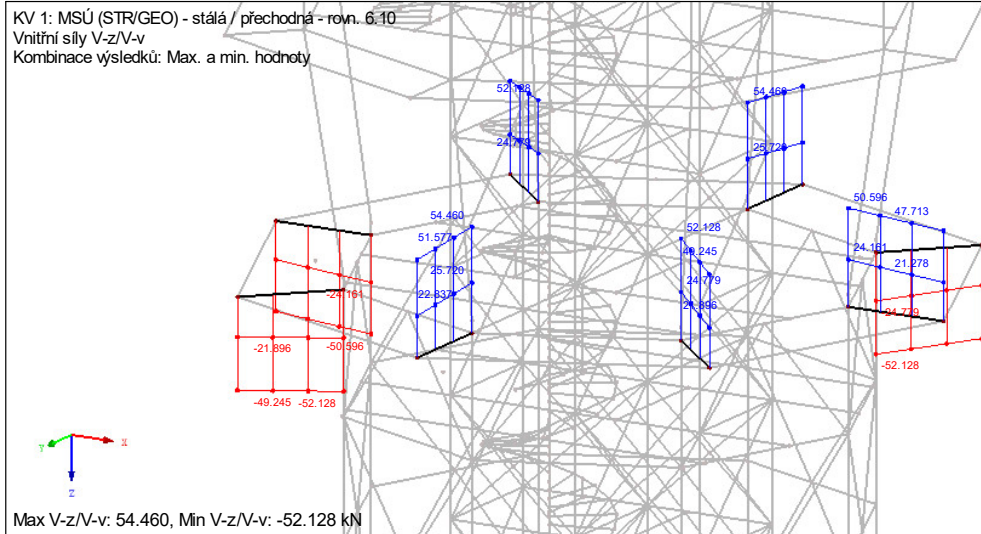
Max u-Z: 8.0, Min u-Z: 0.8 mm
 Součinitel pro deformace: 3.10

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6,10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



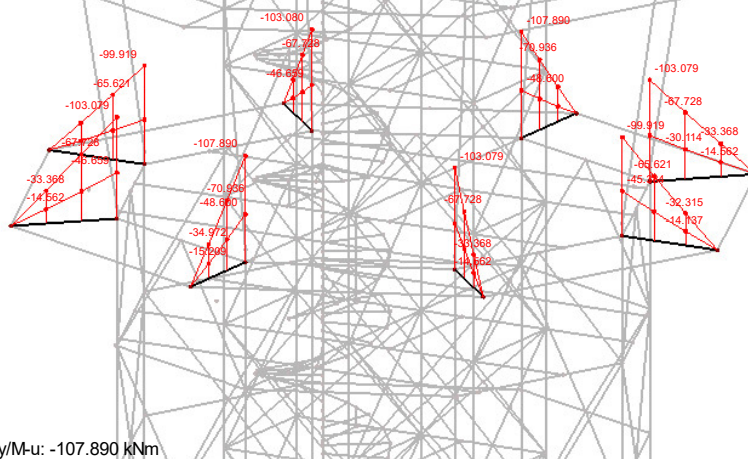
Max N: 23.792, Min N: 4.755 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6,10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



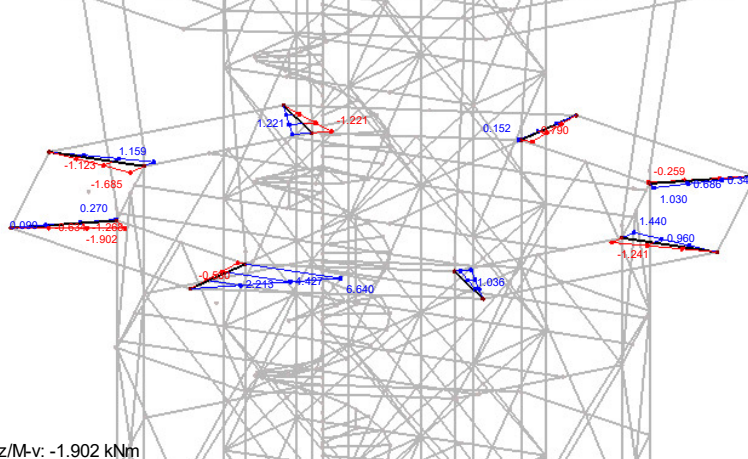
Max V-z/V-v: 54.460, Min V-z/V-v: -52.128 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max M-y/M-u: 0.000, Min M-y/M-u: -107.890 kNm

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-z/M-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

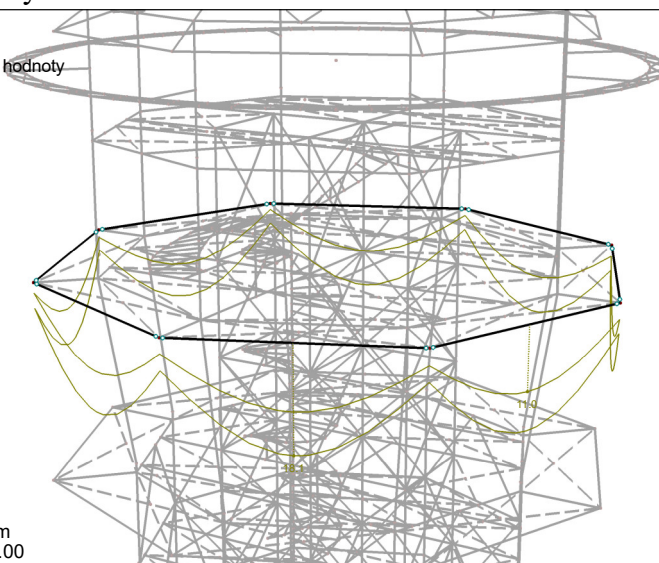


Max M-z/M-v: 6.640, Min M-z/M-v: -1.902 kNm

9.1.10 Vyhlídkové foyer

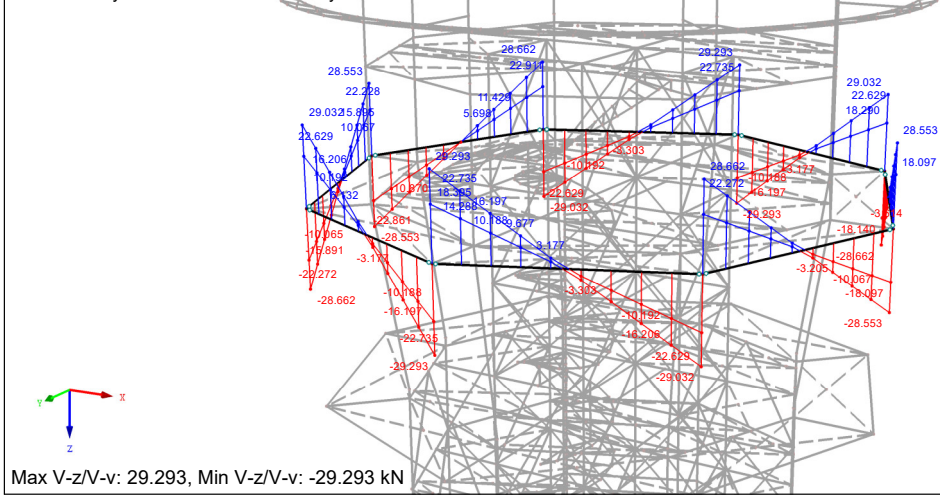
9.1.10.1 Vnější nosníky

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

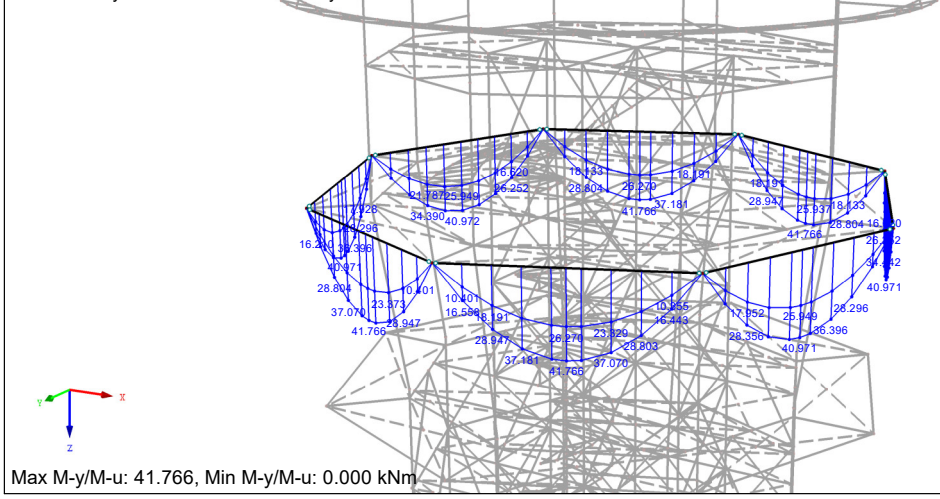


Max u-Z: 18.1, Min u-Z: 1.3 mm
 Součinitel pro deformace: 140.00

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

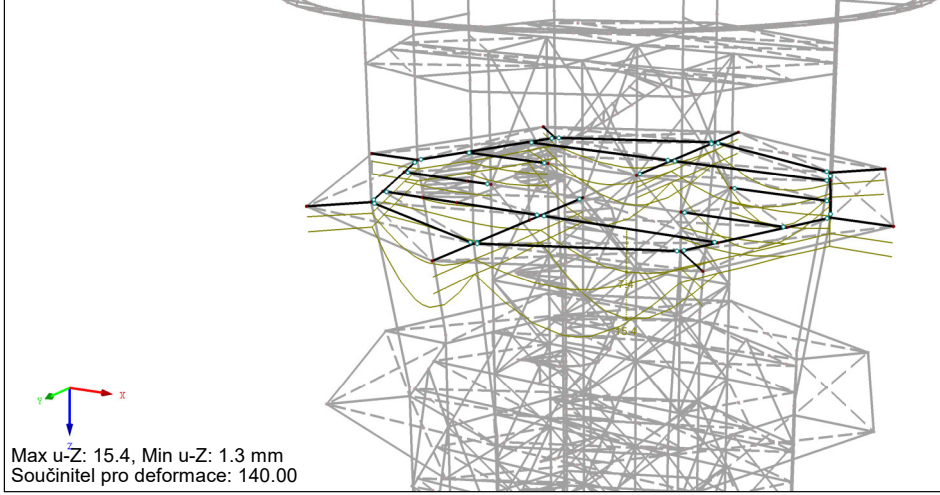


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

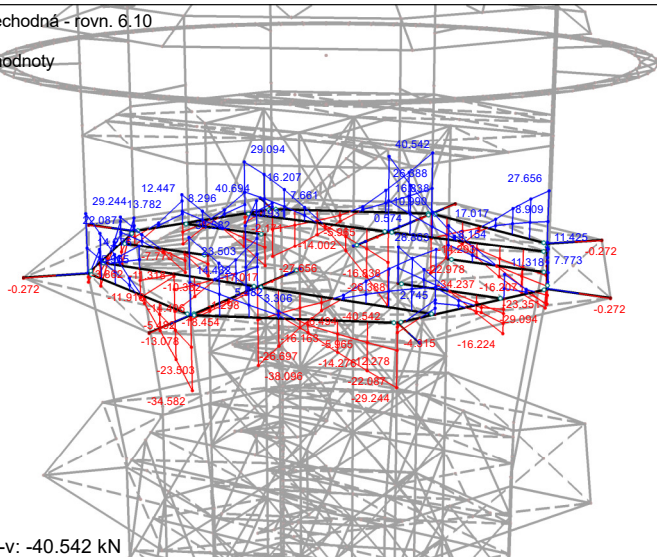


9.1.10.2 Vnitřní nosníky

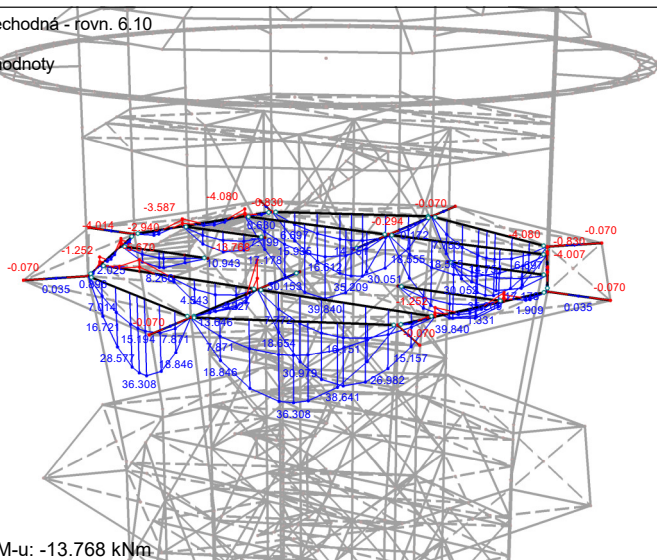
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

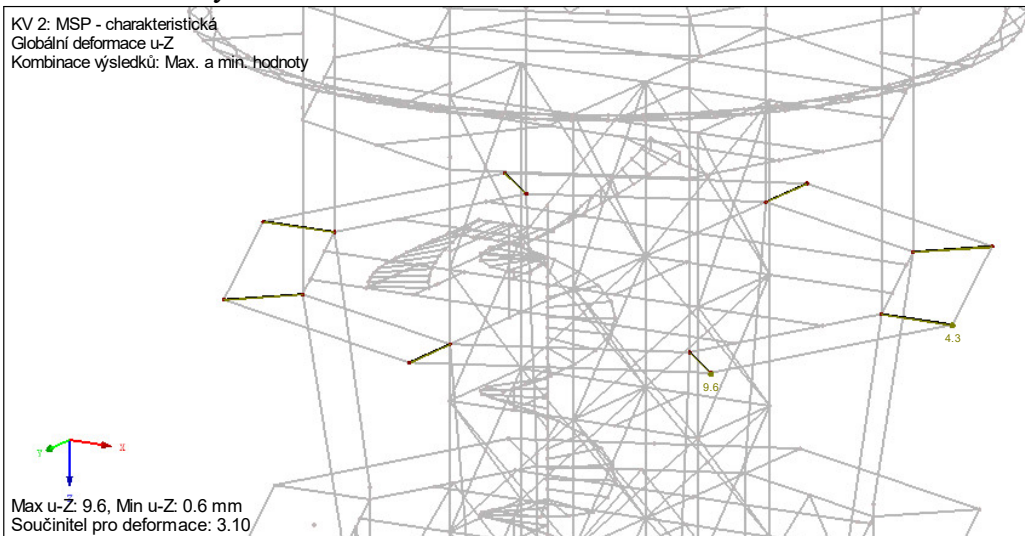


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



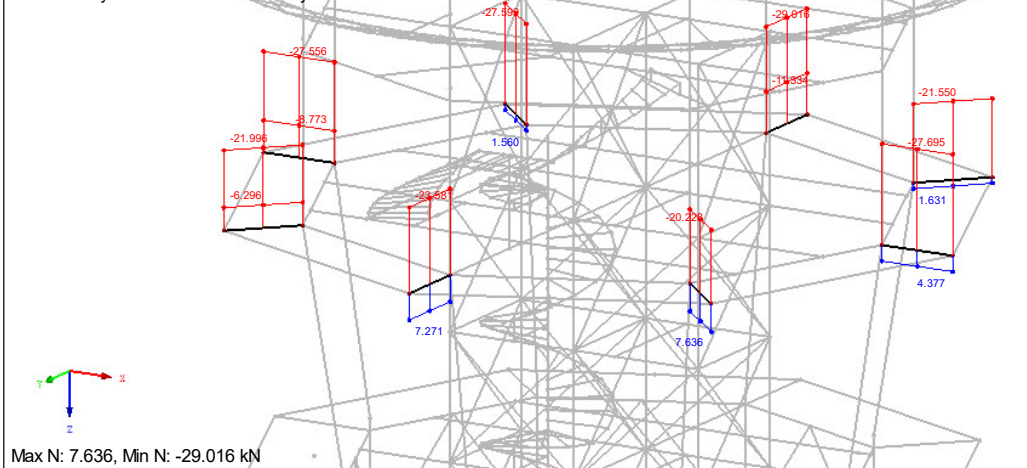
9.1.10.3 Konzoly

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



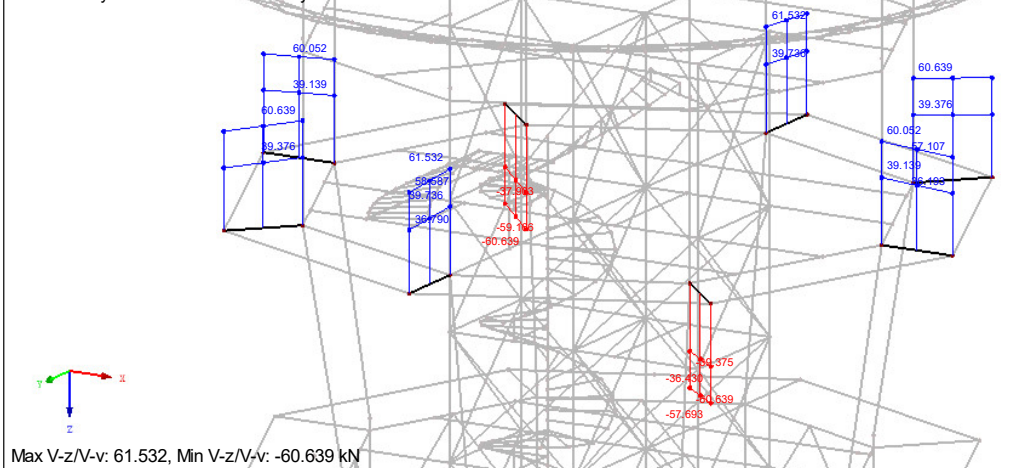
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



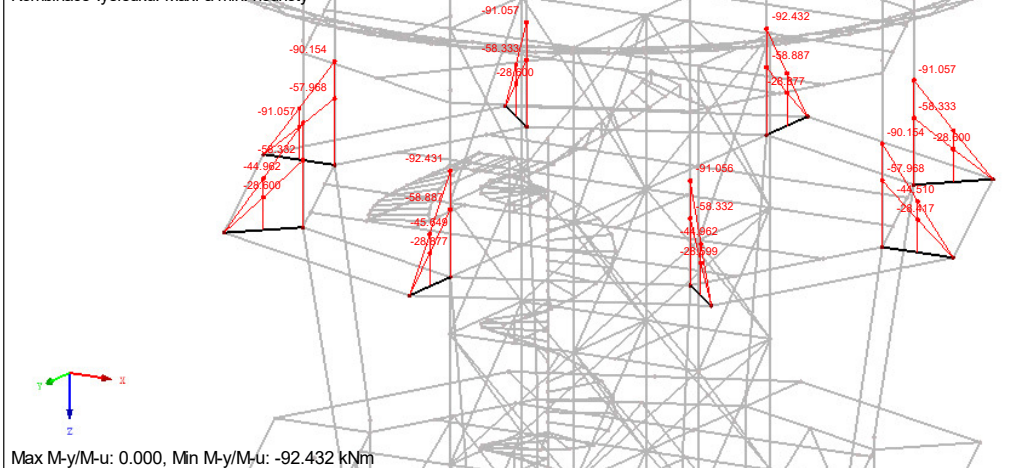
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

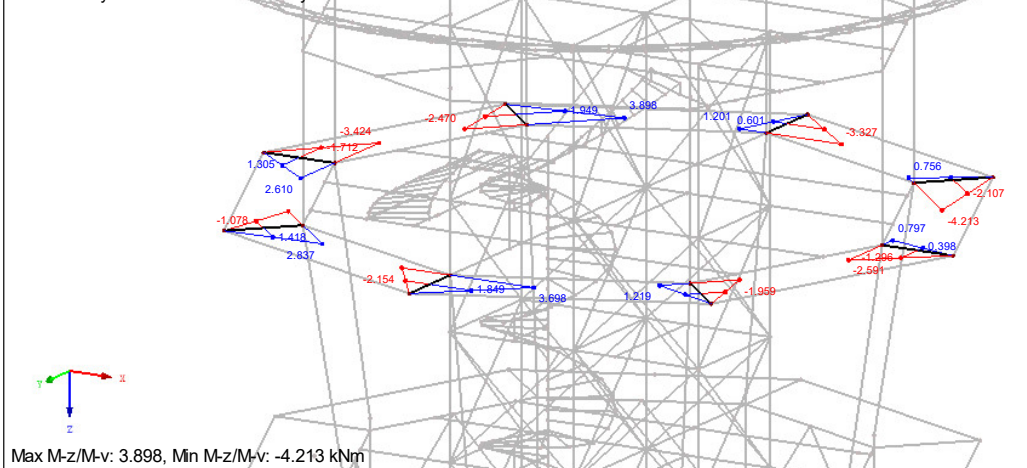


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



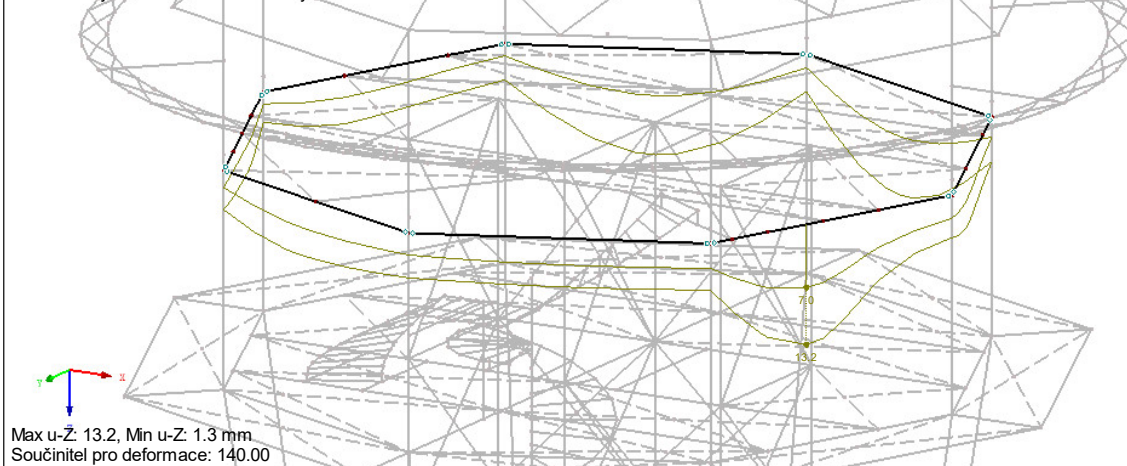
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-z/M-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



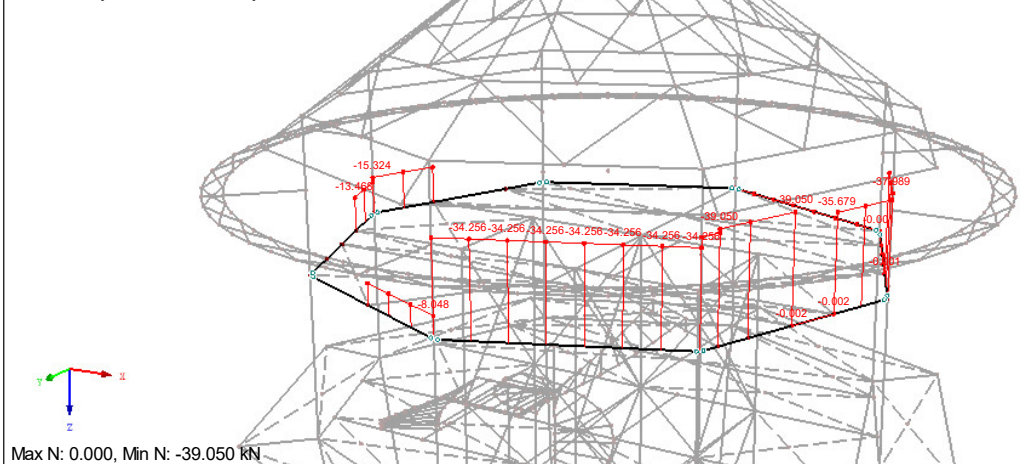
9.1.11 Jednací prostor

9.1.11.1 Vnější nosníky

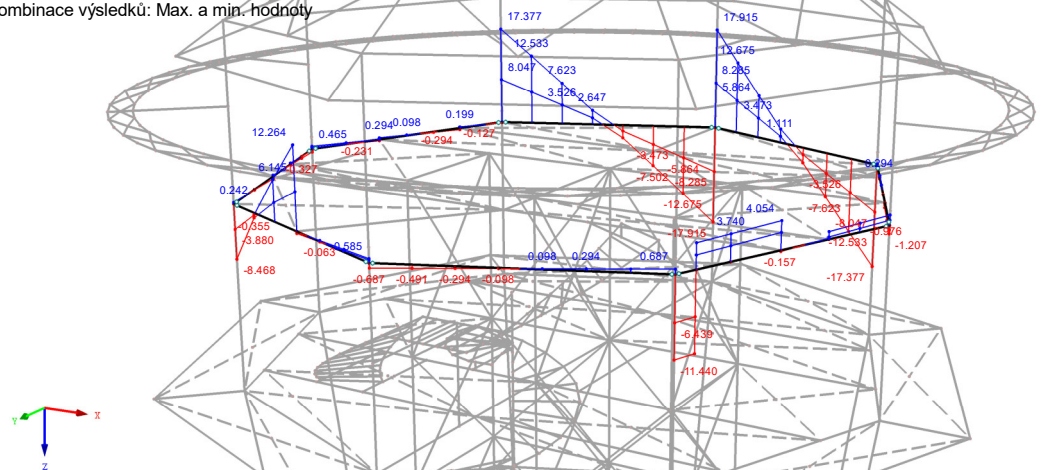
KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. hodnoty

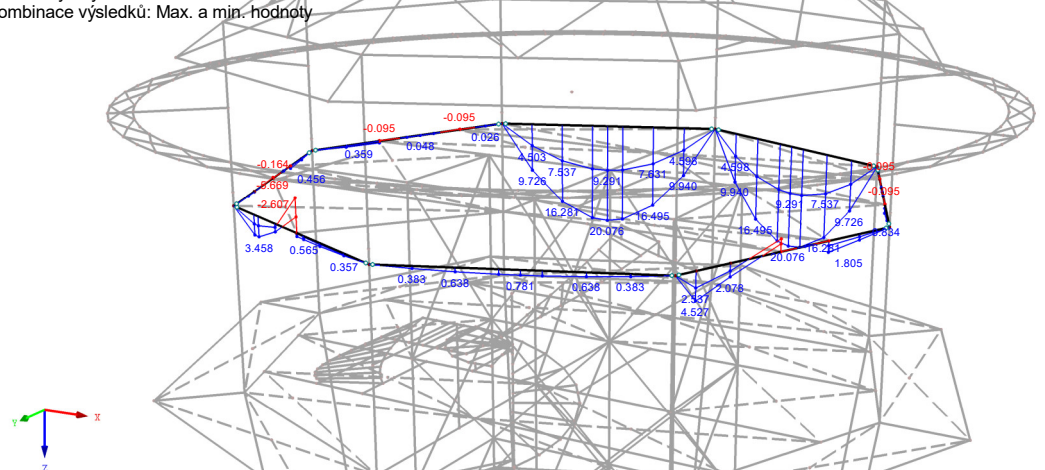


KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a mín. hodnoty



Max V-z/V-v: 17.915, Min V-z/V-v: -17.915 kN

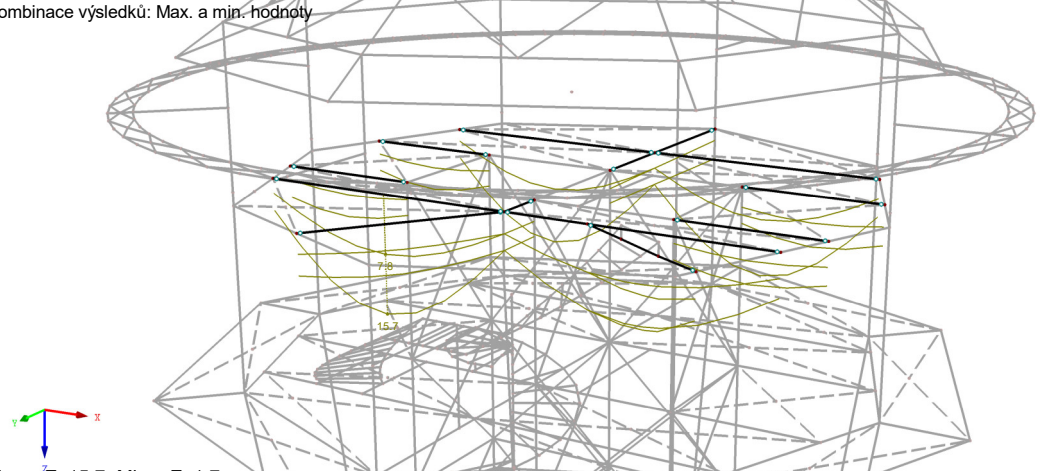
KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a mín. hodnoty



Max M-y/M-u: 20.076, Min M-y/M-u: -5.669 kNm

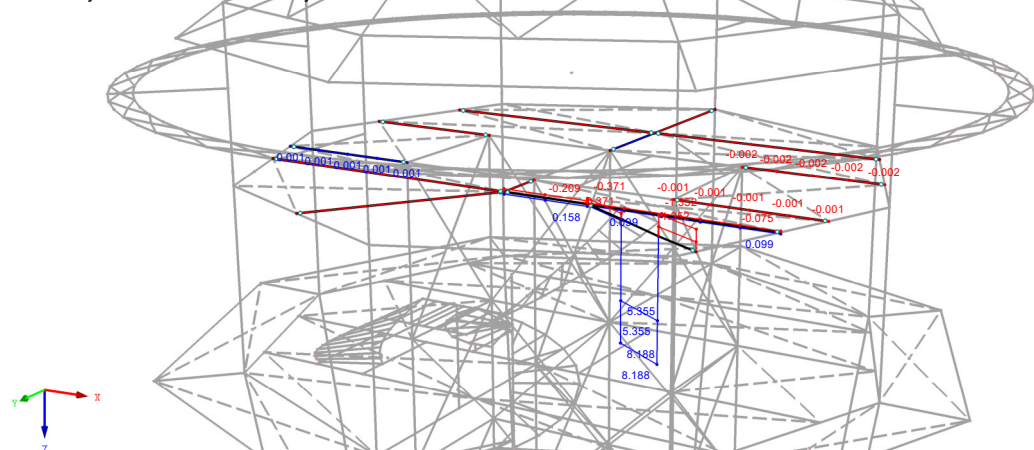
9.1.11.2 Vnitřní nosníky

KV 2: MSP - charakteristická
 Globální deformace u-Z
 Kombinace výsledků: Max. a mín. hodnoty



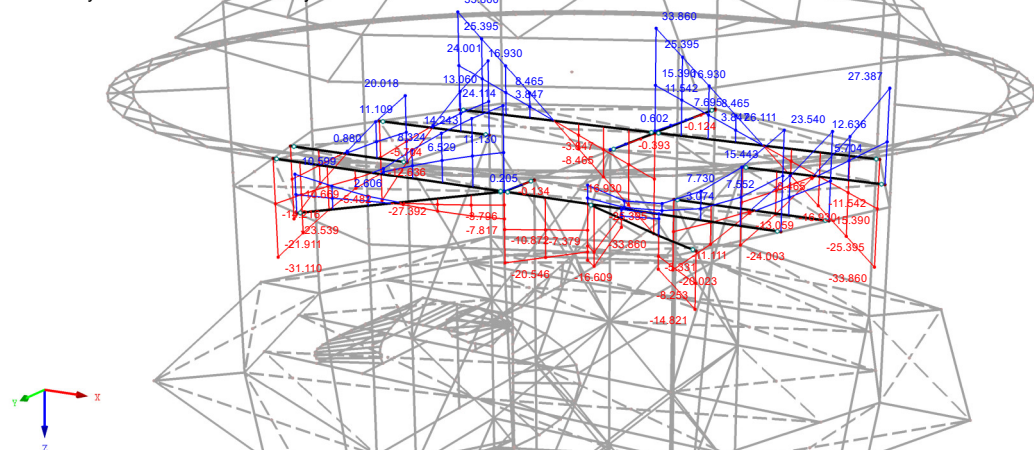
Max u-Z: 15.7, Min u-Z: 1.7 mm
 Součinitel pro deformace: 140.00

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly N
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



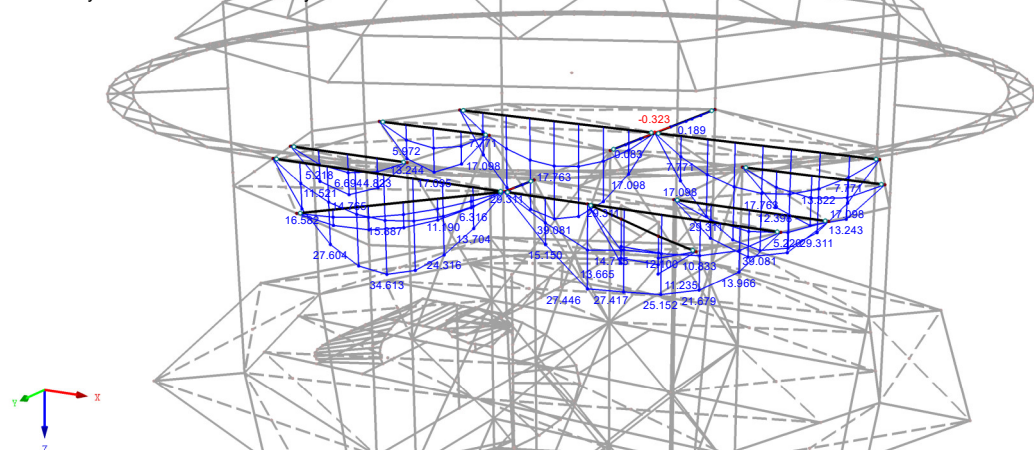
Max N: 8.188, Min N: -1.352 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly V-z/V-v
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max V-z/V-v: 33.860, Min V-z/V-v: -33.860 kN

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10
 Vnitřní síly M-y/M-u
 Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty



Max M-y/M-u: 39.081, Min M-y/M-u: -0.323 kNm

9.2 Příloha B – příloha statického výpočtu

9.2.1 Posouzení základové patky jádra

Bc. František Nesnídal

Vodojem Kladno
Patka

Posouzení plošného základu

Vstupní data

Projekt

Akce : Vodojem Kladno
Část : Patka
Popis : Jádro
Vypracoval : Bc. František Nesnídal
Datum : 20.02.2019

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA1

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Sedání

Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)
Omezení deformační zóny : procentem Sigma_{Or}
Kof. omezení deformační zóny : 10,0 [%]

Patky

Výpočet pro odvodněné podmínky : EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
Posouzení tažené patky : standardní postup
Dovolená excentricita : 0,333
Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
Návrhový přístup : 1 - redukce zatížení a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
Kombinace 1			Kombinace 2		
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce materiálu (M)			
Trvalá návrhová situace			
		Kombinace 1	Kombinace 2
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,00 [-]	1,40 [-]
Součinitel redukce pevnosti horniny :	$\gamma_v =$	1,00 [-]	1,40 [-]

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Třída F8, konzistence tuhá		15,00	5,00	20,50	10,50	

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Parametry zemín

Třída F8, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 20,50$ kN/m³
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 15,00$ °



Pouze pro nekomerční využití



1

[GE05 - Patky (studentská licence) | verze 5.2019.17.0 | hardwarový klíč 2254 / 1 | Nesnídal František | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]

Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5,00$ kPa
 Edometrický modul : $E_{oed} = 7,50$ MPa
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,50$ kN/m³

Založení**Typ základu: centrická patka**

Hloubka od původního terénu $h_z = 1,00$ m
 Hloubka základové spáry $d = 1,00$ m
 Tloušťka základu $t = 1,00$ m
 Sklon upraveného terénu $s_1 = 0,00$ °
 Sklon základové spáry $s_2 = 0,00$ °

Objemová tíha zeminy nad základem = 20,00 kN/m³

Geometrie konstrukce**Typ základu: centrická patka**

Délka patky $x = 1,30$ m
 Šířka patky $y = 1,30$ m
 Šířka sloupu ve směru x $c_x = 0,10$ m
 Šířka sloupu ve směru y $c_y = 0,10$ m
 Objem patky = 1,69 m³

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 20/25

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20,00$ MPa
 Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,20$ MPa
 Modul pružnosti $E_{cm} = 30000,00$ MPa

Ocel podélná : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa


Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Geologický profil a přiřazení zemín**Informace o umístění**

Kóta povrchu = 0,00 m
 GPS : N 49,9804606; E 13,4921400
 N 49°58'49,66"; E 13°29'31,70"
 S-JTSK : X = 1045308,97 m; Y = 810386,12 m

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Nadm. výška [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	-	0,00 .. ∞	0,00 .. -	Třída F8, konzistence tuhá	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Návrhové zatížení	Návrhové	250,06	0,00	0,00	0,28	0,00

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky



Pouze pro nekomerční využití



Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Návrhové zatížení	Ano	0,00	0,00	171,22	189,96	90,14	Ano
Návrhové zatížení	Ne	0,00	0,00	179,27	189,97	94,37	Ano

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové zatížení)

Spočtená vlastní tíha patky $G = 52,47$ kNSpočtená tíha nadloží $Z = 0,00$ kN**Posouzení svislé únosnosti**

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 1,32$ mDosah smykové plochy $l_{sp} = 3,23$ mVýpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 189,97$ kPaExtrémní kontaktní napětí $\sigma = 179,27$ kPa**Svislá únosnost VYHOVUJE****Posouzení excentricity zatížení**Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,001 < 0,333$ Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,000 < 0,333$ Max. prostorová excentricita $e_t = 0,001 < 0,333$ **Excentricita zatížení základu VYHOVUJE****Posouzení vodorovné únosnosti**

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 9,88$ kNHorizontální únosnost základu $R_{dh} = 95,73$ kNExtrémní horizontální síla $H = 0,28$ kN**Vodorovná únosnost VYHOVUJE****Únosnost základu VYHOVUJE****Dimenzace čís. 1**

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

10 ks profil 16,0 mm, krytí 40,0 mm

Šířka průřezu = 1,30 m

Výška průřezu = 1,00 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0,16 \% > 0,13 \% = \rho_{min}$ 

Pouze pro nekomerční využití



3

Poloha neutrálné osy $x = 0,06 \text{ m} < 0,59 \text{ m} = x_{\max}$
 Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 810,18 \text{ kNm} > 34,73 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru y

10 ks profil 16,0 mm, krytí 40,0 mm

Šířka průřezu = 1,30 m

Výška průřezu = 1,00 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0,16 \% > 0,13 \% = \rho_{\min}$

Poloha neutrálné osy $x = 0,06 \text{ m} < 0,59 \text{ m} = x_{\max}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 810,18 \text{ kNm} > 34,62 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení základu na protlačení

Normálová síla v sloupu = 250,06 kN

Maximální únosnost na obvodu sloupu

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 1,48 kN

Síla přenášená smykovou pevností patky = 248,58 kN

Uvažovaný obvod sloupu $u_0 = 0,40 \text{ m}$

Smykové napětí na obvodu sloupu $v_{Ed,\max} = 0,65 \text{ MPa}$

Únosnost na obvodu sloupu $v_{Rd,\max} = 2,94 \text{ MPa}$

Kritický průřez bez smykové výztuže

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 134,93 kN

Síla přenášená smykovou pevností patky = 115,13 kN

Vzdálenost průřezu od sloupu = 0,48 m

Délka průřezu $u = 3,39 \text{ m}$

Smykové napětí na průřezu $v_{Ed} = 0,04 \text{ MPa}$

Únosnost nevyztuženého průřezu $v_{Rd,c} = 1,10 \text{ MPa}$

$v_{Ed} < v_{Rd,c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

Základ na protlačení VYHOVUJE



Pouze pro nekomerční využití



9.2.2 Kotvení hlavní sloup

RAWLPLUG EasyFix PRO ver.3.3.22



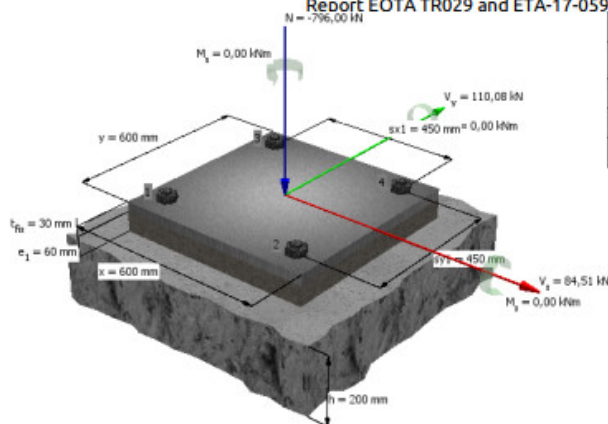
Projekt:	Vodajem Kladno	Datum:	11/05/2019	Page:	1/3
Předmět:	Diplomová práce	Organizace:	CVUT		
Adresa:		Adresa:			
Projektant:	František Nesnídal	Kontakt:			
Zkontrolováno:, 11/05/2019				
Poznámky					

Vstupní údaje

Typ a velikost kotvy	R-KERII+R-STUDS-30380-88-FL High performance resin for use with metric threaded rods - steel class 8.8
Jmenovitá hl. kotvení (h_{nom})	120 mm, ($h_{ef} = 120$ mm)
Materiál podloží	Netrhlinový beton (C20/25) rozsah pracovní tepl. Chybí
Vyztužení	Rozestupy ≥ 150 nebo rozestupy ≥ 100 při $\leq \varnothing 10$
Podélné vyztužení hrany	Bez vyztužení hrany a třmenů
Installation	Hammer drilling, Installation conditions: Dry concrete
Distanční upevňování	Vzdálenost 60 mm s cementovou maltou (filled holes)
Připevňovaný prvek	Pevnost v tlaku (grout): 20 N/mm ² Celní panel (x = 600, y = 600 mm) Deklarovaná tloušťka: $t_{fix} = 30$ mm Hloubka kotvení: Nekontrolovaný Materiál: S235 (další EN 10025) $f_{yk} = 235$ [MPa], $\gamma = 1,10$
Profil	Chybí



Východiska projektu According to basic ETAG BOND design method, Technical Report EOTA TR029 and ETA-17-0594



Síla	[kN]	Moment	[kNm]
Vypočítané zatížení			
V_x	84,51	M_x	0,00
V_y	110,08	M_y	0,00
N	-796,00	M_z	0,00

Ověřte si, jestli se zadané údaje a výsledky shodují s reálnými podmínkami a referenčními dokumenty, jako jsou normy, pokyny ETA, schválení.

Projekt: Vodojem Kladno
 Předmět: Diplomová práce
 Adresa: František Nesnídal
 Projektant: František Nesnídal

Datum: 11/05/2019
 Organizace: ČVUT
 Adresa:
 Kontakt:

Page: 2/3

Výsledné síly v kotvách

Kotva	N [kN]	V [kN]	V [kN]	V [kN]
1	0,000	34,694	21,127	27,520
2	0,000	34,694	21,127	27,520
3	0,000	34,694	21,127	27,520
4	0,000	34,694	21,127	27,520

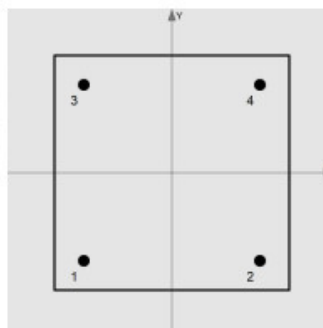
Max. pnutí v betonu: 2,21 [N/mm²]

N - Rozpínací síla

V - Střížná síla

V_x - Střížná síla x

V_y - Střížná síla y



Namáhání ve stříhu (according to basic ETAG BOND design method and Technical Report EOTA TR029)

Zničení oceli (nez momentu)		Zničení oceli (s momentem)		Vytrhnutí betonu		Zničení hrany betonu	
				N ⁰ _{Rk,c} [kN]	66,38		
				k ₁	10,10		
				h _{ef,N} [mm]	120		
				A ⁰ _{st,N} [mm ²]	129 600		
				A _{c,N} [mm ²]	518 400		
				c _{cr,N} [mm]	180		
				s _{cr,N} [mm]	360		
		l [mm]	75	ψ _{s,N}	1,00		
		a _m	2,00	ψ _{ec,N}	1,00		
		N _{Sd} /N _{Rd,s}	0,00	e _{nk} [mm]	0		
		M ⁰ _{Rk,s} [kNm]	1,80	e _{ny} [mm]	0		
		M _{Rk,s} [kNm]	1,80	k	2,00		
V _{Rk,s} [kN]	224,00	V ^M _{Rk,s} [kN]	47,97	V _{Rk,cp} [kN]	531,07		
V _{Mk,v}	1,25	V _{Mk,v}	1,25	V _{Mk,v}	1,50		
V _{Rd,s} [kN]	179,20	V ^M _{Rd,s} [kN]	38,38	V _{Rd,cp} [kN]	354,05		
V _{Sd} [kN]	34,69	V _{Sd} [kN]	34,69	V _{Sd,s} [kN]	138,78		
β _{V1}	19.4 [%]	β _{V2}	90.4 [%]	β _{V3}	39.2 [%]	β _{V4}	ND

Ověřte si, jestli se zadané údaje a výsledky shodují s reálnými podmínkami a referenčními dokumenty, jako jsou normy, pokyny ETA, schválení.

Projekt: Vodojem Kladno
 Předmět: Diplomová práce
 Adresa:
 Projektant: František Nesnídal

Datum: 11/05/2019
 Organizace: ČVUT
 Adresa:
 Kontakt:

Page: 3/3

Kombinace namáhání v tahu a namáhání ve stříhu

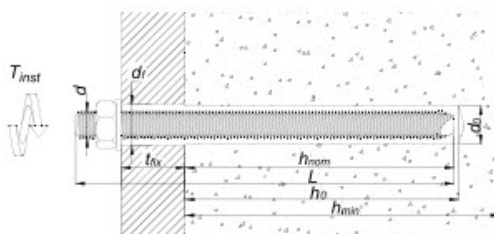
β_N [%]	β_V [%]	Napínání [%] = β_V
ND	90.4	90.4
Napínání 90.4% - správné spojení		

Hints for the calculations and the program

- Zodpovědnost za shodu s aktuálně platnými normami leží na straně uživatele.
- Metoda výpočtu počítá s tím, že střížná síla bude rozložena na všechny kotvy. Pro tento účel vyplňte všechny štěrbiny mezi kotvami a přípevnou součástí, např. pomocí vyplnění štěrbin pryskyřicí s příslušnou pevností v tlaku.

Montážní údaje pro R-KERII+R-STUDS-30380-88-FL

Průměr závitu	d [mm]	30,0
Průměr otvoru v podloží	d_0 [mm]	35
Min. hloubka otvoru v podloží	h_0 [mm]	125
Jmenovitá hl. kotvení	h_{nom} [mm]	120
Min. síla podloží	h_{min} [mm]	190
Moment utahování	T_{inst} [kNm]	0,20
Délka kotvy	L [mm]	380
Síla základny	t_{rx} [mm]	30
Průměr otvoru v přípevném dílu	d_r [mm]	32
Množství pryskyřice na jedno připevnění	- [m ³]	1



Ověřte si, jestli se zadané údaje a výsledky shodují s reálnými podmínkami a referenčními dokumenty, jako jsou normy, pokyny ETA, schválení.

9.2.3 Kotvení patky jádra

RAWLPLUG EasyFix PRO ver.3.3.22



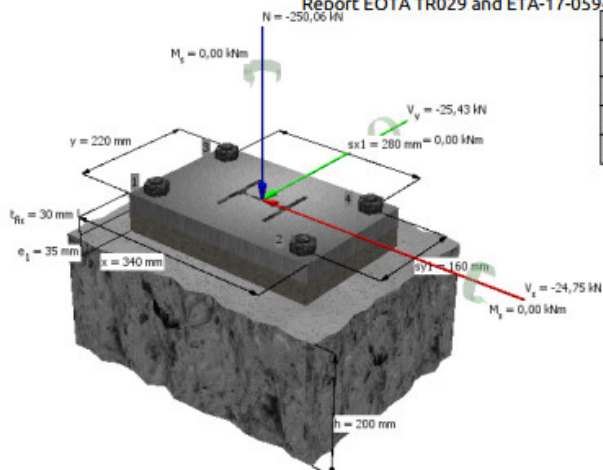
Projekt:	Vodajem Kladno	Datum:	11/05/2019	Page:	1/3
Předmět:	Diplomová práce	Organizace:	ČVUT		
Adresa:		Adresa:			
Projektant:	František Nesnídal	Kontakt:			
Zkontrolováno:	11/05/2019				
Poznámky					

Vstupní údaje

Typ a velikost kotvy	R-KERII+R-STUDS-20260-88-FL High performance resin for use with metric threaded rods - steel class 8.8
Jmenovitá hl. kotvení (h_{nom})	80 mm, ($h_{ef} = 80$ mm)
Materiál podloží	Netrhlinový beton (C20/25) rozsah pracovní tepl. Chybí
Vyztužení	Bez vyztužení
Podélné vyztužení hrany	Bez vyztužení hrany a třmenů
Installation	Hammer drilling, Installation conditions: Dry concrete
Distanční upevňování	Vzdálenost 35 mm s cementovou maltou (filled holes)
Přípevňovaný prvek	Pevnost v tlaku (grout): 30 N/mm ² Čelní panel ($x = 340$, $y = 220$ mm) Deklarovaná tloušťka: $t_{fix} = 30$ mm Hloubka kotvení: Nekontrolovaný Materiál: S235 (další EN 10025) $F_{yk} = 235$ [MPa], $\gamma = 1,10$
Profil	HE 100A ($b=100$, $h=96$ mm)



Východiska projektu According to basic ETAG BOND design method, Technical Report EOTA TR029 and ETA-17-0594



Síla	[kN]	Moment	[kNm]
Vypočítané zatížení			
V_x	-24,75	M_x	0,00
V_y	-25,43	M_y	0,00
N	-250,06	M_z	0,00

Ověřte si, jestli se zadané údaje a výsledky shodují s reálnými podmínkami a referenčními dokumenty, jako jsou normy, pokyny ETA, schválení.

Projekt: Vodojem Kladno
Předmět: Diplomová práce
Adresa: František Nesnídal
Projektant: František Nesnídal

Datum: 11/05/2019
Organizace: ČVUT
Adresa:
Kontakt:

Page: 2/3

Výsledné síly v kotvách

Kotva	N [kN]	V [kN]	V _x [kN]	V _y [kN]
1	0,000	8,870	-6,187	-6,357
2	0,000	8,870	-6,187	-6,357
3	0,000	8,870	-6,187	-6,357
4	0,000	8,870	-6,187	-6,357

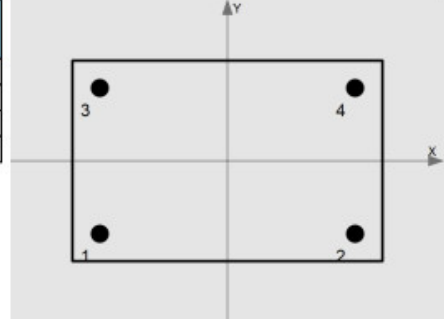
Max. pnutí v betonu: 3,34 [N/mm²]

N - Rozpínací síla

V - Střížná síla

V_x - Střížná síla x

V_y - Střížná síla y



Namáhání ve stříhu (according to basic ETAG BOND design method and Technical Report EOTA TR029)

Zničení oceli (nez momentu)		Zničení oceli (s momentem)		Vytrhnutí betonu		Zničení hrany betonu	
				N ⁰ _{Rk,c} [kN]	36,13		
				k _t	10,10		
				h _{ef,N} [mm]	80		
				A ⁰ _{c,N} [mm ²]	57 600		
				A _{c,N} [mm ²]	192 000		
				c _{cr,N} [mm]	120		
				s _{cr,N} [mm]	240		
		l [mm]	50	ψ _{s,N}	1,00		
		α _{cr}	2,00	ψ _{ec,N}	1,00		
		N _{sd}/N_{Rd,s}}	0,00	e _{Nx} [mm]	0		
		M ⁰ _{Rd,t} [kNm]	0,52	e _{Ny} [mm]	0		
		M _{Rd,t} [kNm]	0,52	k	2,00		
V _{Rd,s} [kN]	98,00	V ^M _{Rd,s} [kN]	20,76	V _{Rd,cb} [kN]	240,90		
V _{Md,v}	1,25	V _{Md,v}	1,25	V _{Md,v}	1,50		
V _{Rd,s} [kN]	78,40	V ^M _{Rd,s} [kN]	16,61	V _{Rd,cb} [kN]	160,60		
V _{sd} [kN]	8,87	V _{sd} [kN]	8,87	V _{sd,g} [kN]	35,48		
β _{v1}	11.4 [%]	β _{v2}	53.5 [%]	β _{v3}	22.1 [%]	β _{v4}	ND

Ověřte si, jestli se zadané údaje a výsledky shodují s reálnými podmínkami a referenčními dokumenty, jako jsou normy, pokyny ETA, schválení.

Projekt:	Vodojem Kladno	Datum:	11/05/2019	Page:	3/3
Předmět:	Diplomová práce	Organizace:	ČVUT		
Adresa:		Adresa:			
Projektant:	František Nesnídal	Kontakt:			

Kombinace namáhání v tahu a namáhání ve stříhu

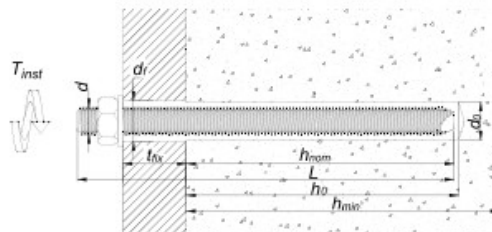
β_N [%]	β_V [%]	Napínání [%] = β_V
ND	53.5	53.5
Napínání 53.5% - správné spojení		

Hints for the calculations and the program

- Zodpovědnost za shodu s aktuálně platnými normami leží na straně uživatele.
- Metoda výpočtu počítá s tím, že střížná síla bude rozložena na všechny kotvy. Pro tento účel vyplňte všechny štěrbinu mezi kotvami a připevněnou součástí, např. pomocí vyplnění štěrbin pryskyřicí s příslušnou pevností v tlaku.

Montážní údaje pro R-KERII+R-STUDS-20260-88-FL

Průměr závitu	d [mm]	20,0
Průměr otvoru v podloží	d_0 [mm]	24
Min. hloubka otvoru v podloží	h_0 [mm]	85
Jmenovitá hl. kotvení	h_{nom} [mm]	80
Min. síla podloží	h_{min} [mm]	128
Moment utahování	T_{inst} [kNm]	0,12
Délka kotvy	L [mm]	260
Síla základny	t_{fix} [mm]	30
Průměr otvoru v připevňovaném dílu	d_f [mm]	22
Množství pryskyřice na jedno připevnění	- [m ³]	1



Ověřte si, jestli se zadané údaje a výsledky shodují s reálnými podmínkami a referenčními dokumenty, jako jsou normy, pokyny ETA, schválení.

9.2.4 Model Dlubal RSTAB



František Nesnídal
Thákurova 7/2077, 33202 Praha 6

Strana: 1/1
Oddíl: 1

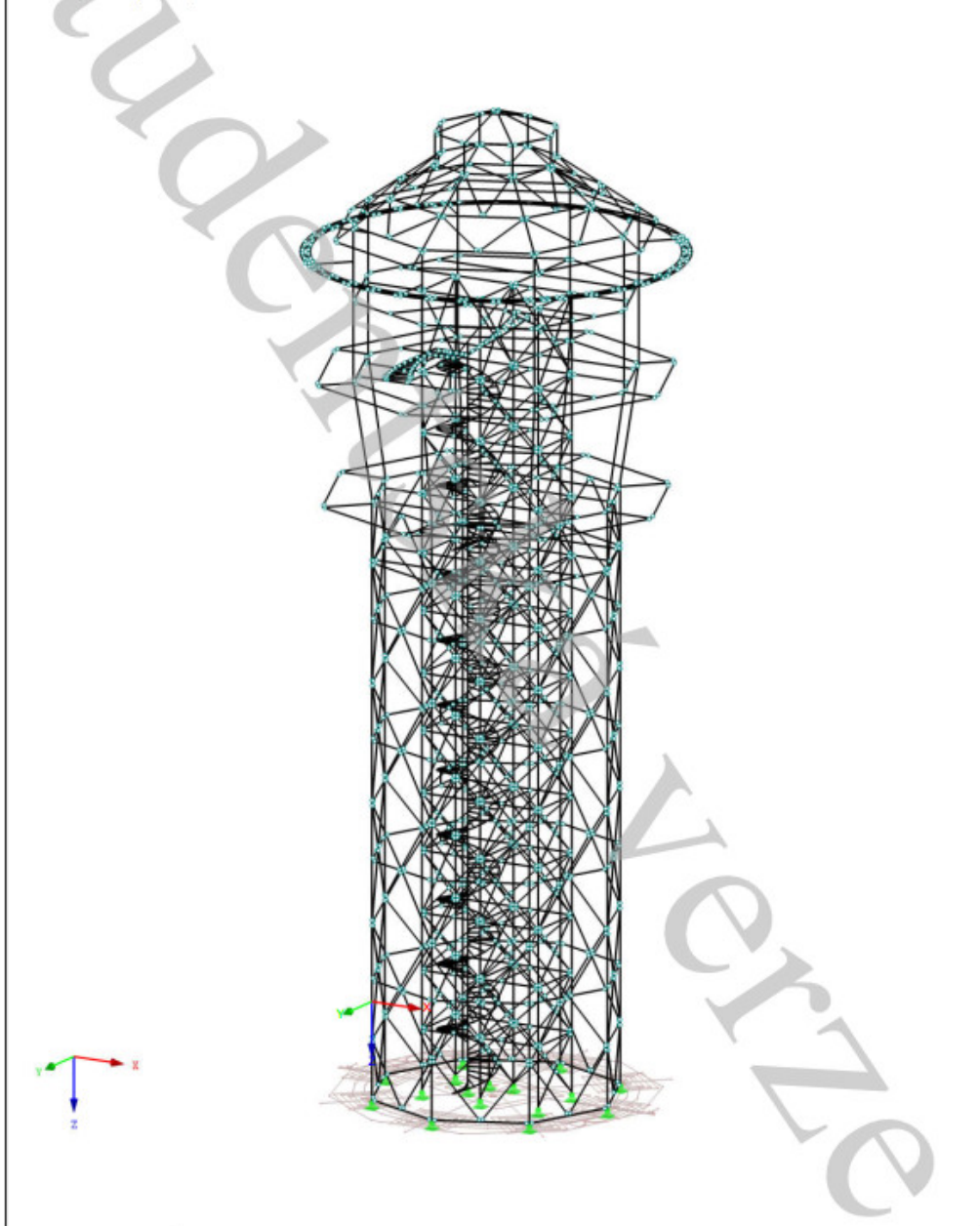
ZATÍŽENÍ

Projekt: Model: Vodojem Kladno 2 bez tuhých prutů Datum: 19.05.2019

■ KV1: MSÚ (STR/GEO) - STÁLÁ / PŘECHODNÁ - ROVN. 6.10

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10

Izometrie





František Nesnídal
Tháškurova 7/2077, 33202 Praha 6

Strana: 1/1
Oddíl: 1

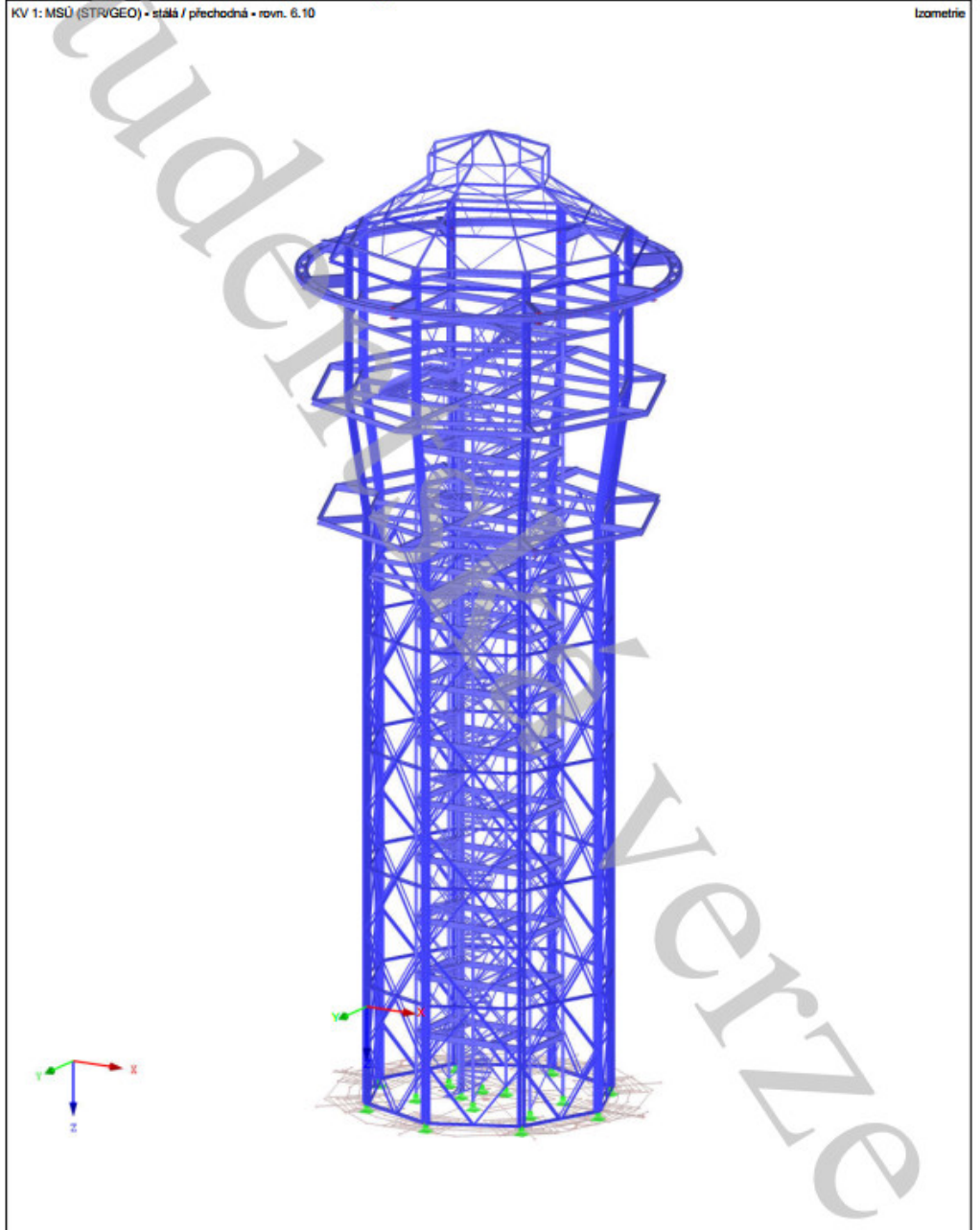
ZATÍŽENÍ

Projekt: Modet: Vodojem Kladno 2 bez tuhých prutů Datum: 19.05.2019

KV1: MSÚ (STR/GEO) - STÁLÁ / PŘECHODNÁ - ROVN. 6.10

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - stálá / přechodná - rovn. 6.10

Isometrie



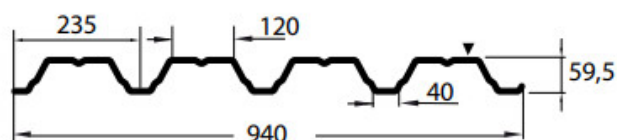
9.3 Trapézový plech

Arval
by ArcelorMittal

ArcelorMittal

Hacierco 60/235

pozitivní poloha plechu

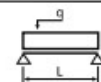


Charakteristiky

t [mm]	m [kg/m ²]	plný průřez				efektivní průřez - pozitivní poloha - kladný moment				efektivní průřez - pozitivní poloha - záporný moment			
		A ₁ [mm ² /m]	I _y [mm ⁴ /m]	z [mm]	W _{pl} [mm ³ /m]	A _{ef} [mm ² /m]	I _{ef} [mm ⁴ /m]	z _{ef} [mm]	W _{ef} [mm ³ /m]	A _{ef} [mm ² /m]	I _{ef} [mm ⁴ /m]	z _{ef} [mm]	W _{ef} [mm ³ /m]
0,55	5,54	706,06	351137,44	37,64	9329,04	499,60	233340,11	30,57	7634,21	653,56	288637,78	39,68	7274,12
0,63	6,35	808,77	402214,42	37,68	10674,71	615,08	287261,31	31,02	9260,43	762,08	344764,98	39,37	8756,33
0,75	7,56	962,82	478831,80	37,74	12687,92	760,54	361680,22	32,07	11279,25	927,74	432200,35	38,97	11090,36
0,88	8,87	1129,70	561836,97	37,80	14861,76	920,13	444746,23	32,96	13493,49	1106,30	528476,81	38,59	13693,06
1,00	10,08	1283,75	638460,37	37,86	16861,85	1072,18	523807,41	33,68	15552,53	1269,07	617718,09	38,30	16129,84
1,25	12,60	1604,69	798104,36	37,99	21008,72	1410,79	699188,97	35,09	19925,76	1604,69	798104,36	37,99	21008,72

Únosnost

NOSNÍK S JEDNÍM POLEM
- POZITIVNÍ POLOHA PLECHU



tN (mm)	g (kN/m ²)	rozpětí pole L [m]																
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
0,55	q _{sd} (c<1,5h)	6,78	5,42	4,52	3,87	3,39	3,01	2,71	2,46	2,17	1,85	1,60	1,39	1,22	1,08	0,97	0,87	0,78
	q _{sd} (c≥1,5h)	13,55	10,84	8,69	6,38	4,89	3,86	3,13	2,58	2,17	1,85	1,60	1,39	1,22	1,08	0,97	0,87	0,78
	q _{sk} (δsL/200)	18,82	9,63	5,58	3,51	2,35	1,65	1,20	0,90	0,70	0,55	0,44	0,36	0,29	0,25	0,21	0,18	0,15
0,63	q _{sd} (c<1,5h)	9,29	7,43	6,19	5,31	4,64	4,13	3,72	3,13	2,63	2,24	1,94	1,69	1,48	1,31	1,17	1,05	0,95
	q _{sd} (c≥1,5h)	18,58	14,86	10,54	7,74	5,93	4,68	3,79	3,13	2,63	2,24	1,94	1,69	1,48	1,31	1,17	1,05	0,95
	q _{sk} (δsL/200)	23,16	11,86	6,86	4,32	2,90	2,03	1,48	1,11	0,86	0,67	0,54	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19
0,75	q _{sd} (c<1,5h)	13,74	10,99	9,16	7,85	6,87	5,70	4,62	3,82	3,21	2,73	2,36	2,05	1,80	1,60	1,43	1,28	1,15
	q _{sd} (c≥1,5h)	27,49	18,48	12,83	9,43	7,22	5,70	4,62	3,82	3,21	2,73	2,36	2,05	1,80	1,60	1,43	1,28	1,15
	q _{sk} (δsL/200)	29,17	14,93	8,64	5,44	3,65	2,56	1,87	1,40	1,08	0,85	0,68	0,55	0,46	0,38	0,32	0,27	0,23
0,88	q _{sd} (c<1,5h)	19,47	15,58	12,98	11,13	8,64	6,82	5,53	4,57	3,84	3,27	2,82	2,46	2,16	1,91	1,71	1,53	1,38
	q _{sd} (c≥1,5h)	34,54	22,11	15,35	11,28	8,64	6,82	5,53	4,57	3,84	3,27	2,82	2,46	2,16	1,91	1,71	1,53	1,38
	q _{sk} (δsL/200)	35,86	18,36	10,63	6,69	4,48	3,15	2,30	1,72	1,33	1,04	0,84	0,68	0,56	0,47	0,39	0,33	0,29
1,00	q _{sd} (c<1,5h)	25,59	20,47	17,06	13,00	9,95	7,86	6,37	5,26	4,42	3,77	3,25	2,83	2,49	2,20	1,97	1,76	1,59
	q _{sd} (c≥1,5h)	39,81	25,48	17,70	13,00	9,95	7,86	6,37	5,26	4,42	3,77	3,25	2,83	2,49	2,20	1,97	1,76	1,59
	q _{sk} (δsL/200)	42,24	21,63	12,52	7,88	5,28	3,71	2,70	2,03	1,56	1,23	0,99	0,80	0,66	0,55	0,46	0,39	0,34
1,25	q _{sd} (c<1,5h)	40,82	32,65	22,67	16,66	12,75	10,08	8,16	6,75	5,67	4,83	4,16	3,63	3,19	2,82	2,52	2,26	2,04
	q _{sd} (c≥1,5h)	51,01	32,65	22,67	16,66	12,75	10,08	8,16	6,75	5,67	4,83	4,16	3,63	3,19	2,82	2,52	2,26	2,04
	q _{sk} (δsL/200)	56,38	28,87	16,71	10,52	7,05	4,95	3,61	2,71	2,09	1,64	1,32	1,07	0,88	0,73	0,62	0,53	0,45

28 | Tabulky únosností

9.3.1 Zatížení FIN EC

Projekt

Datum : 25.02.2019

Norma

Použita národní příloha pro Česko

1 Protokol zatížení: Zatížení střecha

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Vlastní tíha nosné konstrukce			
Průřez: I(IPN) 80 (0,06 / 1,000)	0,06	1,35	0,08
Součet: Vlastní tíha nosné konstrukce	0,06	1,35	0,08
Ostatní stálé zatížení			
falcovaný plech včetně bednění	0,20	1,35	0,27
minerální vlna pro kontaktní zateplovací systém (2,00 × 0,150)	0,30	1,35	0,40
SDK 2x12,5 mm včetně konstrukce	0,28	1,35	0,38
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,78	1,35	1,05
Součet: Stálé zatížení	0,84	1,35	1,13
Součet zatížení	0,84	1,35	1,13

2 Protokol zatížení: Obvodový plášť

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Sklo Semco Klimastar 740	0,35	1,35	0,47
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,35	1,35	0,47
Součet: Stálé zatížení	0,35	1,35	0,47
Součet zatížení	0,35	1,35	0,47

3 Protokol zatížení: Podlaha

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
keramická dlažba (22,00 × 0,010)	0,22	1,35	0,30
roznášecí betonová mazanina (16,00 × 0,050)	0,80	1,35	1,08
tepelněizolační desky z elastifikovaného pěnového polystyrenu s kročejovým útlumem (0,40 × 0,030)	0,01	1,35	0,01
lehčený beton, instalační vrstva pro uložení rozvodů (5,00 × 0,080)	0,40	1,35	0,54
Součet: Ostatní stálé zatížení	1,43	1,35	1,93
Součet: Stálé zatížení	1,43	1,35	1,93
Proměnné zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitné zatížení			
B Kancelářské plochy - stropní konstrukce	2,50	1,50	3,75
B Přemístitelné příčky s vlastní tíhou ≤ 1,0 kN/m délky příčky	0,50	1,50	0,75
Součet: Užitné zatížení	3,00	1,50	4,50
Součet: Proměnné zatížení	3,00	1,50	4,50
Součet zatížení	4,43	1,45	6,43



Pouze pro nekomerční využití



1

[FIN EC - Zatížení (studentská licence) | verze 11.2019.6.0 | hardwarový KIR 2254 / 1 | Nesnídal František | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]

Seznam výkresů

B.1 Vstupní lobby s expozicí

B.2 Technické podlaží

B.3 Dispečink

B.4 Vyhlídkové foyer

B.5 Jednací prostor

B.6 Prstenec

B.7 Střecha

B.8 Řez A-A

B.9 Řez B-B

B.10 Pohled C-Výřez

D.1 Typický přípoj stropního nosníku

D.2 Přípoj nosníků k hlavnímu sloupu

D.3 Vnější diagonály styčnick

D.4 Napojení vnějších diagonál na hlavní sloup - vodorovně

D.5 Napojení diagonál jádra

D.6 Jádro patka sloupu

D.7 Vnější diagonály spodní část

D.8 Napojení ve vrcholu střechy

D.9 Napojení diagonál střechy na vodorovné nosníky

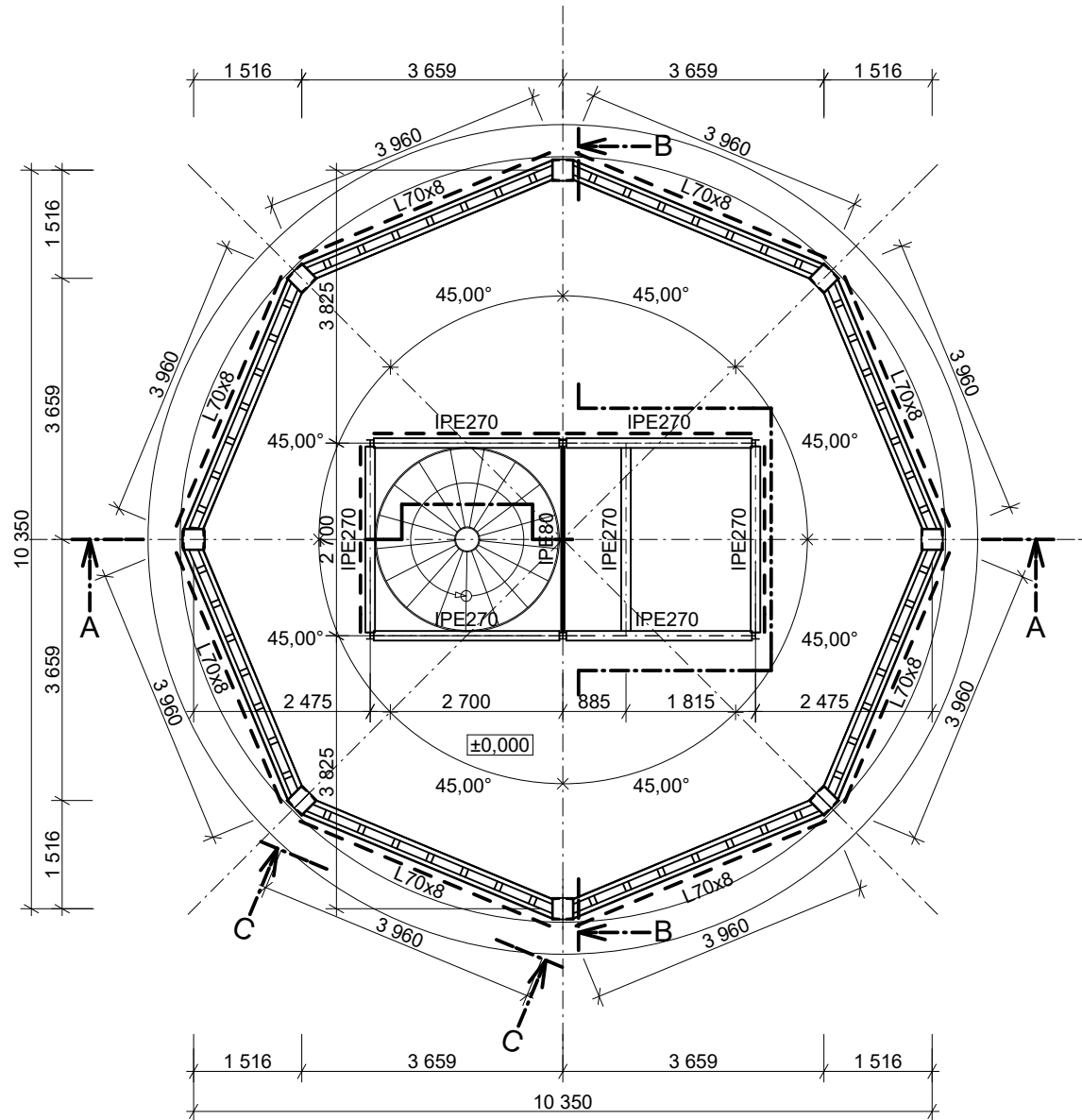
D.10 Pata hlavního sloupu

D.11 Přípoj na vnější část prstence

D.12 Střecha napojení diagonály E

D.13 Střecha napojení vodorovného nosníku na šikmou část IPE120

D.14 Přípoj střešního nosníku na hlavní sloup



Třída provedení: EXC2
 S275: Vnější část (2xU300, L70x8)
 S235JR: Jádru (HEA100, IPE80, IPE270)



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu

Vstupní lobby s expozicí
(+4,982)

Vypracoval

Bc. František Nesnídal

Datum

19.05.2019

Vedoucí práce

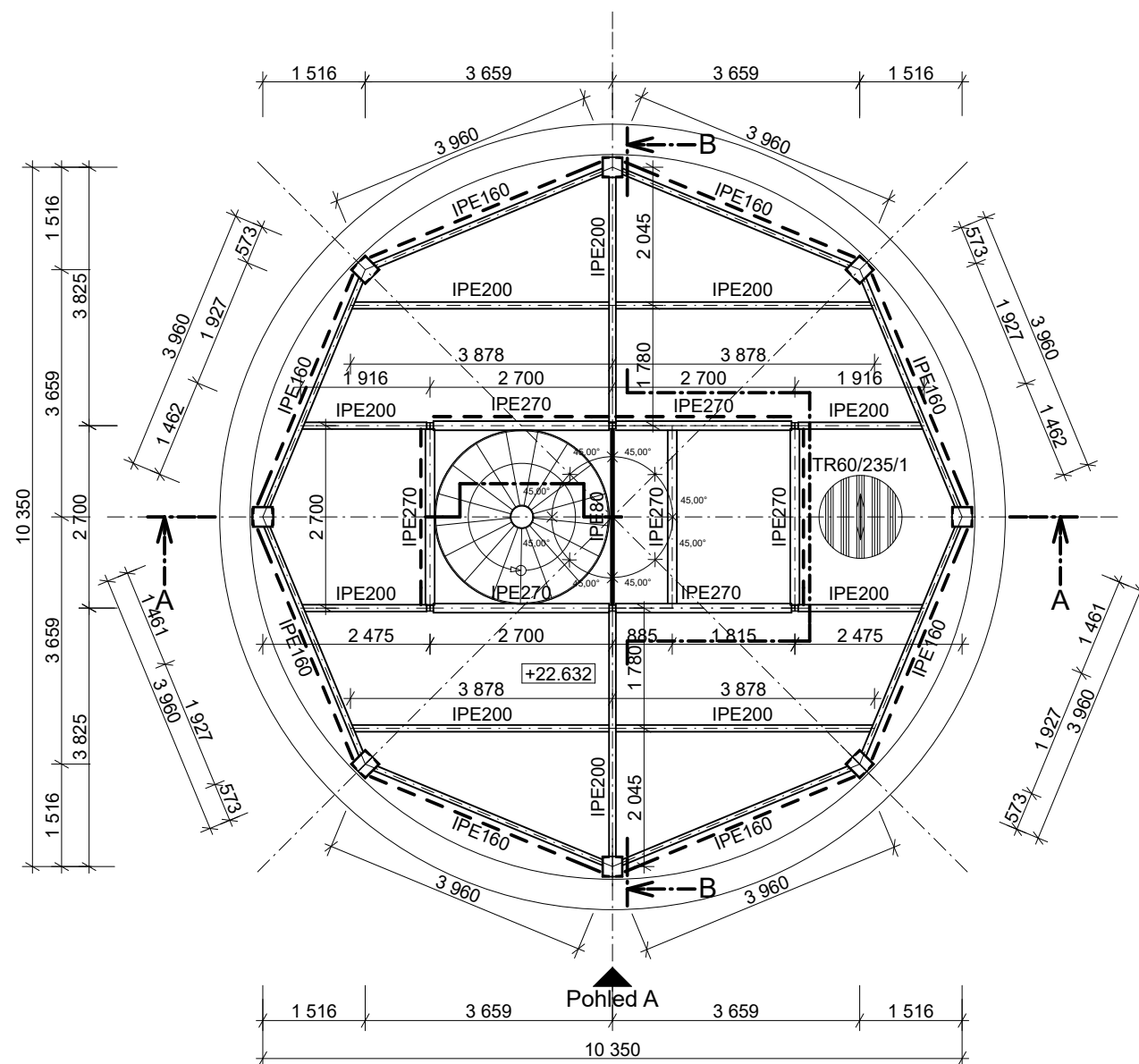
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu

1:100

Číslo výkresu

B.1



Třída provedení: EXC2
 S275: Vnější sloupy (2xU300)
 S235JR
 Ocelobetonový strop: TR Hacierco
 60/235/1(1,25) S320GD



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu

Technické podlaží
(+22.632)

Vypracoval

Bc. František Nesnídal

Datum

19.05.2019

Vedoucí práce

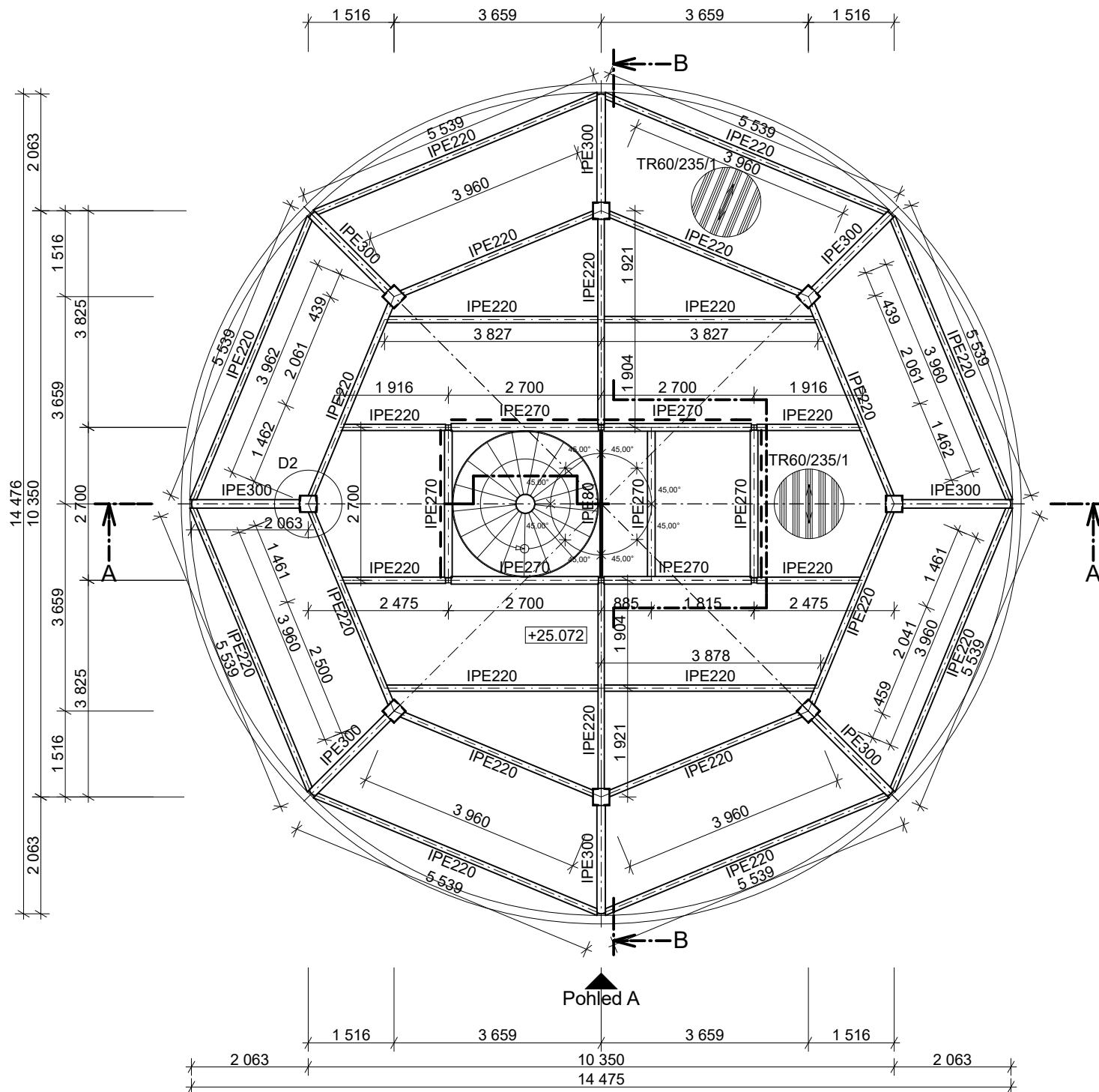
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu

1:100

Číslo výkresu

B.2



Třída provedení: EXC2
 S275: Vnější sloupy (2xU300)
 S235JR
 Ocelobetonový strop: TR Hacierco
 60/235/1(1,25) S320GD



**FAKULTA
 ŠTAVEBNÍ
 ČVUT V PRAZE**

**Diplomová práce
 Posouzení konstrukce
 vodojemu s administrativní
 vestavbou**

Jméno výkresu

**Dispečink
 (+25.072)**

Vypracoval

Bc. František Nesnídal

Datum

19.05.2019

Vedoucí práce

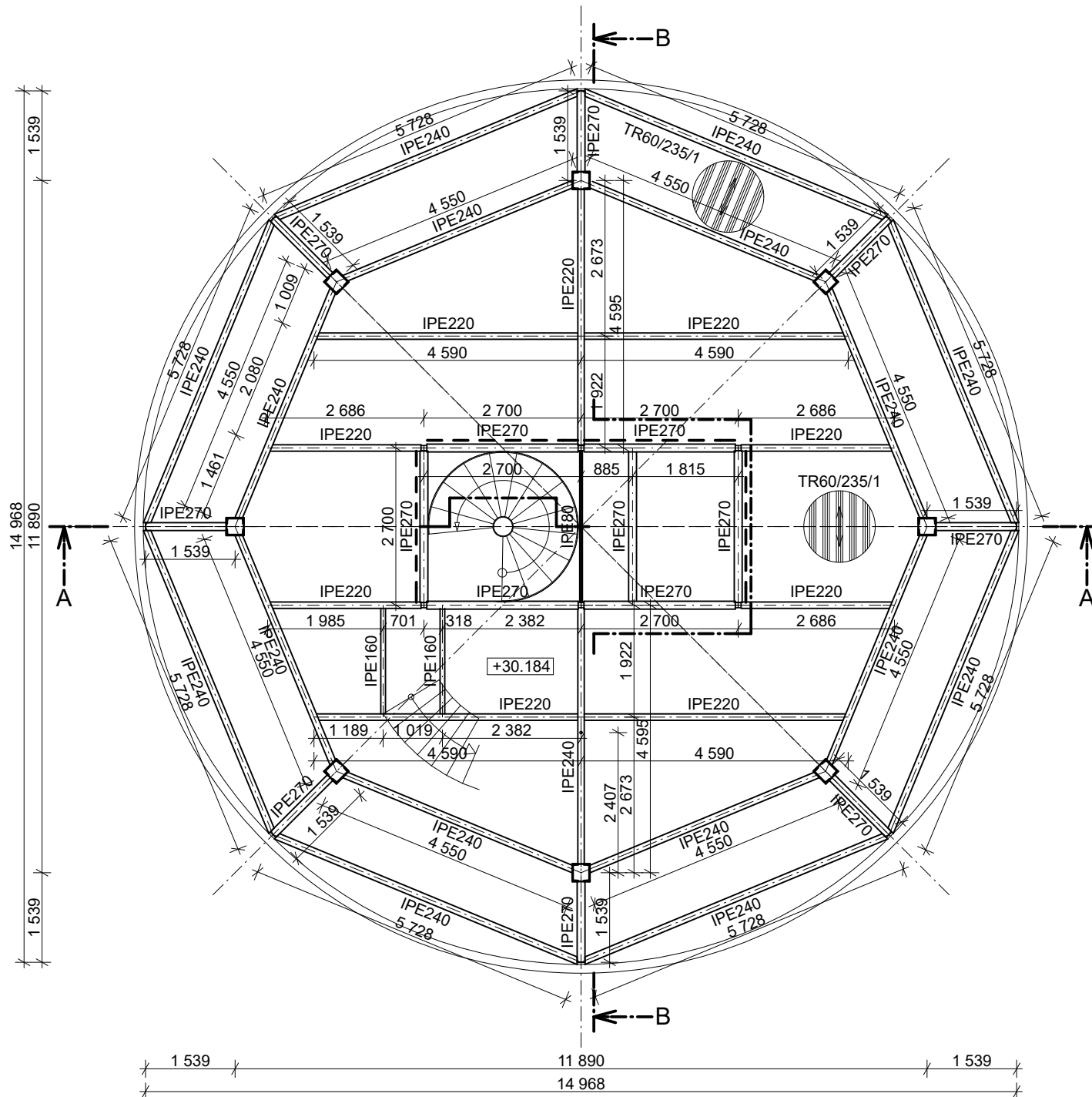
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu

1:100

Číslo výkresu

B.3



Třída provedení: EXC2
 S275: Vnější sloupy (2xU300)
 S235JR: Jádru
 Ocelobetonový strop: TR Hacierco
 60/235/1(1,25) S320GD



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodohromadny s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu

Vyhlídkové foyer
(+30.184)

Vypracoval

Bc. František Nesnídal

Datum

19.05.2019

Vedoucí práce

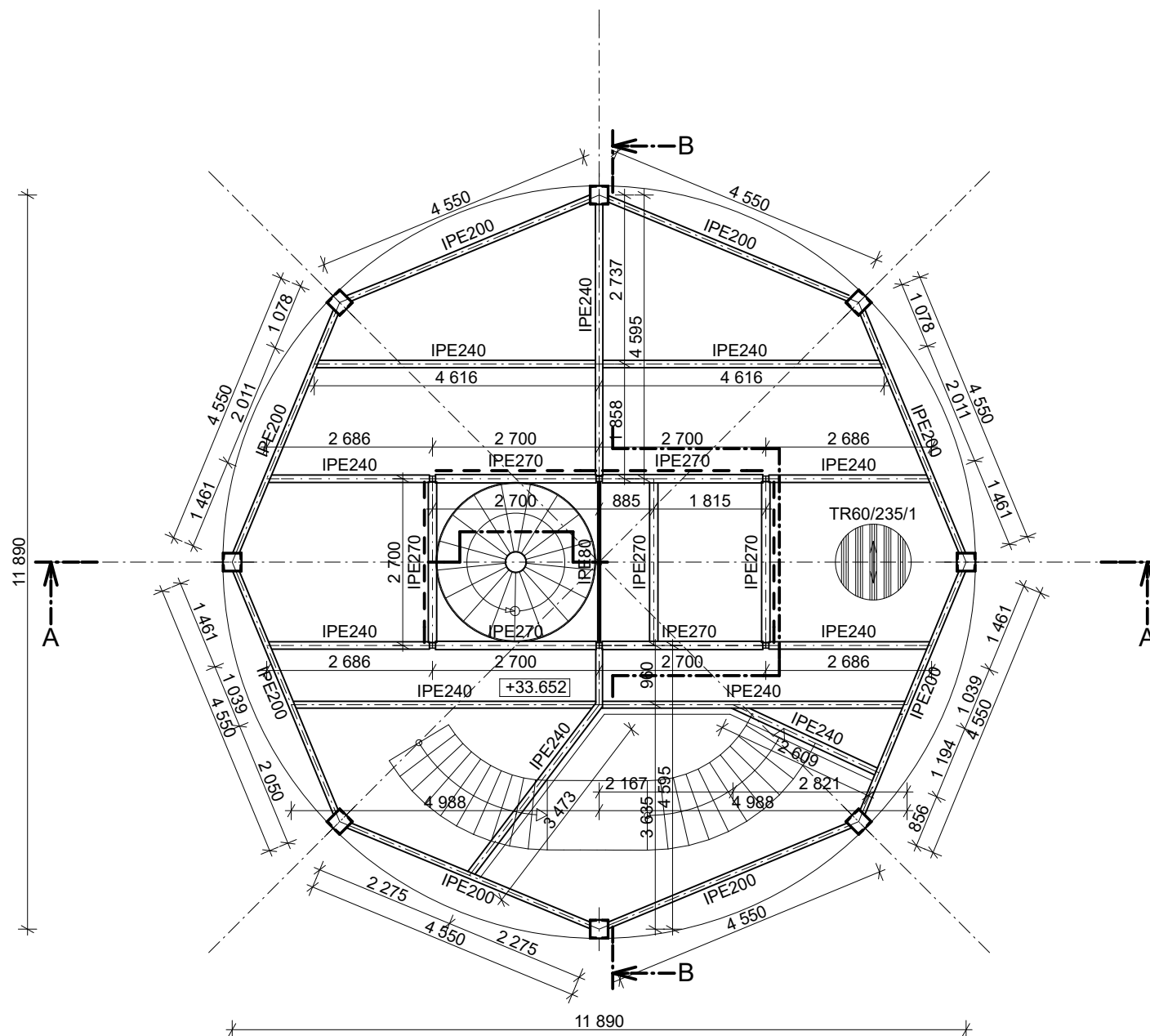
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu

1:100

Číslo výkresu

B.4



Třída provedení: EXC2
 S275: Vnější sloupy (2xU300)
 S235JR
 Ocelobetonový strop: TR Hacierco
 60/235/1(1,25) S320GD



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodoměru s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu

Jednací prostor
(+33.652)

Vypracoval
Bc. František Nesnídal

Datum
 19.05.2019

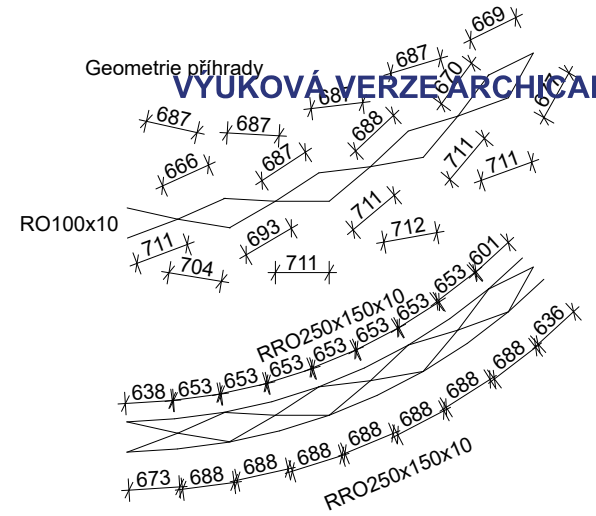
Vedoucí práce
 doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu

1:100

Číslo výkresu

B.5



Třída provedení: EXC2
 S275: Vnější sloupy (2xU300)
 S235JR



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

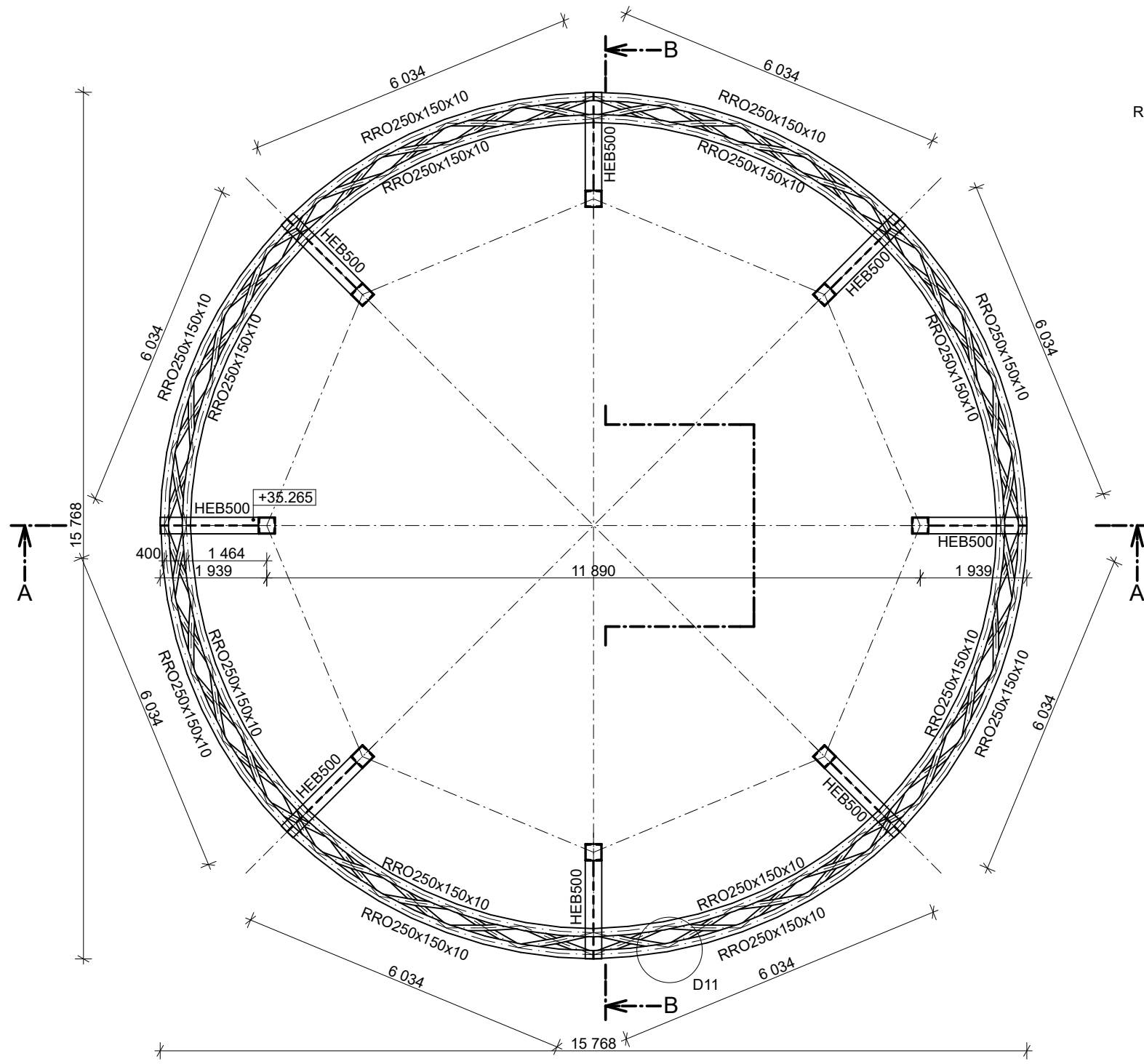
Jméno výkresu
Prstenec

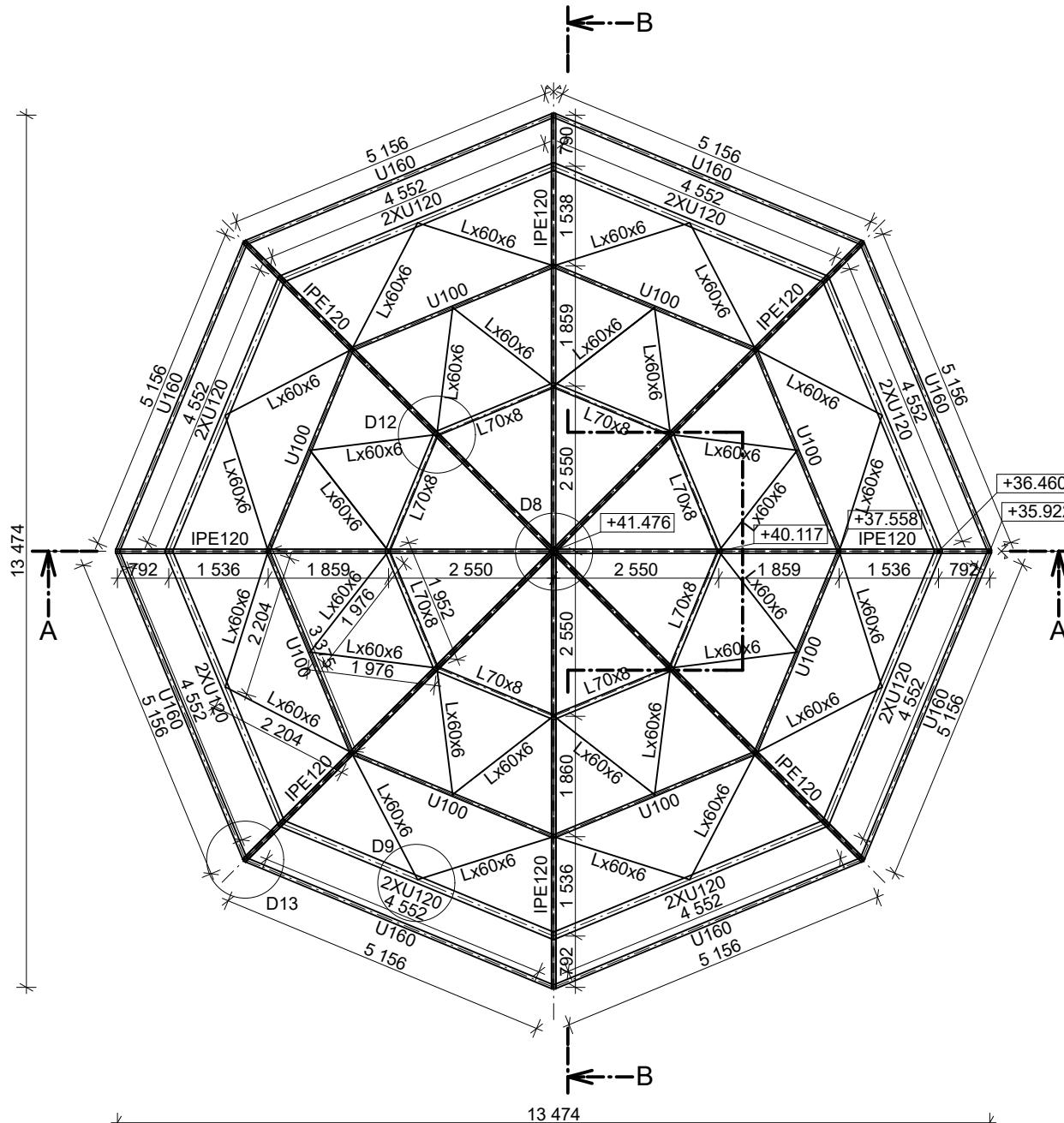
Vypracoval
Bc. František Nesnídal
 Datum
 19.05.2019

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

Měřítko výkresu
1:100

Číslo výkresu
B.6





Třída provedení: EXC2
 S275: Vnější sloupy (2xU300)
 S235JR: Jádru (HEA100, IPE80, IPE160, IPE200)
 Ocelobetonový strop: TR Hacierco
 60/235/1(1,25) S320GD



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodjemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu

Střecha

Vypracoval

Bc. František Nesnídal

Datum

19.05.2019

Vedoucí práce

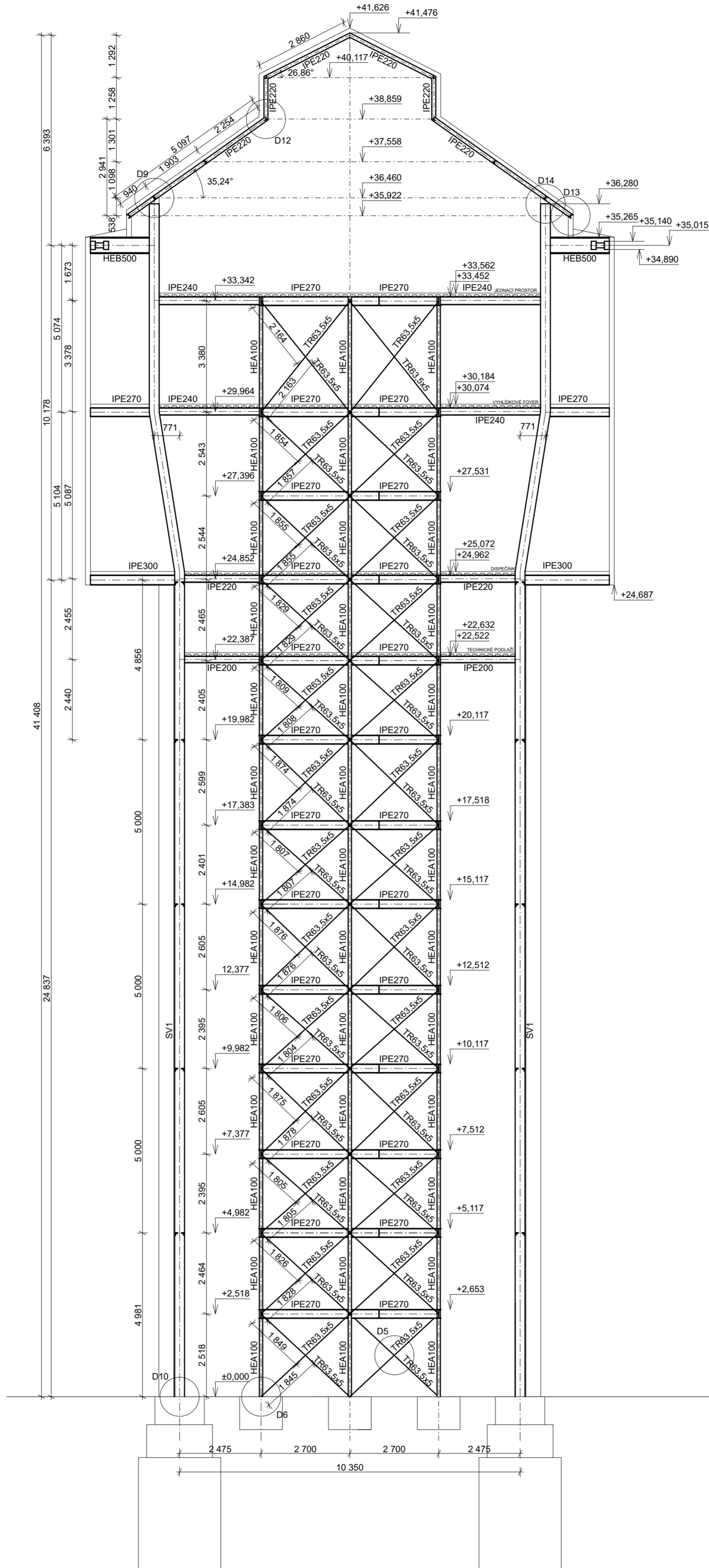
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu

1:100

Číslo výkresu

B.7



SV1 - svařovaný průřez (2xU300 + P8)
 Třída provedení: EXC2
 S275: SV1, vnější diagonály (2xL70x8)
 S235JR
 Ocelobetonový strop: TR Hacierco
 60/235/1(1,25) S320GD



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu
Řez A-A

Vypracoval
Bc. František Nesnídal

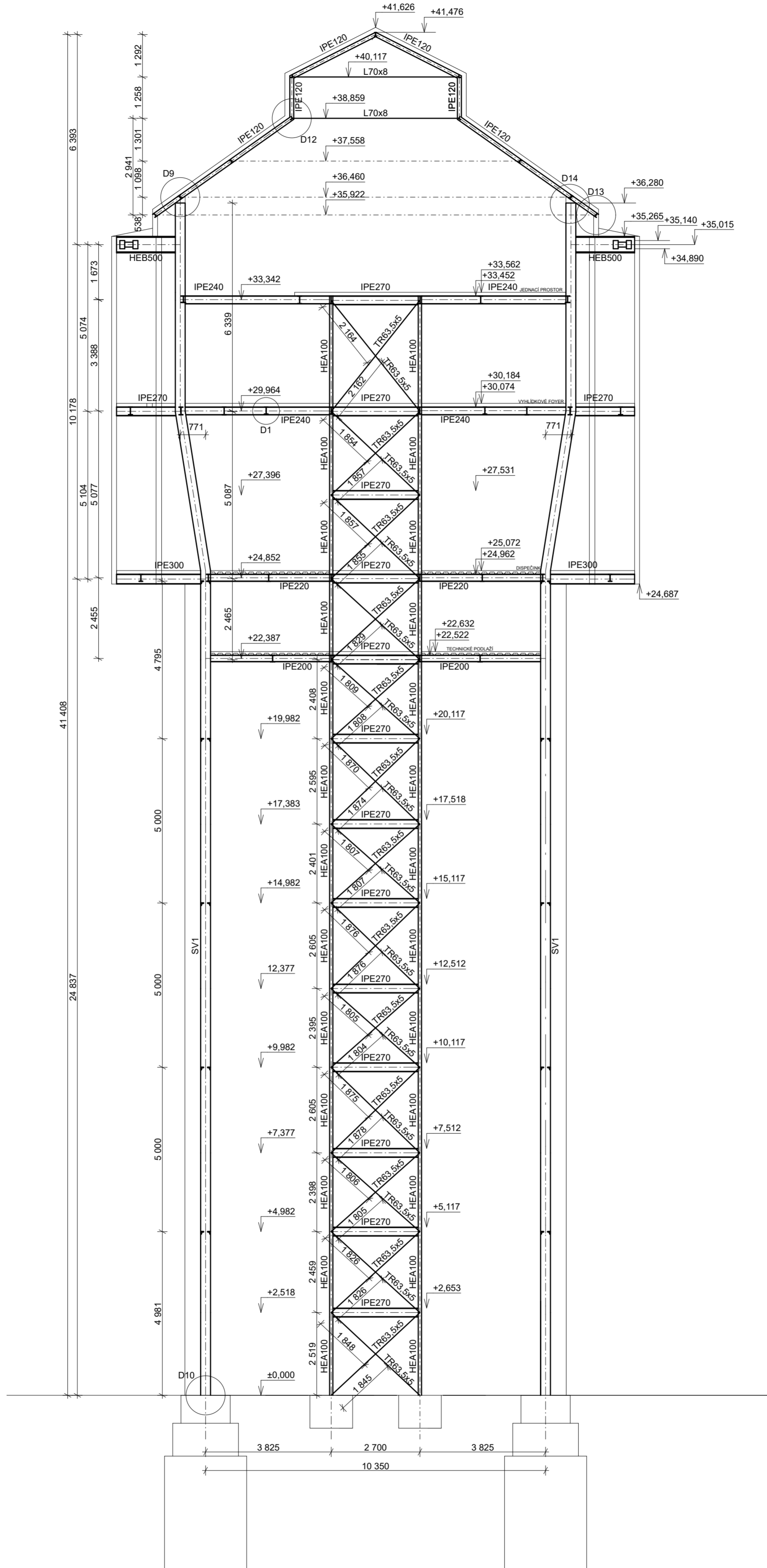
Datum
 19.05.2019

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

Měřítko výkresu
1:100

Číslo výkresu

B.8



SV1 - svařovaný průřez (2xU300 + P8)
 Třída provedení: EXC2
 S275: Vnější sloupy (2xU300)
 S235JR: Jádru (HEA100, IPE80, IPE160, IPE200)
 Ocelobetonový strop: TR Hacierco 60/235/1(1,25) S320GD



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

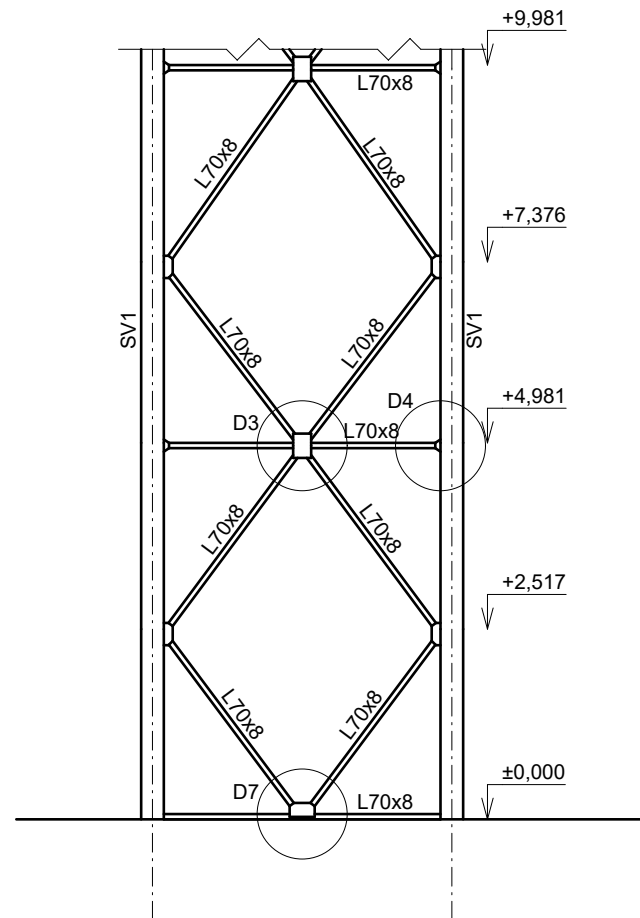
Jméno výkresu
Řez B-B

Vypracoval **Bc. František Nesnídal** Datum 19.05.2019

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

Měřítko výkresu
1:100

Číslo výkresu
B.9



SV1 - svařovaný průřez (2xU300 + P8)
 Třída provedení: EXC2
 S275



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu

Pohled C - výřez

Vypracoval

Bc. František Nesnídal

Datum

19.05.2019

Vedoucí práce

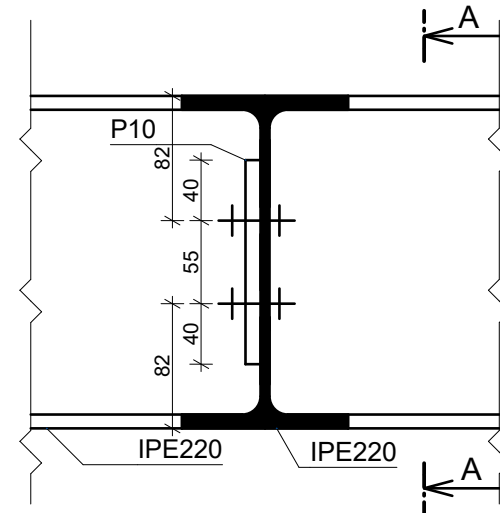
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu

1:100

Číslo výkresu

B.10



Třída provedení: EXC2

Šrouby 8.8

Svary: $f_u = 360$ MPa

Ocel S235JR



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu

Typický přípoj stropních
nosníků

Vypracoval

Bc. František Nesnídal

Datum

19.05.2019

Vedoucí práce

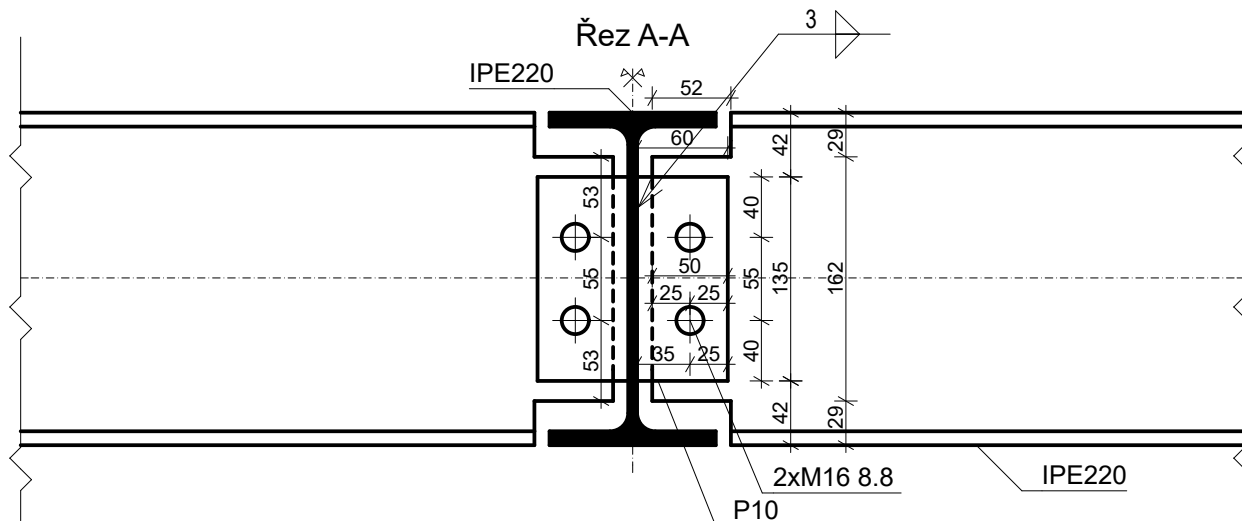
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

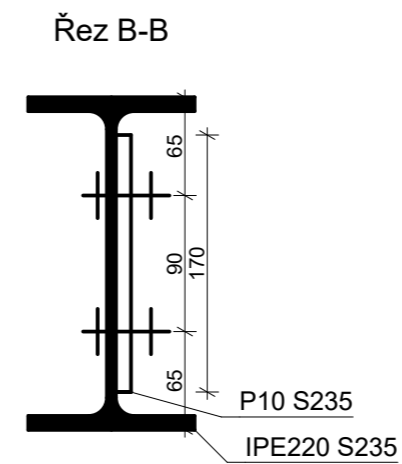
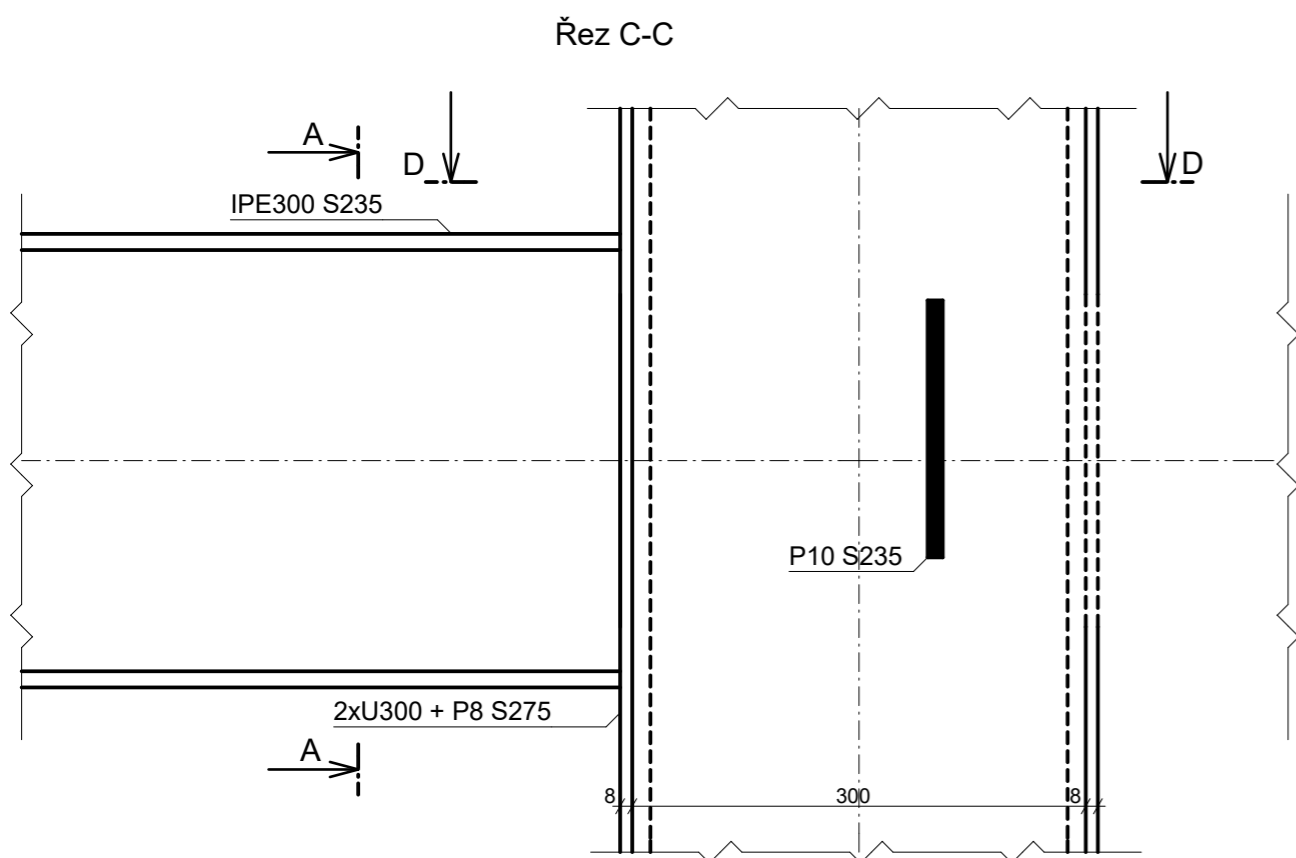
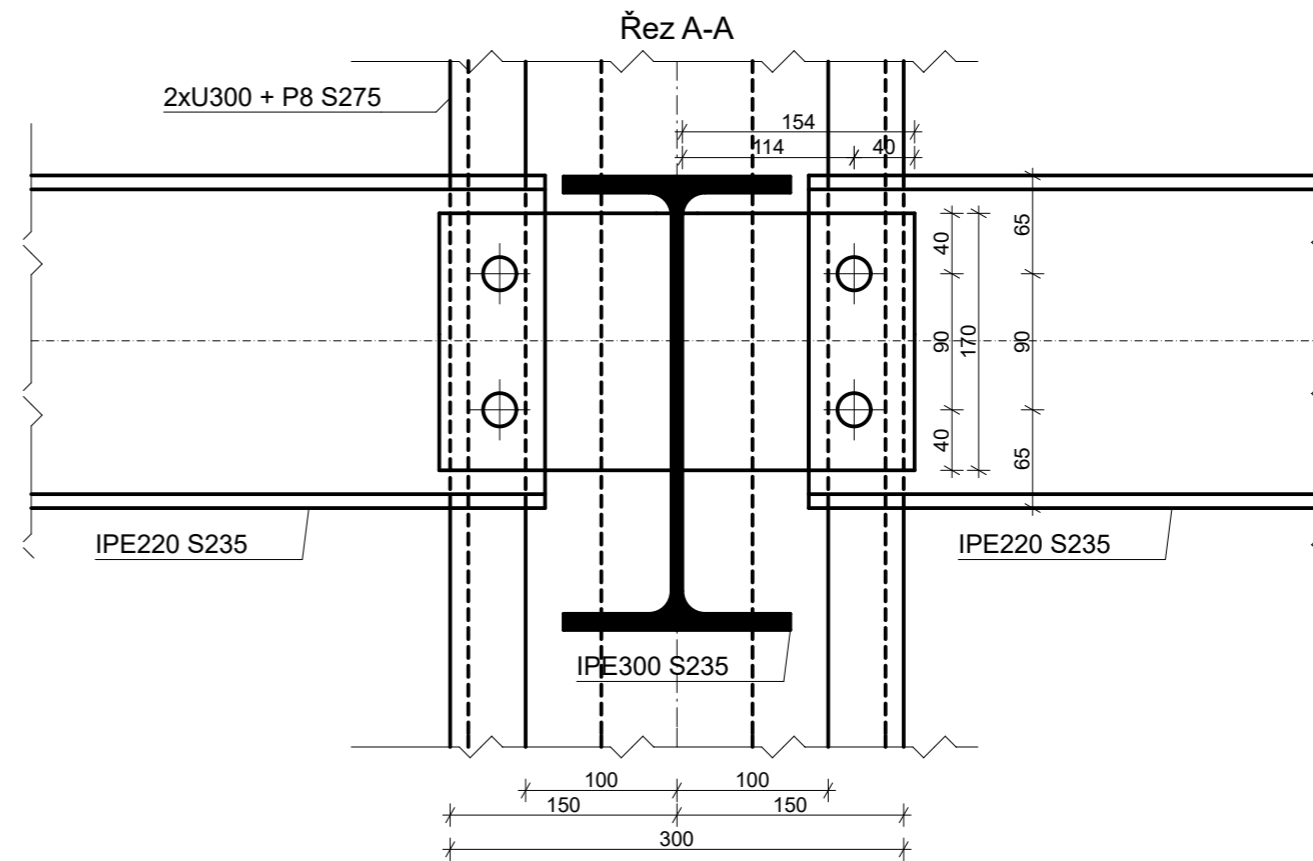
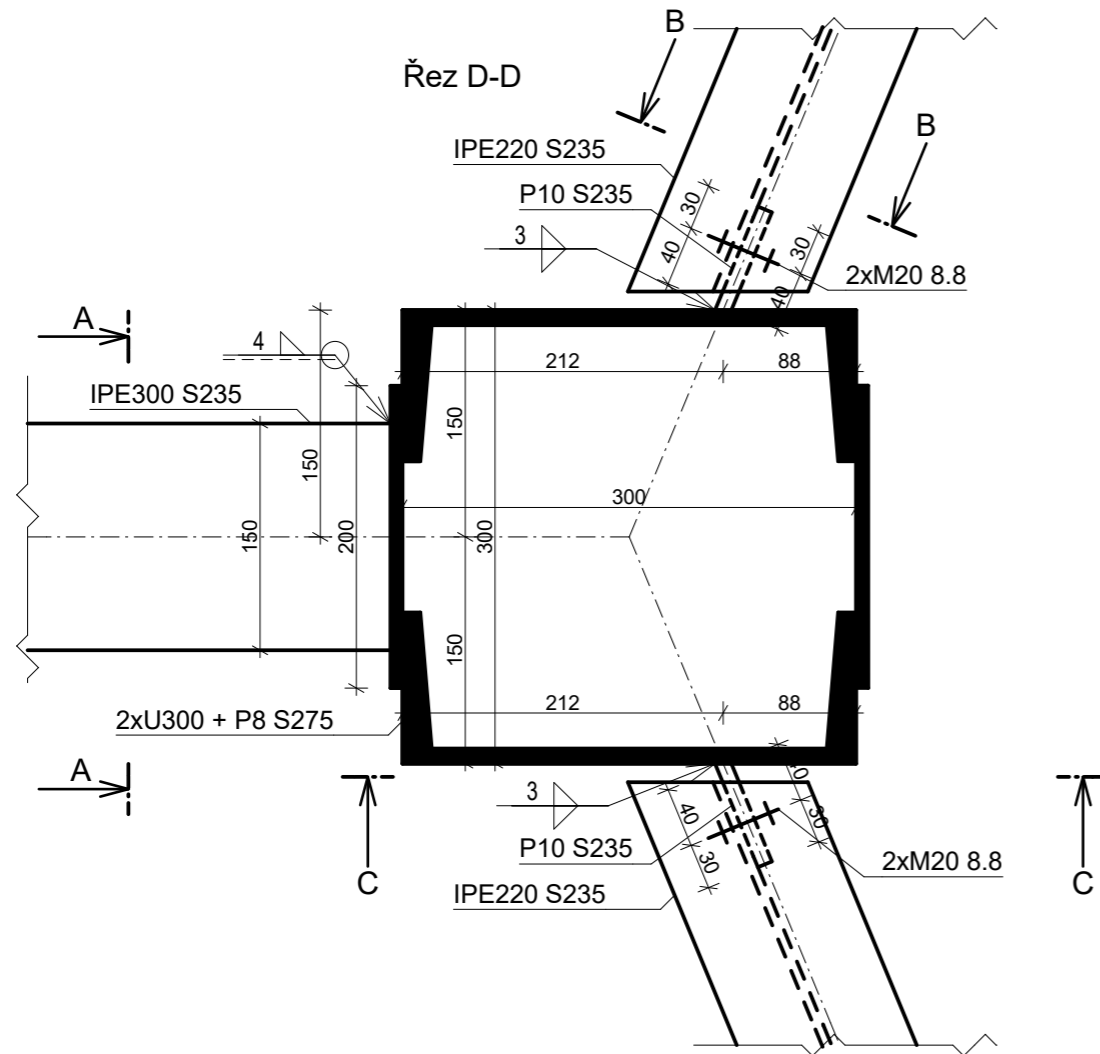
Měřítko výkresu

1:5

Číslo výkresu

D.1





Třída provedení: EXC2
 Šrouby: 8.8
 Svary: $f_t = 360$ MPa
 Ocel S275: 2xU300 + P8
 Ocel S235JR: IPE300, IPE220



Diplomová práce
 Posouzení konstrukce
 vodojemu s administrativní
 vestavbou

Jméno výkresu
**Přípoj nosníků k hlavnímu
 sloupu - Dispečink**

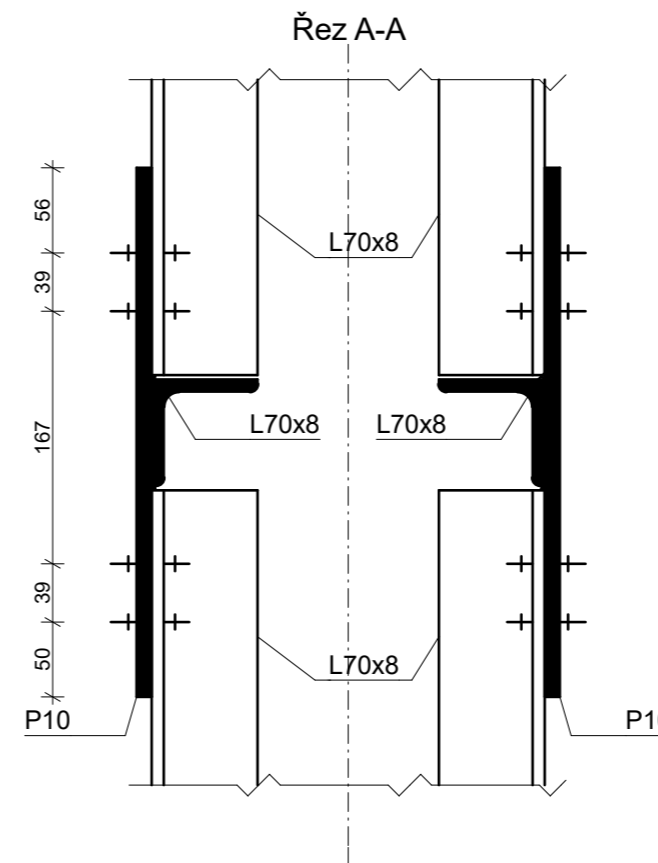
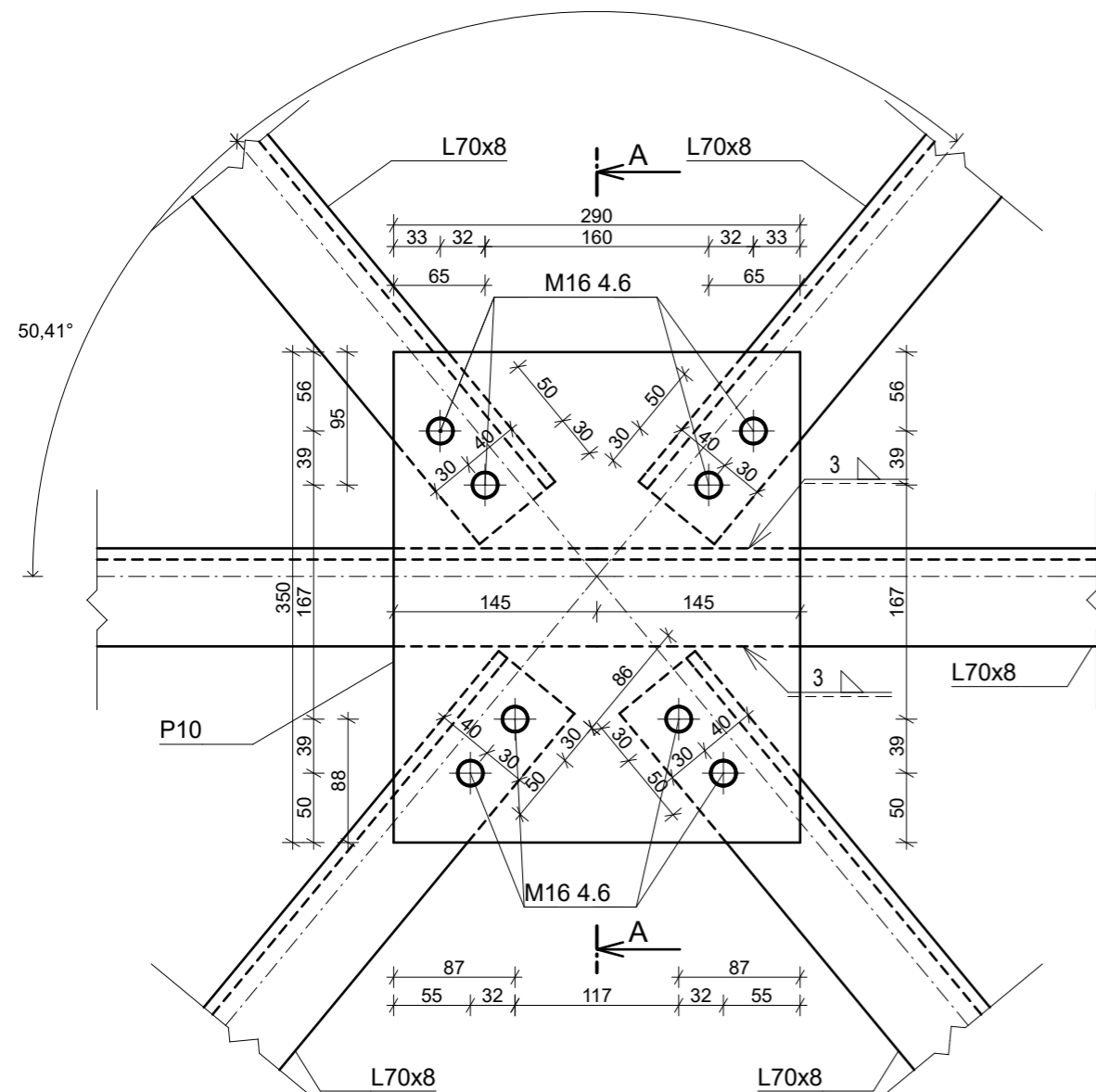
Vypracoval Datum
Bc. František Nesnídal 19.05.2019

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

Měřítko výkresu
1:5

Číslo výkresu

D.2



Třída provedení: EXC2
 Šrouby: 4.6
 Svary: $f_u = 430$ MPa
 Ocel S275



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu
Vnější diagonály styčnick

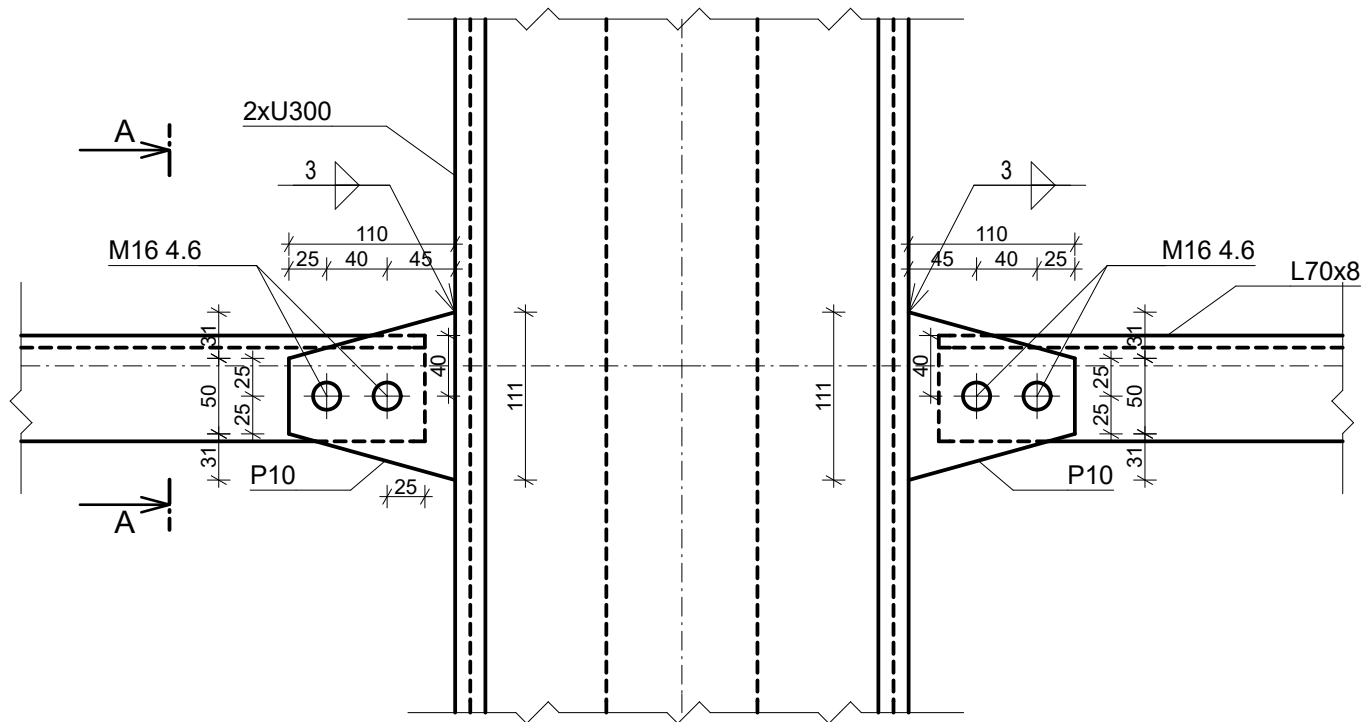
Vypracoval
Bc. František Nesnídal Datum
 19.05.2019

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

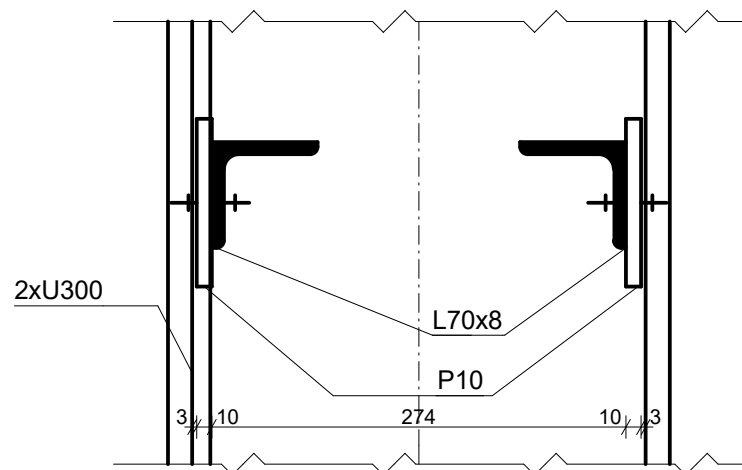
Měřítko výkresu
1:5

Číslo výkresu

D.3



Řez A-A



Třída provedení: EXC2
 Šrouby: 4.6
 Svary: $f_u = 430$ MPa
 Ocel S275



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodjemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu
Napojení vnějších diagonál na
hlavní sloup - vodorovně

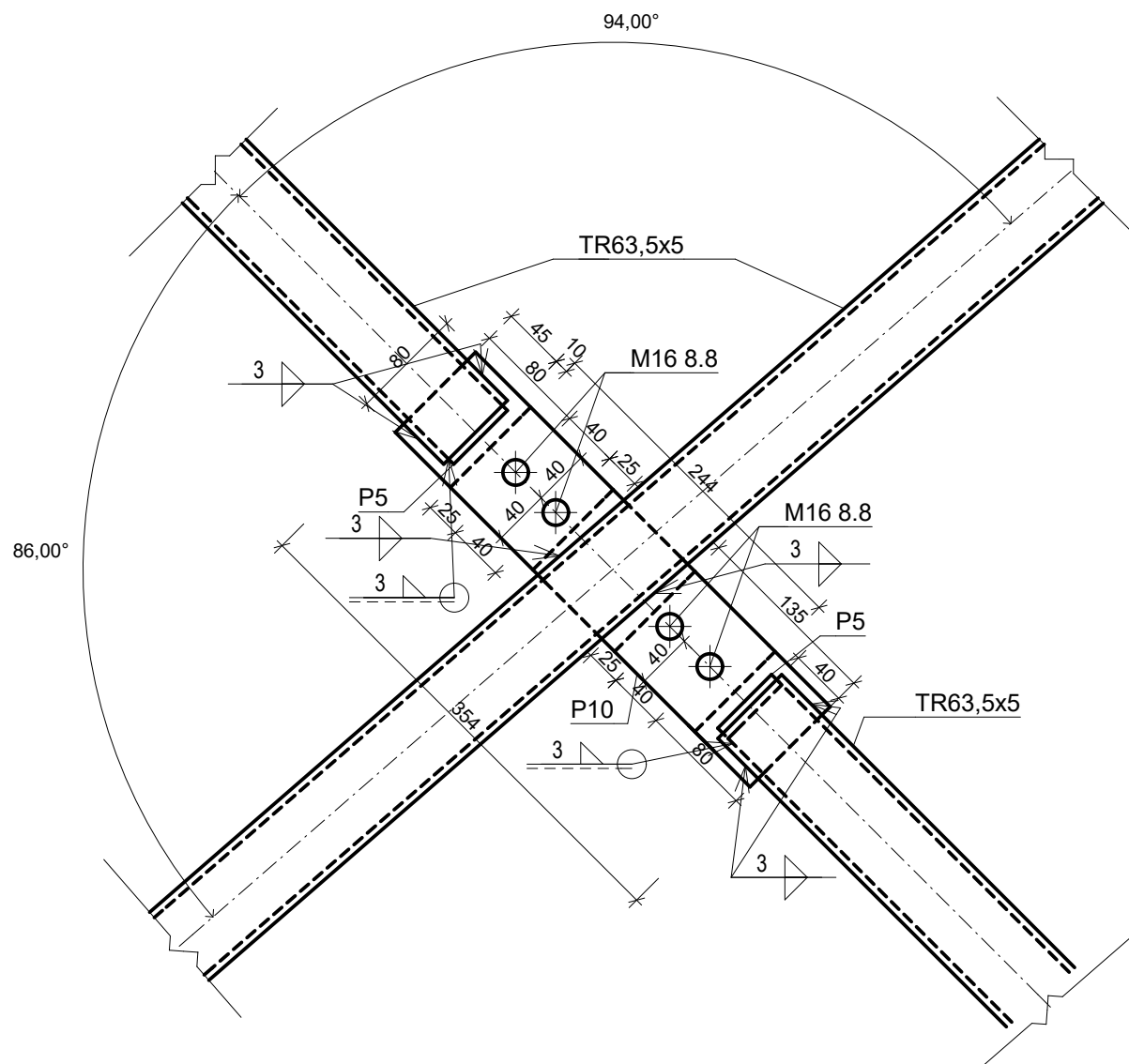
Vypracoval Datum
Bc. František Nesnídal 19.05.2019

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

Měřítko výkresu
1:5

Číslo výkresu

D.4



Třída provedení: EXC2
 Šrouby: 8.8
 Svary: $f_u = 360$ MPa
 Ocel S235JR



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu
Napojení diagonál jádra

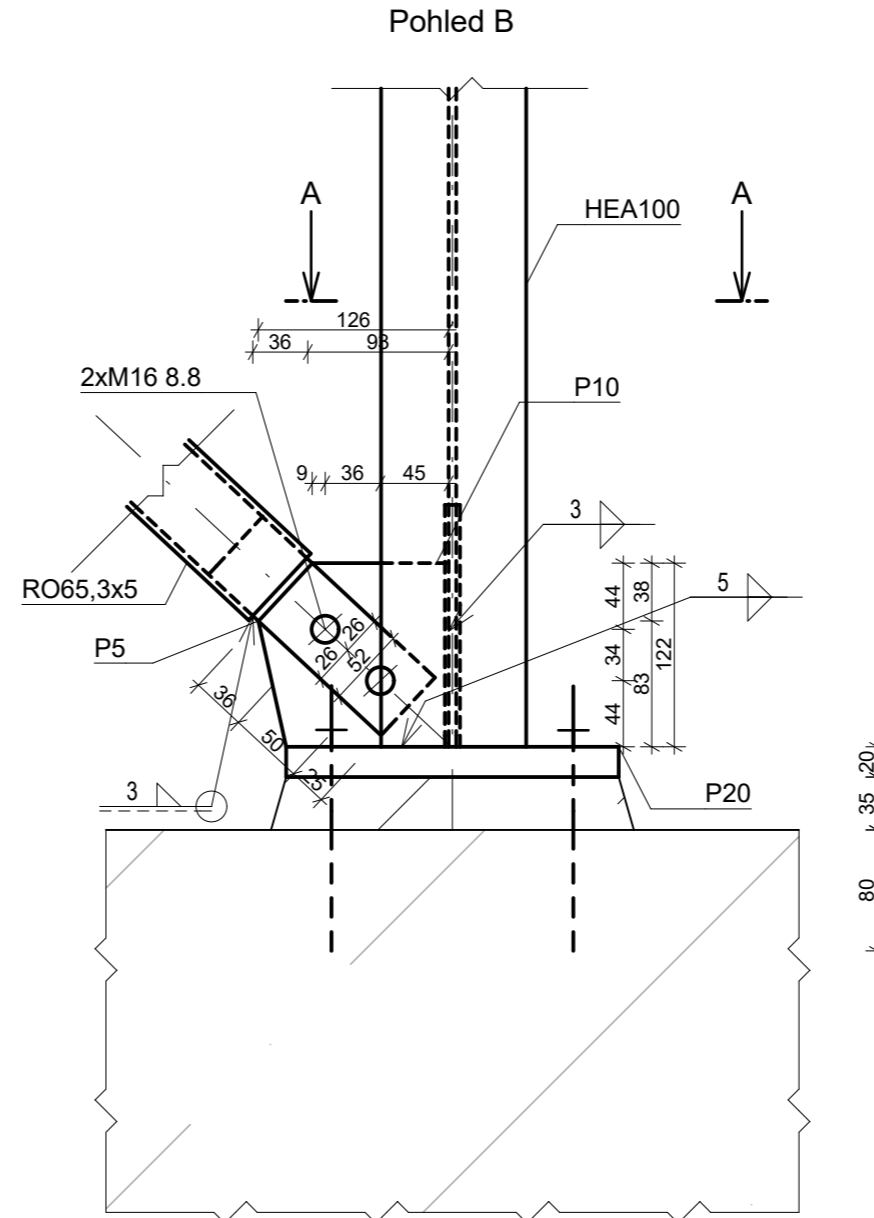
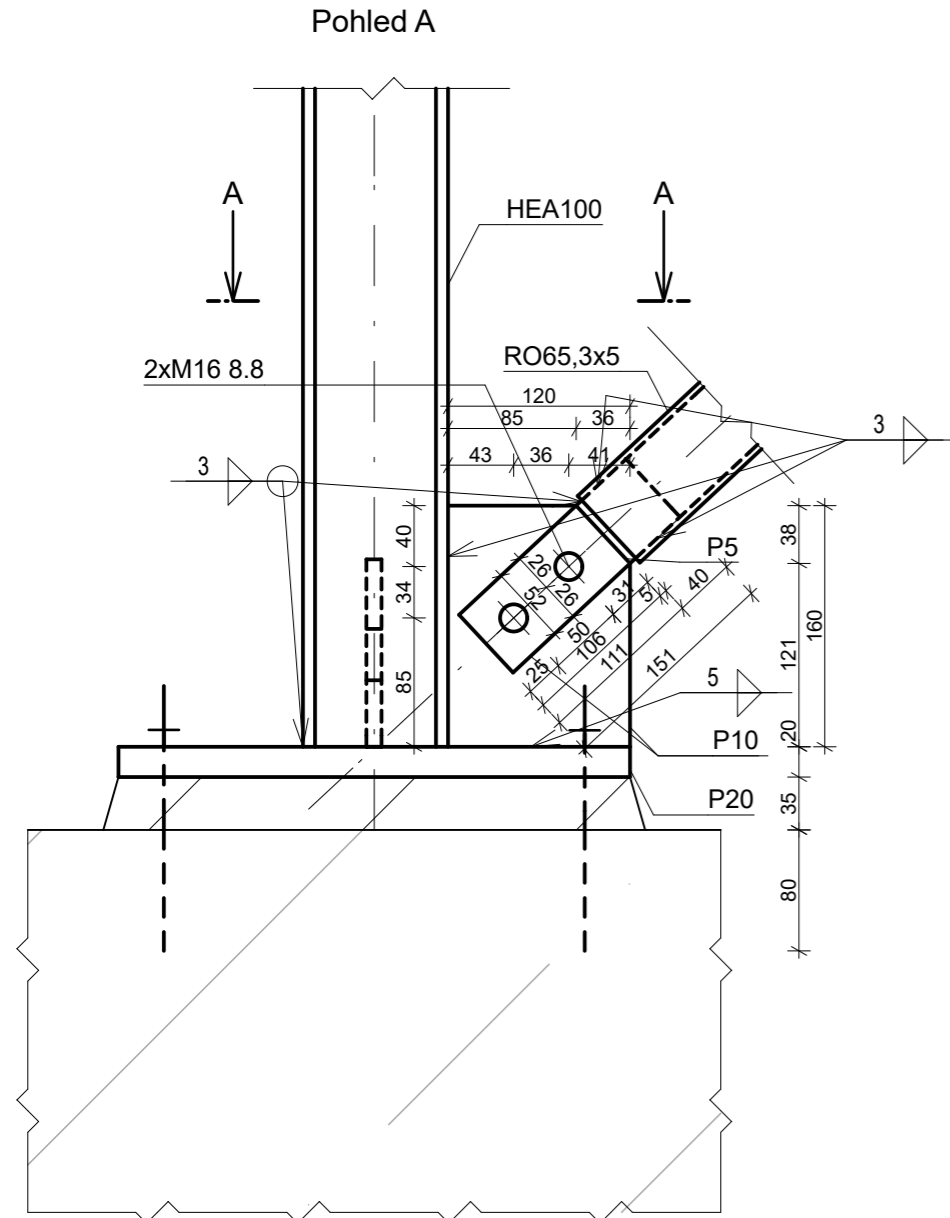
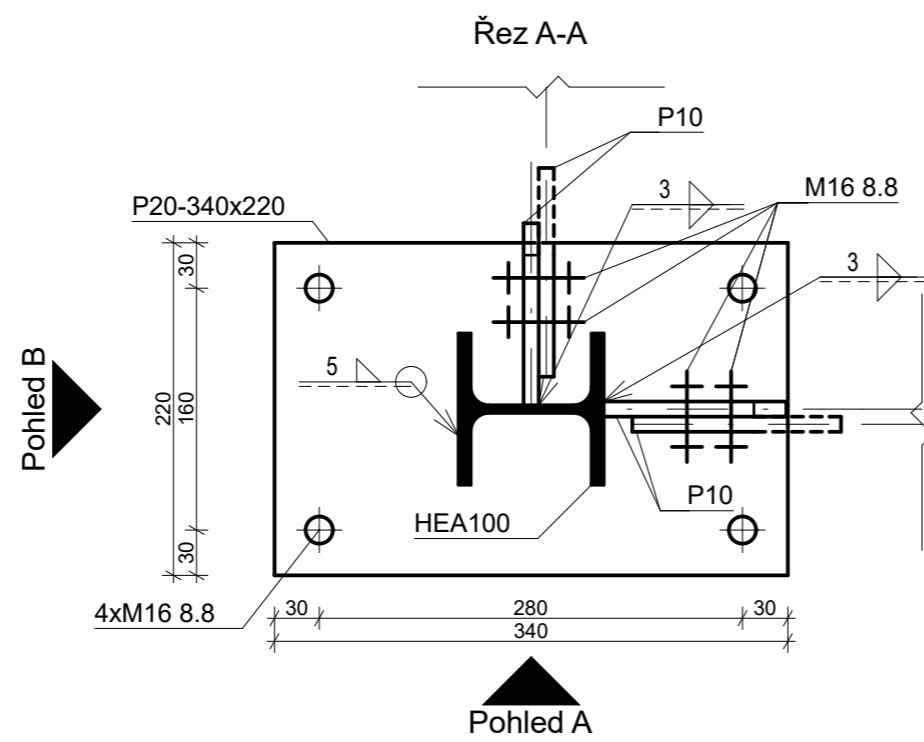
Vypracoval Datum
Bc. František Nesnídal 19.05.2019

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

Měřítko výkresu
1:5

Číslo výkresu

D.5



Šrouby: 8.8
 Kotvení: RAWPLUG M16 8.8 R-KERII+R-STUDS-20260-88-FL (chemická kotva)
 Svar: $f_u = 360$ MPa
 Ocel S235JR
 Beton: C20/25



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

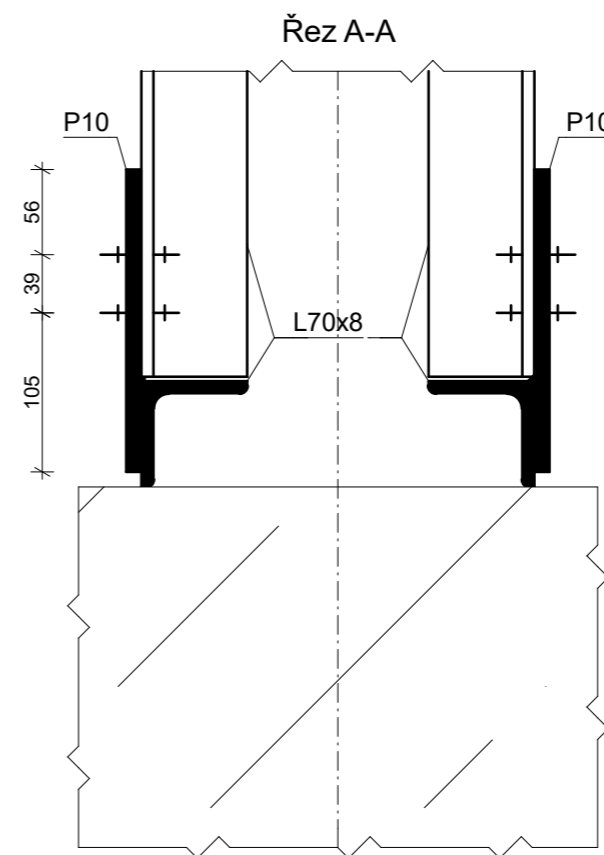
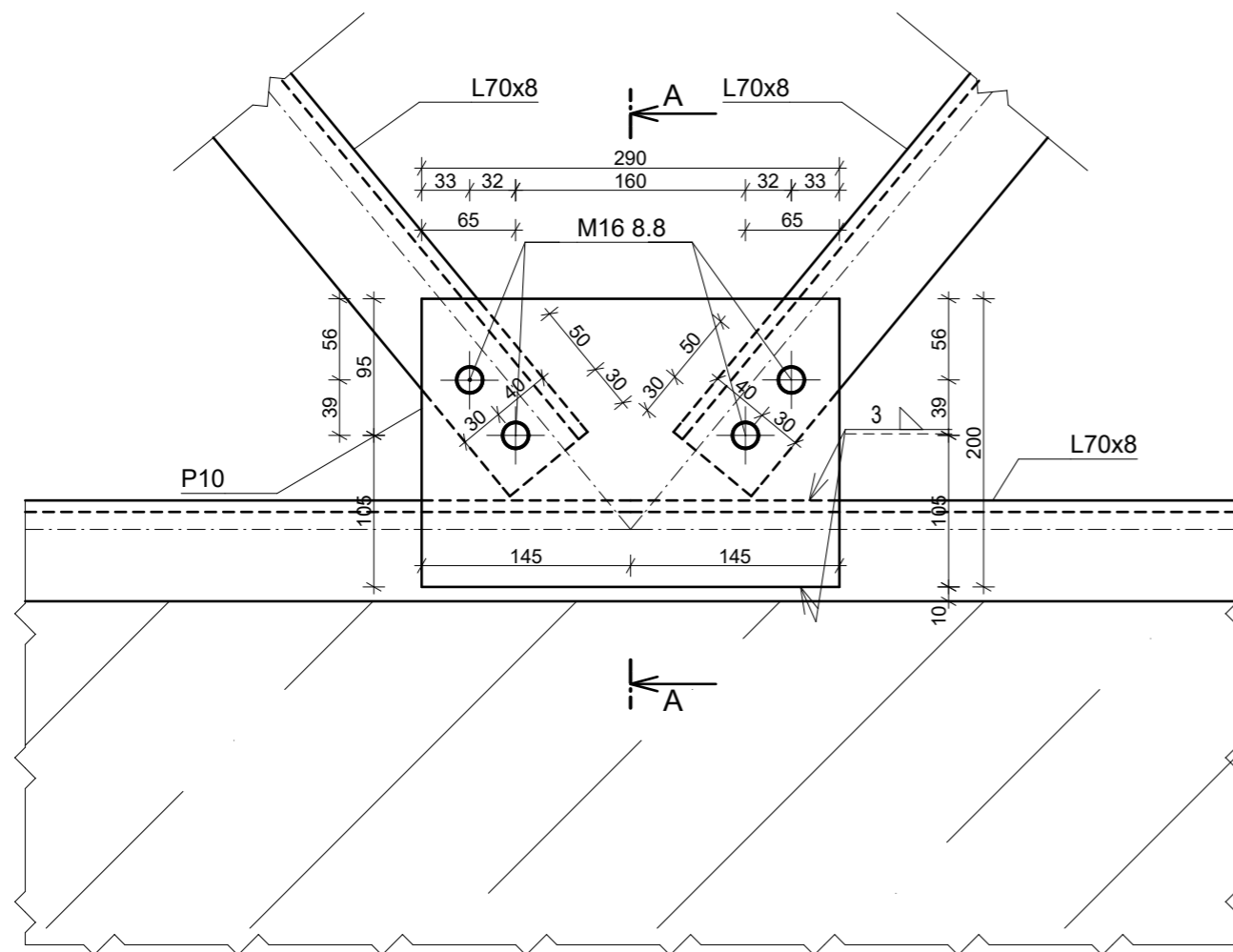
Jméno výkresu
Jádro patka sloupu

Vypracoval **Bc. František Nesnídal** Datum **19.05.2019**

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

Měřítko výkresu
1:5

Číslo výkresu
D.6



Třída provedení: EXC2
 Šrouby: 4.6
 Svary: $f_u = 430 \text{ MPa}$
 Ocel S275



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu
Vnější diagonály spodní část

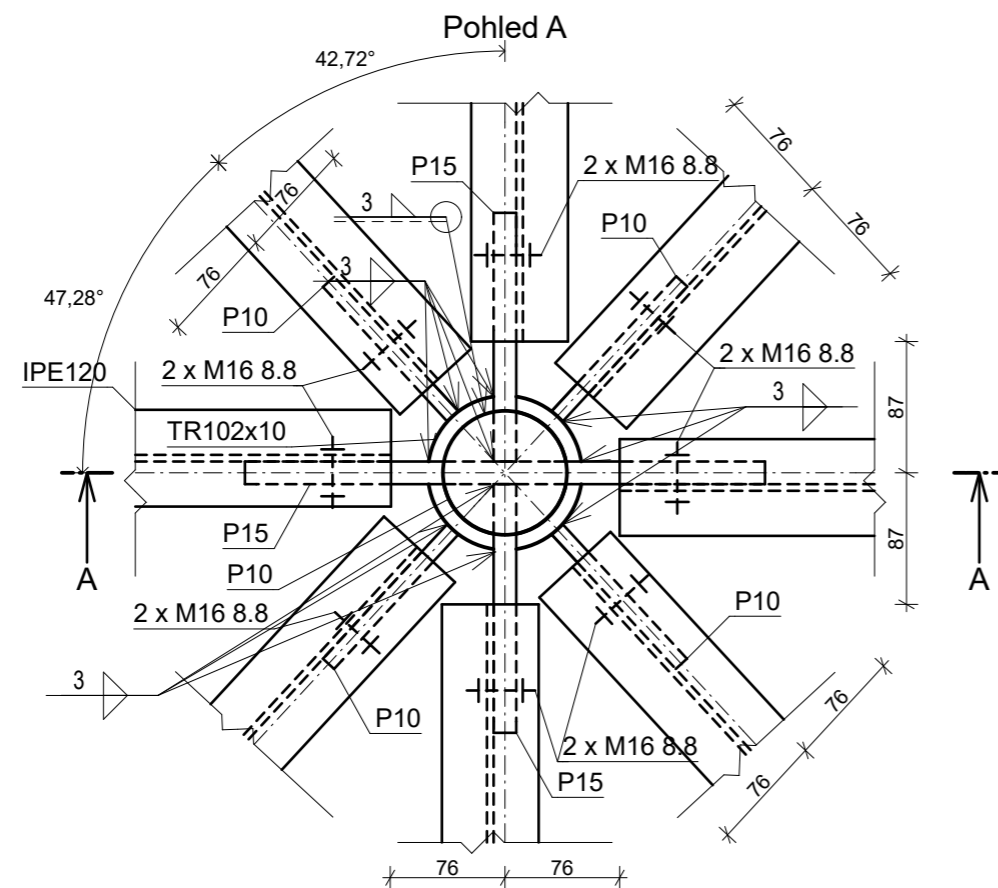
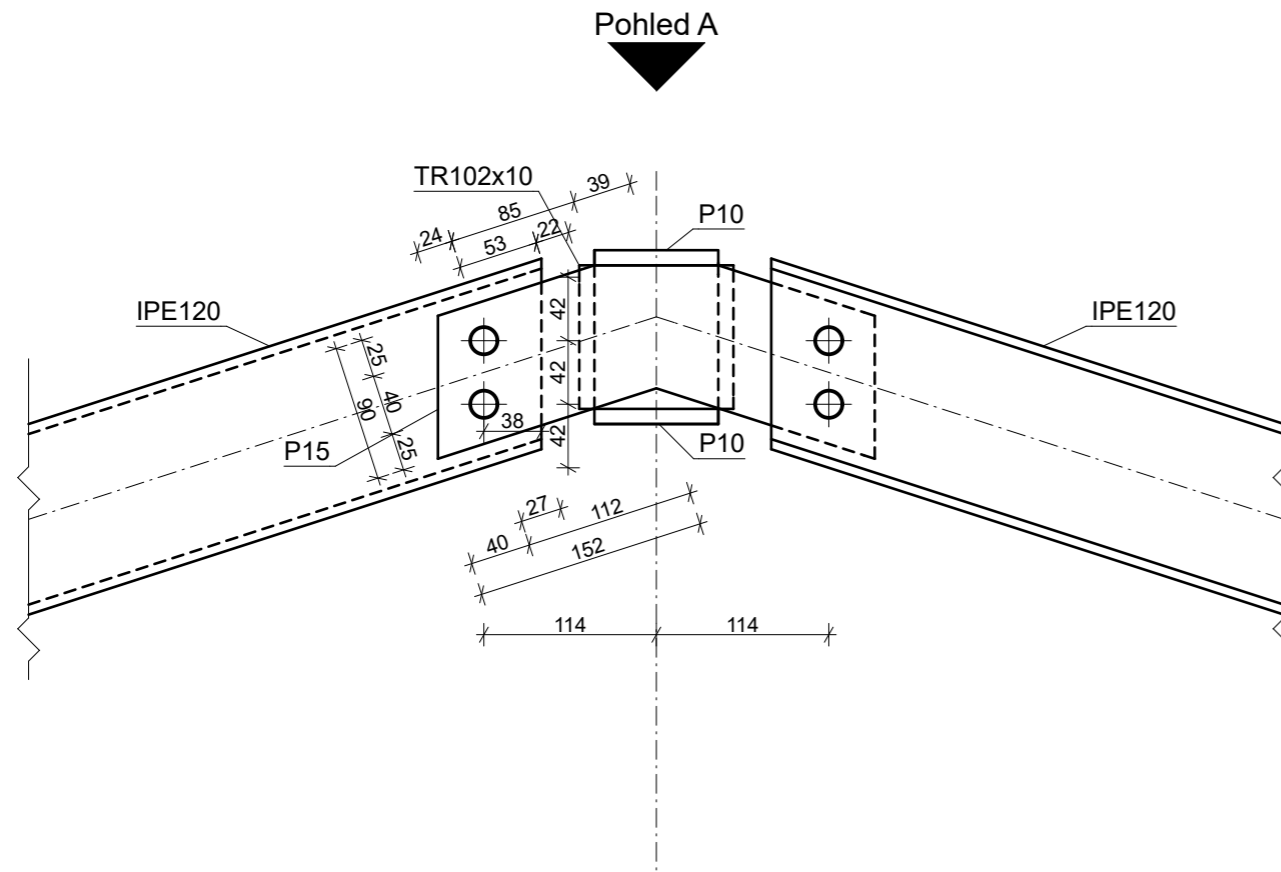
Vypracoval Datum
Bc. František Nesnídal 19.05.2019

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

Měřítko výkresu
1:5

Číslo výkresu

D.7



Třída provedení: EXC2
 Šrouby: 8.8
 Svary: $f_u = 360$ MPa
 Ocel S235JR



Diplomová práce
 Posouzení konstrukce
 vodojemu s administrativní
 vestavbou

Jméno výkresu
Napojení ve vrcholu střechy

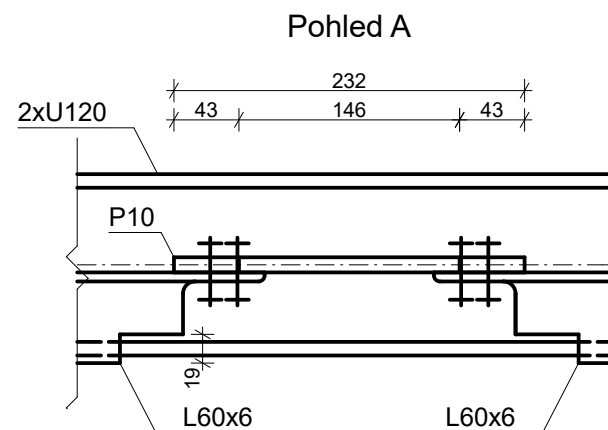
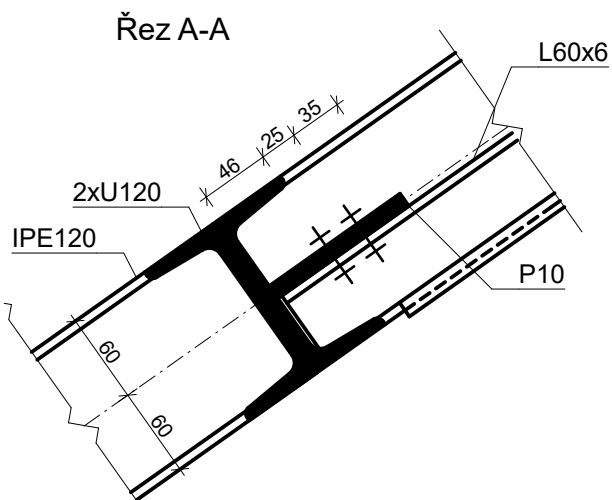
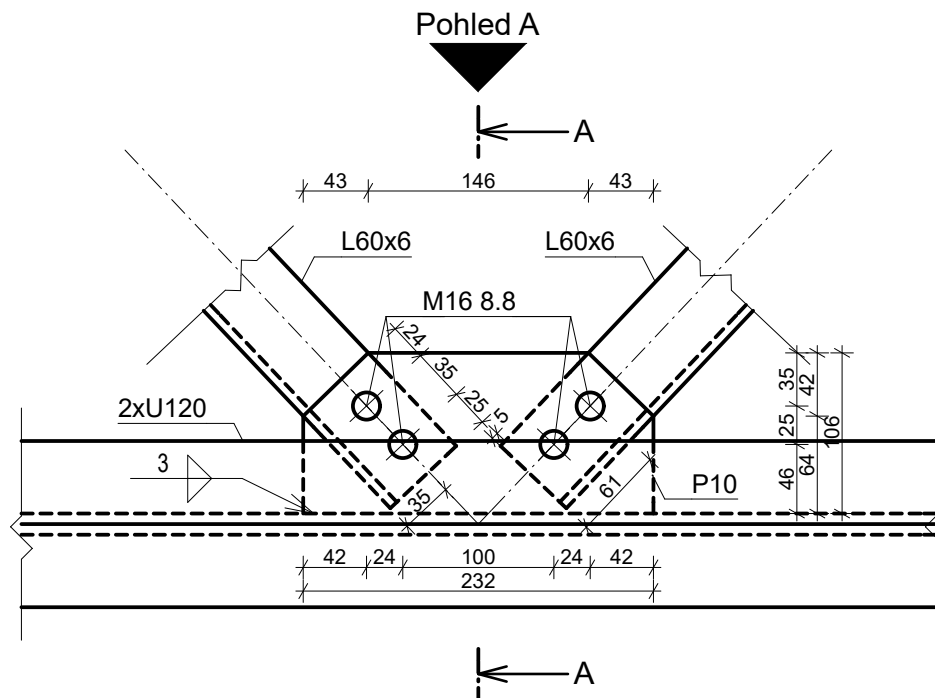
Vypracoval Datum
Bc. František Nesnídal 19.05.2019

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

Měřítko výkresu
1:5

Číslo výkresu

D.8



Třída provedení: EXC2
 Šrouby: 8:8
 Svary: $f_u = 360$ MPa
 Ocel S235JR



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodového s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu

Napojení diagonál střechy na
vodorovné nosníky

Vypracoval

Bc. František Nesnídal

Datum

19.05.2019

Vedoucí práce

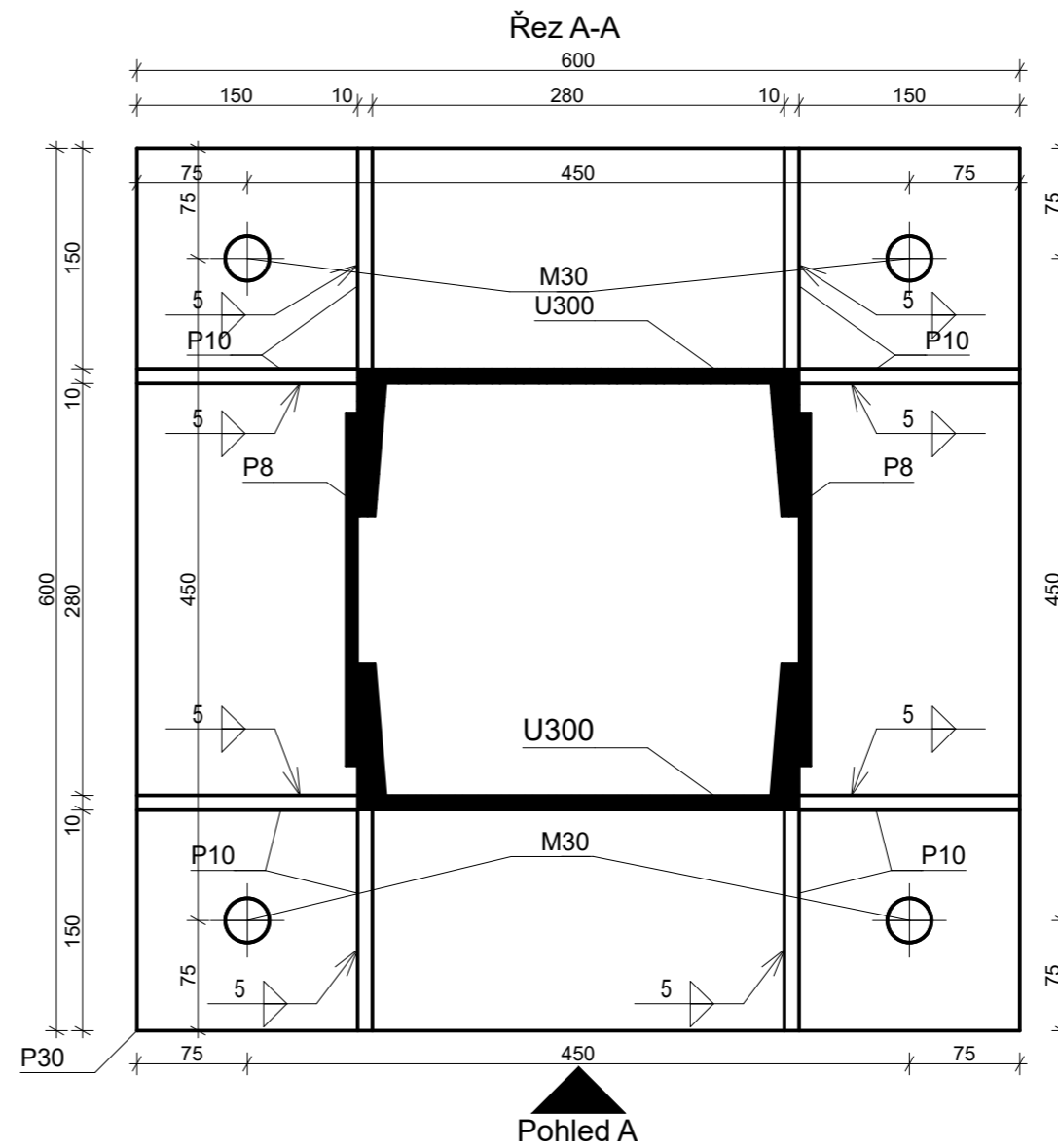
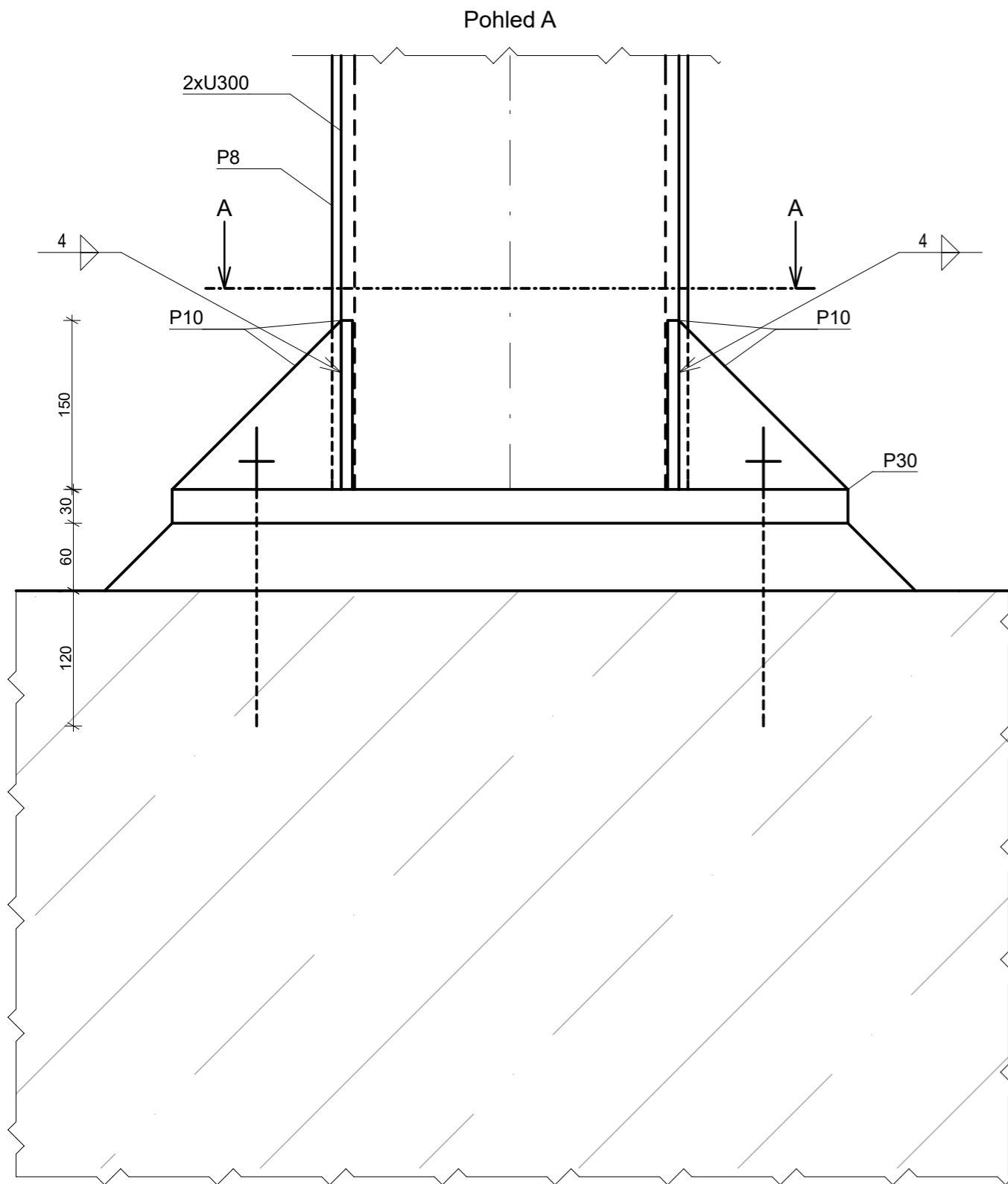
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu

1:5

Číslo výkresu

D.9



Třída provedení: EXC2
 Kotevní šrouby: RAWPLUG M30 8.8 R-KERII+R-STUDS-30380-88-FL (chemická kotva)
 Svary: $f_u = 430$ MPa
 Ocel S275
 Beton C20/25



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu
Pata hlavního sloupu

Vypracoval Datum
Bc. František Nesnídal 19.05.2019

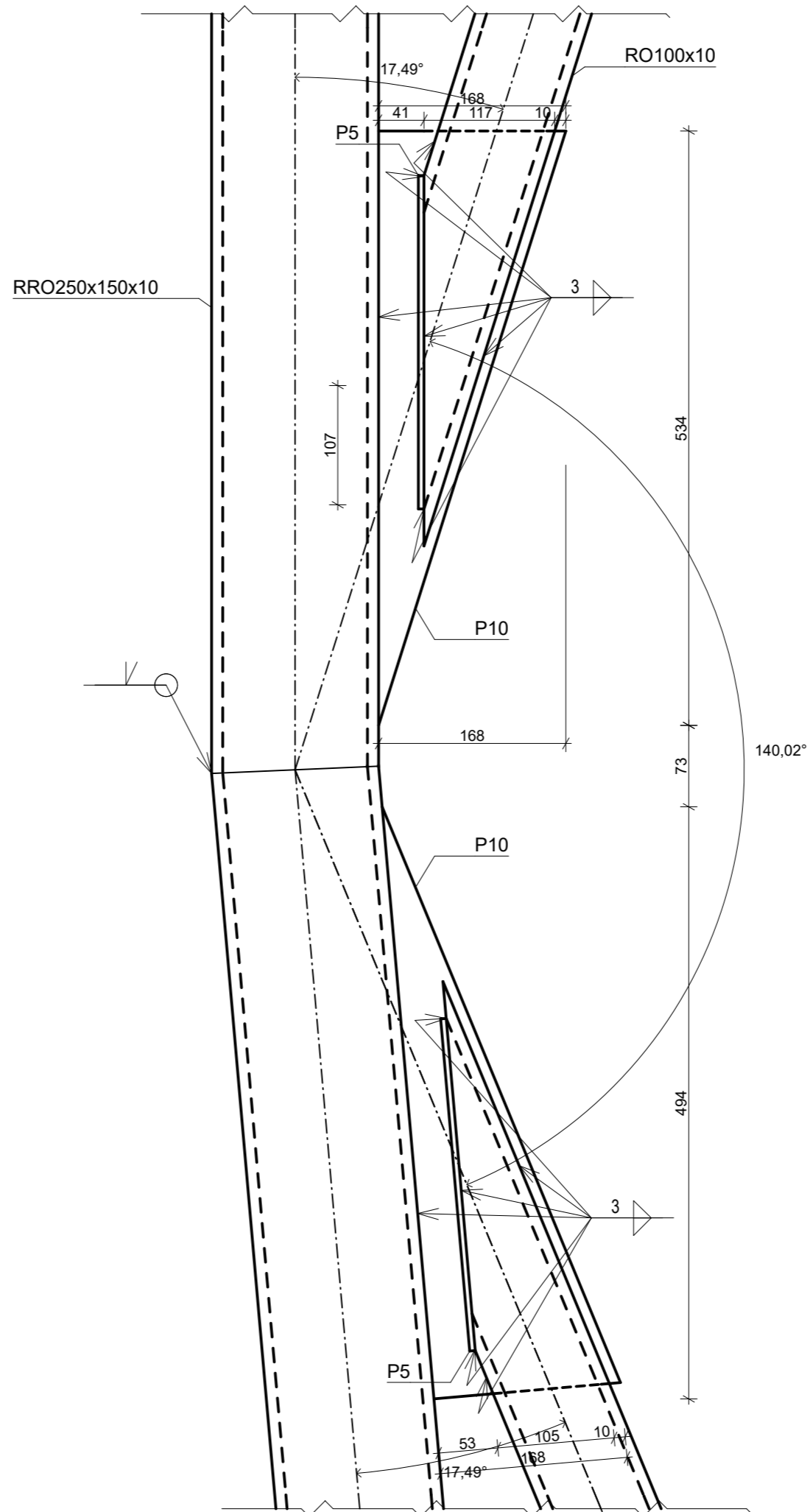
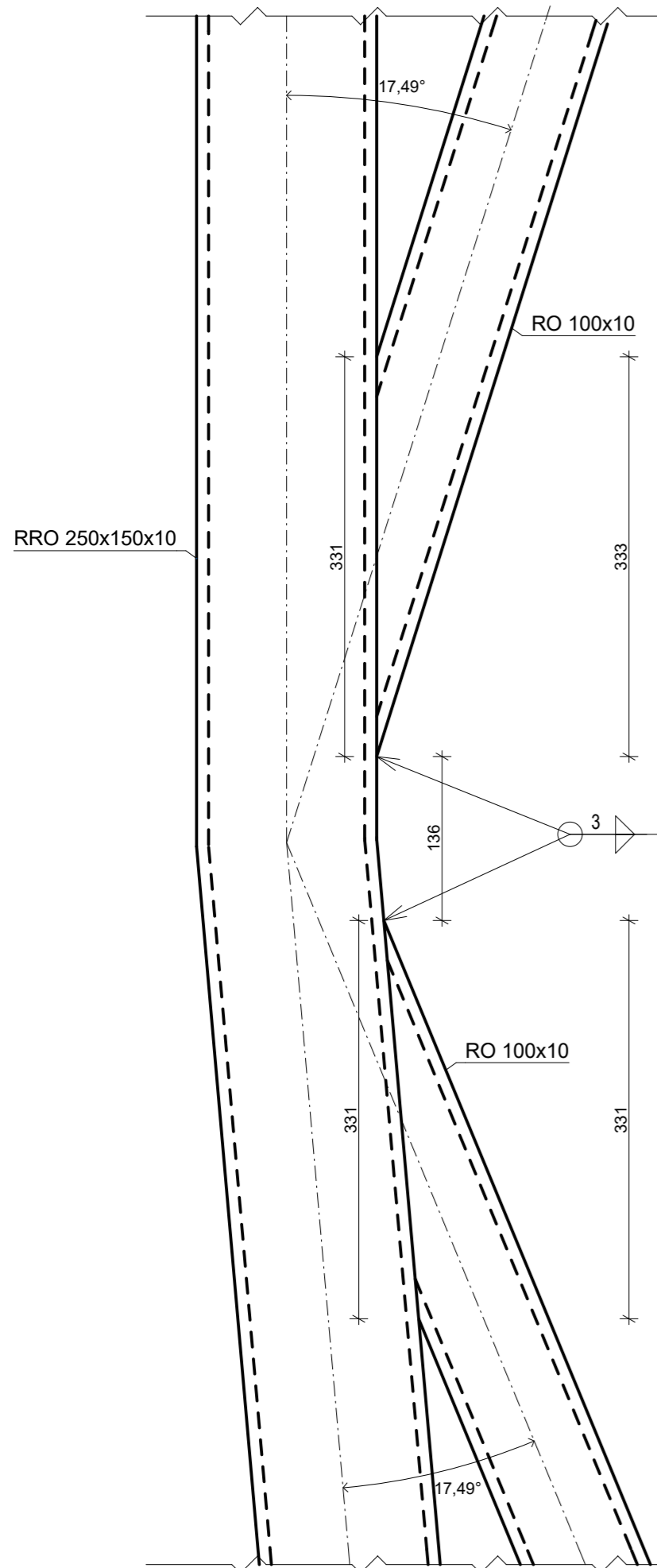
Vedoucí práce
 doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu
1:5

Číslo výkresu

D.10

Varianta řešení



Třída provedení: EXC2
 Svary: $f_u = 360 \text{ MPa}$
 Ocel S235JR



Diplomová práce
 Posouzení konstrukce
 vodojemu s administrativní
 vestavbou

Jméno výkresu
Přípoj na vnější část prstence

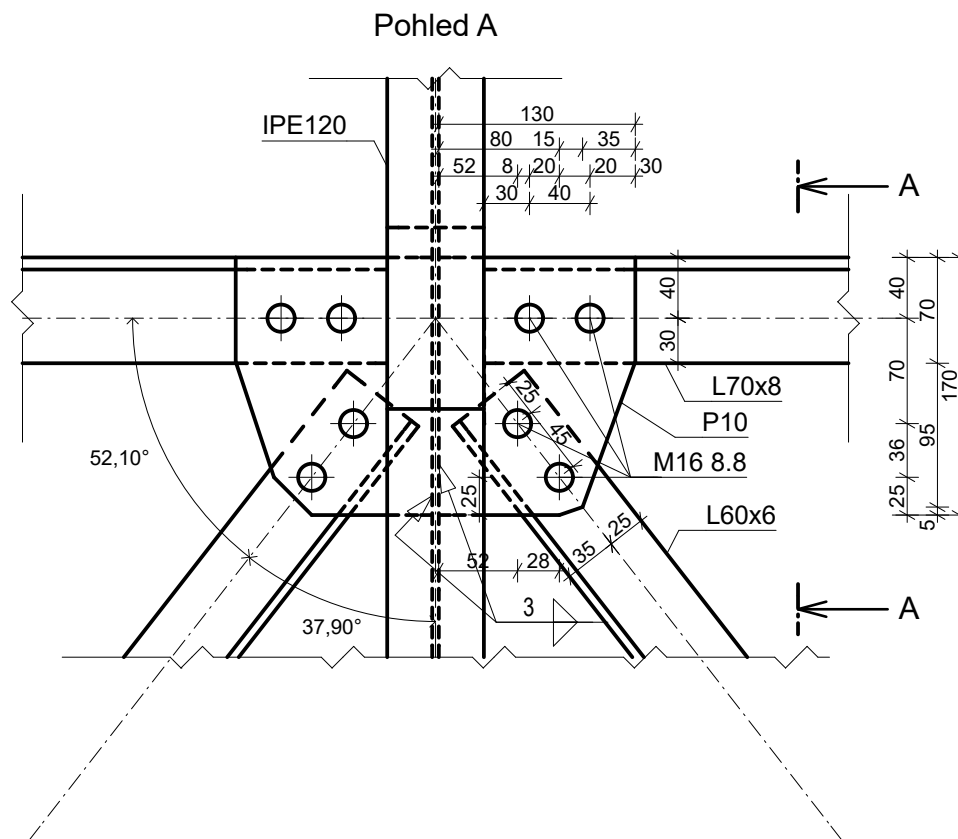
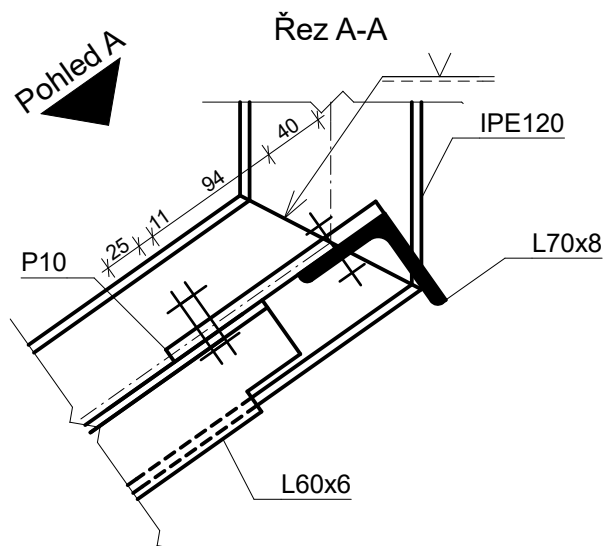
Vypracoval Datum
Bc. František Nesnídal 19.05.2019

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

Měřítko výkresu
1:5

Číslo výkresu

D.11



Třída provedení: EXC2
 Šrouby: 8.8
 Svary: $f_u = 360$ MPa
 Ocel S235JR



Diplomová práce
 Posouzení konstrukce
 vodojemu s administrativní
 vestavbou

Jméno výkresu

Střecha napojení diagonály E

Vypracoval

Bc. František Nesnídal

Datum

19.05.2019

Vedoucí práce

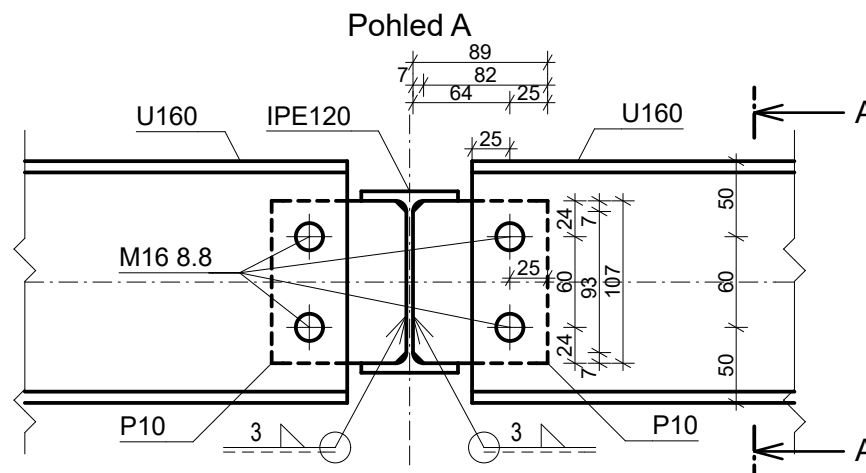
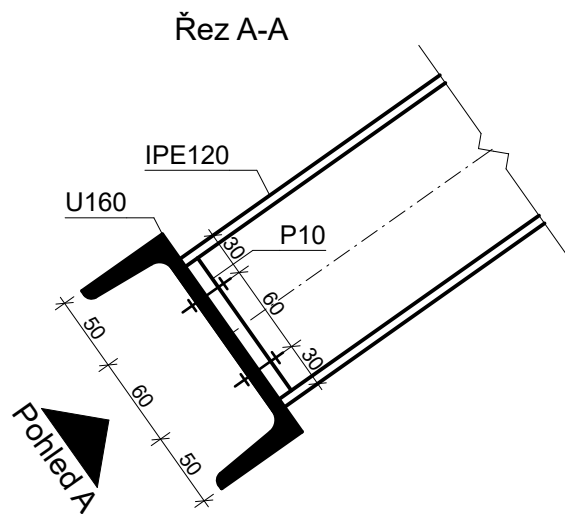
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu

1:5

Číslo výkresu

D.12



Třída provedení: EXC2
 Šrouby: 8.8
 Svary: $f_u = 360$ MPa
 Ocel S235JR



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu

Střecha napojení vodorovného
nosníku na šikmou část IPE120

Vypracoval

Bc. František Nesnídal

Datum

19.05.2019

Vedoucí práce

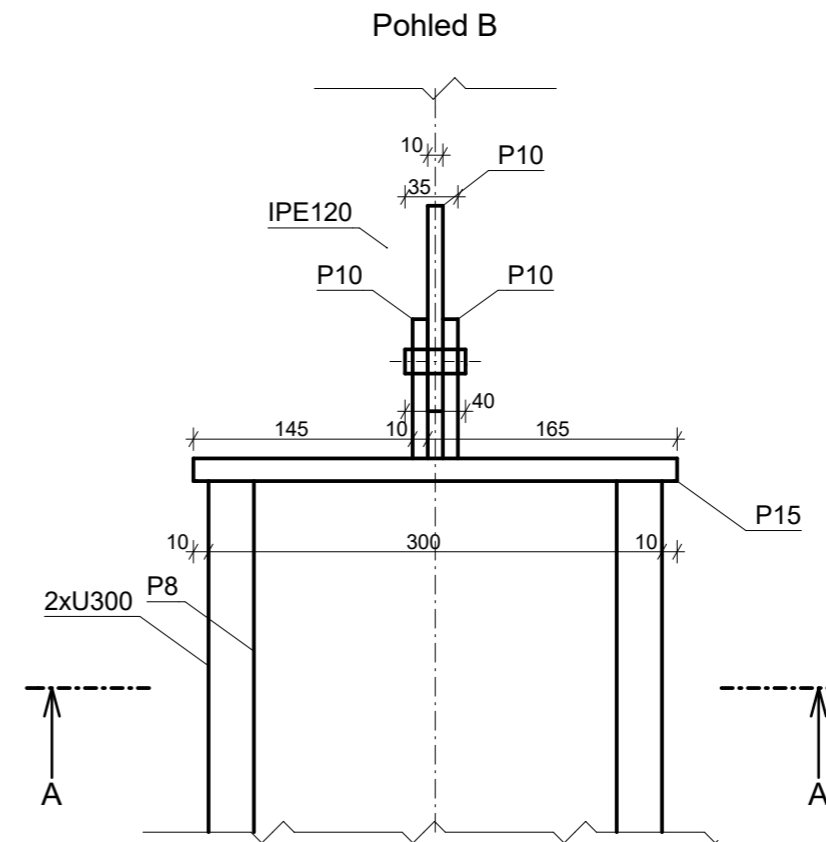
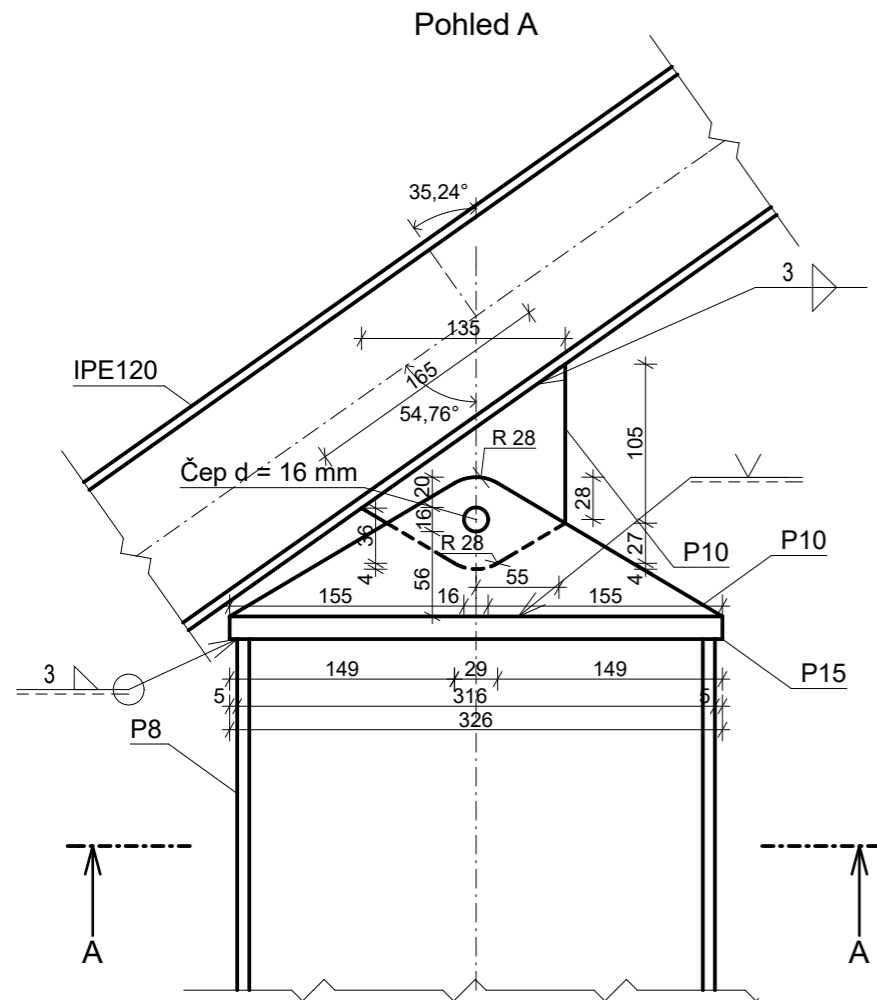
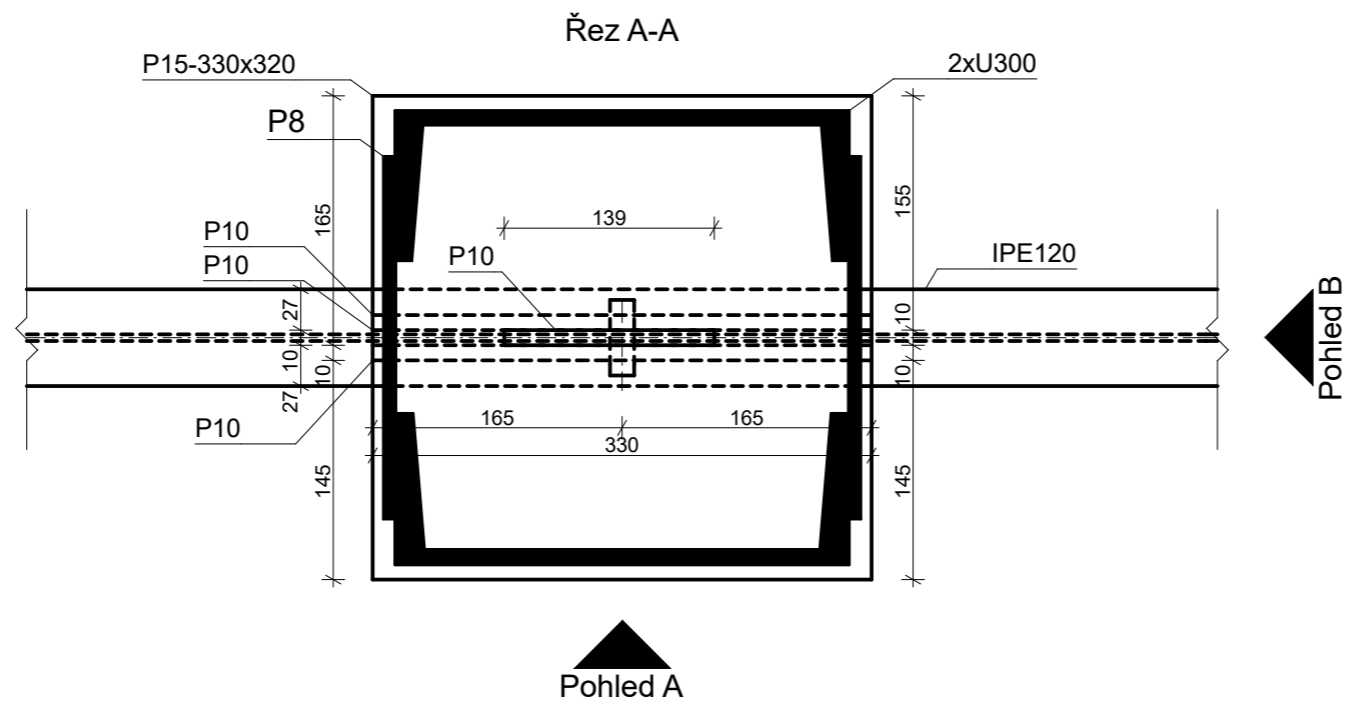
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Měřítko výkresu

1:5

Číslo výkresu

D.13



Třída provedení: EXC2
 Čep: 8.8
 Svary: $f_u = 360$ MPa
 Ocel S275 (Sloup)
 Ocel S235JR (Plech, IPE120)



Diplomová práce
Posouzení konstrukce
vodojemu s administrativní
vestavbou

Jméno výkresu
Přípoj střešního nosníku na
hlavní sloup

Vypracoval Datum
Bc. František Nesnídal 19.05.2019

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

Měřítko výkresu
1:5

Číslo výkresu

D.14