

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2023

**BC. KRISTÝNA
MOUCHOVÁ**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

ÚVODNÍ ČÁST



OCELOVÁ KONSTRUKCE PŘÍHRADOVÉ ROZHLEDNY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala:

Bc. Kristýna Mouchová

Vedoucí práce:

prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

2022/2023

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Mouchová Jméno: Kristýna Osobní číslo: 468539
Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Ocelová konstrukce příhradové rozhledny
Název diplomové práce anglicky: Steel structure of a lattice observation tower
Pokyny pro vypracování:
Návrh nosné ocelové konstrukce rozhledny umístěné v Brazílii. V konstrukci budou navrženy hlavní prvky (konstrukce věže samotné) a vybrané detaily. Stručná technická zpráva. Výkresová dokumentace (dispozice a navržené detaily).
Seznam doporučené literatury:
Návrh dle platných norem ČSN EN.

Jméno vedoucího diplomové práce: Michal Jandera
Datum zadání diplomové práce: 21.2.2023 Termín odevzdání DP v IS KOS: 22.5.2023
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

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“.

21.02.2023

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ký)

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6



SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Kristýna Mouchová

Název diplomové práce: Ocelová konstrukce příhradové rozhledny

Základní část: Ocelové konstrukce podíl: 100 %

Formulace úkolů: viz zadání

Podpis vedoucího DP:

Datum: 21.2.2023

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:

Datum:

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:

Datum:

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:

Datum:

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně s pomocí konzultací poskytnutých mým vedoucím práce prof. Ing. Michalem Janderou, Ph.D. a s pomocí konzultanta Ing. Jiřího Lahodného, Ph.D. a se zdroji a literaturou uvedenými dle pravidel citování.

V Praze dne 16. května 2023

.....
Bc. Kristýna Mouchová

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce prof. Ing. Michalovi Janderovi, Ph.D. za odborné vedení a čas strávený konzultacemi na této práci. Dále bych chtěla poděkovat společnosti EXCON a.s. za poskytnutí možnosti zpracování tohoto projektu a v neposlední řadě děkuji Ing. Jiřímu Lahodnému, Ph.D. za cenné rady při vytváření této práce.

Anotace

Předmětem této diplomové práce je návrh hlavních nosných prvků ocelové rozhledny, která má tvar osmiúhelníku a je vysoká 66,06 metrů. Konstrukce by měla být umístěna v Brazílii. Součástí této práce je i návrh účinků větru dle ČSN EN 1991-1-4 v porovnání dle Brazílské normy ABNT NBR 6123:1988, která byla zpracována v rámci projektu předcházející této diplomové práci. Na tyto účinky jsou pak navrženy nosné prvky konstrukce a vyhlídkových plošin.

Práce je složená ze statického výpočtu, technické zprávy, výkresové části a přílohy.

Klíčová slova

Rozhledna, ocelová konstrukce, zatížení větrem, šroubový přípoj

Annotation

The subject of this master thesis is the design of the main structural elements of the steel lookout tower, which has the shape of an octagon and is 66.06 meters high. The structure would be located in Brazil. This thesis includes the design of the wind effects according to EN 1991-1-4 compared to the Brazilian standard ABNT NBR 6123:1988, which was developed as part of the project preceding this thesis. The supporting elements of the structure and viewing platforms are then designed for these effects.

The work is composed of a structural design, a technical report, a drawing part that is based on the design part and an appendix.

Key words

Lookout tower, steel structure, wind load, bolted connection

Obsah diplomové práce

Úvodní část

Technická zpráva

Statický výpočet

Výkresová dokumentace

- Výkres č. 1: Pohled (1:100)
- Výkres č. 2: Řezy A,B,C,D,E,F,G,H,I (1:50)
- Výkres č. 3: Řezy J,K (1:50)
- Výkres č. 4: Detaily (1:10)

Příloha

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

TECHNICKÁ ZPRÁVA



**OCELOVÁ KONSTRUKCE PŘÍHRADOVÉ
ROZHLEDNY**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala:

Bc. Kristýna Mouchová

Vedoucí práce:

prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

2022/2023

Obsah

1. Základní údaje o stavbě	3
2. Popis nosné konstrukce.....	4
3. Zatížení	4
4. Materiály a třída provedení.....	4
4.1. Materiál	4
4.2. Třída provedení	4
4.3. Povrchová úprava, ochrana proti korozi	5
5. Montáž.....	5
6. Použité programy	5
7. Použité normy, literatura a ostatní zdroje	5

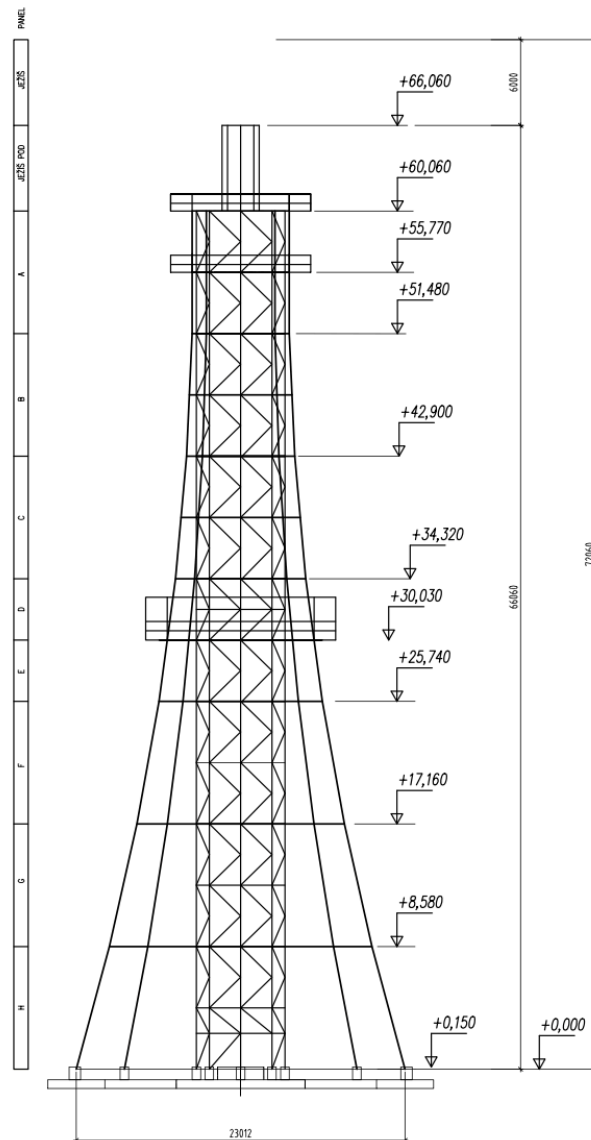
1. Základní údaje o stavbě

Plánovaná stavba by se měla nacházet v Brazílii v lokalitě blízko Jijoca de Jericoacoara. Jedná se o rozhlednu o půdorysném tvaru osmicípé hvězdy – osmiúhelníku. Na vrcholu se nachází cca 6 metrů vysoká socha. Na rozhledně jsou umístěné tři vyhlídkové plošiny, jedna velká ve výšce + 30,03 m a dvě malé ve výšce +55,77 m a +60,06 m. Nášlapná plocha plošin je uvažována z pororoštu. Uvnitř konstrukce je umístěna výtahová šachta opláštěná perforovaným plechem, okolo ní se nachází dvě točité schodiště. Výtahová šachta ani schodiště nejsou předmětem návrhu, jejich vlastní tíha je zohledněna ve výpočtu.

Dispoziční rozměry objektu:

Šířka v patě: 22,4 m

Výška rozhledny pod sochu: 66,06 m



Obrázek 1.: Schéma konstrukce

2. Popis nosné konstrukce

Hlavními nosnými prvky konstrukce jsou nárožníky a vnitřní nárožníky (kolem schodiště), doplněné horizontálami, které propojují jednotlivé segmenty. Celkovou tuhost konstrukce zajišťuje hvězdicovité ztužení v úrovních C až H a v horních úrovních jsou to propojky mezi nárožníky. Dále k tuhosti přispívají diagonály v celé části vnitřních nárožníků, které také slouží jako zavětrování.

Celá nosná konstrukce rozhledny je trubková šroubovaná se svařenými částmi. Pro výpočet a návrh byla konstrukce po výšce rozdělena na 7 úrovní od A až H. Celková šířka konstrukce v patě nejnižšího dílu je 22,4 metrů a zužuje se až na 9,8 metrů ve výšce +51,48 metrů. Tato šířka konstrukce je konstantní až do výšky +60,06 metrů. Ve vrcholu pokračuje 6 metrů dlouhé prodloužení výtahové šachty o šířce 2,5 metru. Nad zakončením výtahové šachty je umístěna 6 metrů vysoká socha.

Vnější část konstrukce tvoří trubkové nárožníky, které mají v dílech H až F profil TR 273/8, E a D TR 219/9, v díle C TR 219/12,5 a dílech B a A TR 178/10. Vnitřní nárožníky prochází po výšce celou konstrukcí, uvnitř prochází točité schodiště. Průměr trubek vnitřních nárožníků je 168,3 mm. Diagonály mají po celé výšce průměr 76 mm. Hvězdicovité ztužení má v díle H profil TR 102/5, v díle G TR 70/4,5, v díle F TR 82,5/5 a v dílech D a C profil TR 60,3/3,6.

Podlahové nosníky malých vyhlídkových plošin v úrovních +55,77 a +60,06 m jsou předběžně navrženy profily IPE 240. Hlavní podlahové nosníky velké plošiny v úrovni +30,03 m jsou předběžně navrženy profily IPE 200, mezilehlé jsou IPE 100.

Kotvení nárožníků je přes přírubové spoje.

3. Zatížení

U stálého zatížení se uvažuje vlastní tíha nosné konstrukce věže, zatížení z předběžného návrhu schodiště a vyhlídkových plošin, sochy ve vrcholu, výtahu a výtahové šachy.

U užitného zatížení se uvažuje s hodnotami, které vychází z ČSN EN 1991-1-1. U proměnného je uvažováno zatížení větrem, sněhové zatížení se v dané lokalitě nevyskytuje. Seismické zatížení se v dané lokalitě také nevyskytuje. V předběžném návrhu bylo zohledněno i zatížení teplotou, nicméně, do finálního návrhu prvků zohledněno nebylo, protože nebylo rozhodující. Seismické zatížení není v dané lokalitě nutné uvažovat.

Zatížení větrem bylo spočteno dvěma způsoby, dle ČSN EN 1991-1-4 (hodnoty, které byly následně použity pro návrh prvků) a dle brazilské normy ABNT NBR 6123:1988.

4. Materiály a třída provedení

4.1. Materiál

Všechny prvky ocelové konstrukce jsou navrženy z oceli S355JR. Šrouby jsou předepnuté na maximální předpínací sílu, kvalita šroubů je 8.8. Betonový základ je uvažován z C25/30.

4.2. Třída provedení

Dle ČSN EN 1090-2 je navržena třída provedení EXC3.

4.3. Povrchová úprava, ochrana proti korozi

Konstrukce je zároveň zinkovaná, odtok kondenzátu je zajištěn odtokovými vložkami u kotvení nárožníků. Stupeň korozní agresivity je stanoven dle ČSN EN ISO 12944-1 jako CX.

5. Montáž

Konstrukce je rozdělena na 9 montážních částí (A až H). Nejdříve proběhne montáž částí H, kdy se zároveň osadí kotvení nárožníků a trubek výtahu. Teprve po montáži částí H budou zabetonovány kotevní části. Odtokové vložky musí zůstat nad úroveň terénu. Maximální tolerance odchylek je 2 mm. K montáži zbytku částí (A až G) bude využit jeřáb.

6. Použité programy

SCIA Engineer 19.1 studentská verze

AutoCAD 2018 studentská verze

MS Word Office 365

MS Excel Office 365

7. Použité normy, literatura a ostatní zdroje

Normy:

- [1] ČSN EN 1991-1-1 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, březen 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-4 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, duben 2013.
- [3] EN 1991-1-5: Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-5: General actions – Thermal actions. The European Union Per Regulation, March 2003.
- [4] Anejo Nacional AN/UNE-EN 1991-1-5, Eurocódigo 1: Acciones en estructuras, Parte 1-5: Acciones generales. Acciones térmicas .
- [5] ČSN EN 1993-1-1 ed. 2 (731401): Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, červenec 2011.
- [6] ČSN EN 1993-3-1 (731431): Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-1: Stožáry a komíny - Stožáry. Praha: Český normalizační institut, září 2008.
- [7] CEN/TC 250/SC 3/WG 14 N 47, Final draft of EN 1993-3. Berlin, 04-2021.
- [8] ČSN EN 1992-4 (73 1220) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 4: Navrhování kotvení do betonu. Praha: Český normalizační institut, listopad 2021.
- [9] ČSN EN 1993-1-9 ed. 2 (731401): Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2013.

- [10] CEN/TC 250/SC 3 N 3751, prEN 1993-1-9 with corrected figures, 02-2022.
- [11] ČSN EN ISO 12944-1 (03 8241): Nátěrové hmoty – Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 1: Obecné zásady. Praha: Český normalizační institut, září 2018.
- [12] ČSN EN ISO 12944-9 (03 8241): Nátěrové hmoty – Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 9: Ochranné nátěrové systémy a laboratorní metody zkoušení jejich odolnosti pro konstrukce vystavené přímořským a obdobným podmínkám. Praha: Český normalizační institut, únor 2020.
- [13] ČSN EN 1090-2 (73 2601): Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce. Praha: Český normalizační institut, únor 2019.
- [14] Norma Brasileira ABNT NBR 6123:1988, Forças devidas ao vento em edificações. Comitê Brasileiro de Construção Civil, maio 3013.

Ostatní zdroje:

- [15] SOKOL, Zdeněk a František WALD. Ocelové konstrukce: tabulky. V Praze: České vysoké učení technické, 2017. ISBN 978-80-01-06032-2.
- [16] *Dlubal Software: Oblasti zatížení sněhem, větrem a zemětřesením* [online]. [cit. 2022-09-10]. Dostupné z: <https://www.dlubal.com/cs/reseni/online-sluzby/oblasti-zatizeni-snehem-vetrem-a-zemetresenim>

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

STATICKÝ VÝPOČET



OCELOVÁ KONSTRUKCE PŘÍHRADOVÉ ROZHLEDNY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala:

Bc. Kristýna Mouchová

Vedoucí práce:

prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

2022/2023

Obsah

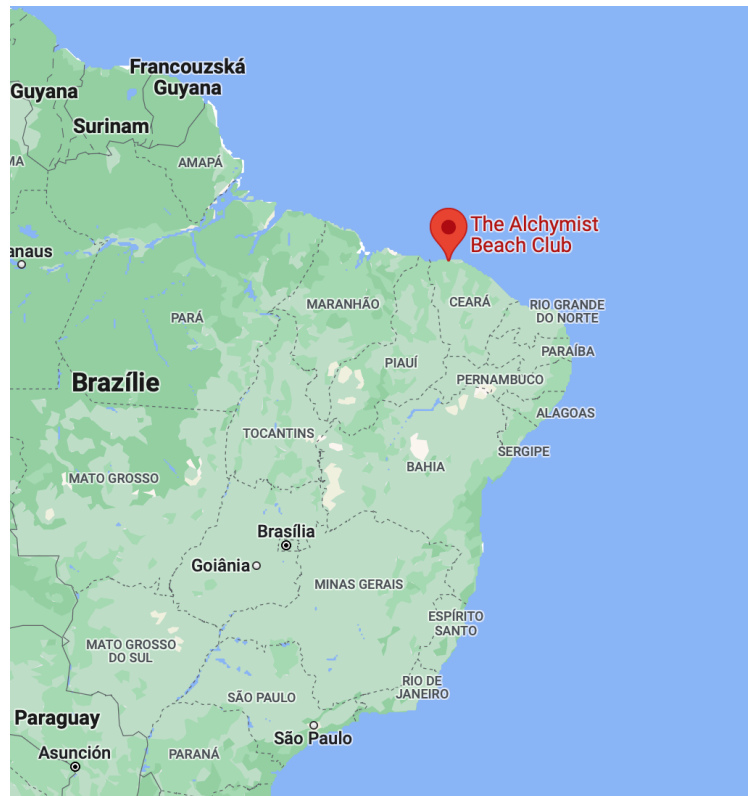
1. Základní informace o stavbě.....	4
1.1. Lokalita a umístění	4
1.2. Geometrie konstrukce a návrh konstrukce.....	5
2. Zatížení	7
2.1. Stálé.....	7
2.1.1. Vlastní tíha nosné konstrukce	7
2.1.2. Ostatní stálé.....	7
2.2. Užiténé	8
2.2.1. Ostatní užiténé	8
2.3. Proměnné.....	9
2.3.1. Sníh	9
2.3.2. Teplota	9
2.3.3. Vítr dle ČSN EN 1991-1-4	11
2.3.4. Vítr dle ABNT NBR 6123:1988.....	30
3. Zatěžovací stavy.....	34
4. Kombinace zatížení.....	34
4.1. MSÚ	34
4.2. MSP.....	35
5. Předběžný návrh prvků	37
5.1. Schodnice P12x300	37
5.1.1. Zatížení	37
5.1.2. Posouzení MSÚ	37
5.1.3. Posouzení MSP	39
5.2. Podlahový nosník plošin v úrovních +55,07 m a 60,06 m IPE240.....	39
5.2.1. Zatížení	39
5.2.2. Posouzení MSÚ	40
5.2.3. Posouzení MSP	41
5.3. Podlahové nosníky 1 a 2 plošiny v úrovni +30,03 m IPE200 a IPE140.....	41
5.3.1. Zatížení	41
5.3.2. Posouzení MSÚ IPE 200	42
5.3.3. Posouzení MSP IPE200	43
5.3.4. Posouzení MSÚ IPE100	44
5.3.5. Posouzení MSP IPE100	45
5.4. Kruhový nosník plošin +55,77m a +60,06m TR152,4x5.....	45
5.4.1. Posouzení MSÚ	45
5.4.2. Posouzení MSP	46
5.5. Kruhový nosník plošiny +30,03m TR152,4x5	47
5.5.1. Posouzení MSÚ	47
5.5.2. Posouzení MSP	48
5.6. Sloupek zábradlí plošin +55,77m a +60,06m TR51x3,6	48
5.6.1. Posouzení MSÚ	48
5.6.2. Posouzení MSP	49
5.7. Sloupek zábradlí plošiny +30,03m TR51x3,6.....	50
5.7.1. Posouzení MSÚ	50
5.7.2. Posouzení MSP	51
5.9. Nárožníky	52

5.10.	Vnitřní nárožníky (okolo schodiště).....	54
5.11.	Ztužení hvězdicové	56
5.12.	Horizontály hlavní	58
5.13.	Diagonály	60
5.14.	Svislice schodišťové	62
5.15.	Trubky okolo výtahové šachty.....	64
5.16.	Svislice výtahové	66
5.17.	Propojky nárožníků (úrovně A,B,C).....	68
6.	<i>Spoje</i>	70
6.1.	Kotvení vnitřního nárožníku (DET. 1)	70
6.1.	Přírubový spoj vnitřní nárožník – vnitřní nárožník	79
6.1.1.	Úroveň G (DET. 2)	79
6.2.	Přírubový spoj nárožník – nárožník.....	81
6.2.1.	Úroveň G (DET. 3)	81
6.2.2.	Úroveň A (DET. 4)	83
6.3.	Přípoj diagonály a horizontály k vnitřnímu nárožníku (DET. 5)	85
6.3.1.	Šroubový přípoj diagonály.....	85
6.3.2.	Šroubový přípoj horizontály	85
6.3.3.	Šroubový přípoj hvězdicovitého ztužení	86
6.4.	Přípoj hvězdicovitého ztužení k nárožníku (DET. 6)	87
6.5.	Přípoj hvězdicového ztužení a horizontál (DET. 7).....	89
6.5.1.	Montážní přírubový spoj trubky ztužení.....	89
6.5.2.	Šroubový přípoj hlavní horizontály	91
7.	<i>Posouzení rozhledny na MSP</i>	93
8.	<i>Použité programy</i>	94
9.	<i>Použité normy, literatura a ostatní zdroje</i>	94

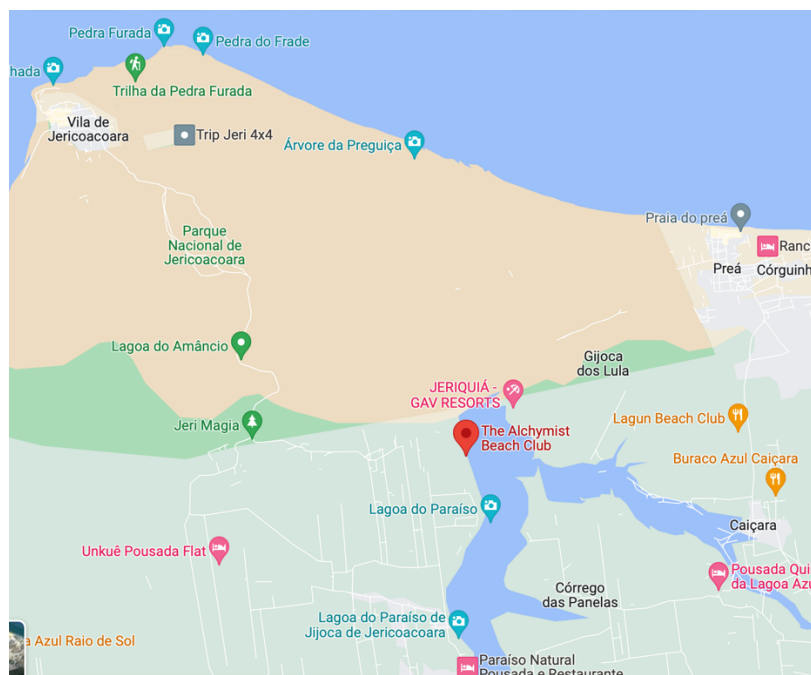
1. Základní informace o stavbě

1.1. Lokalita a umístění

Rozhledna bude umístěna v Brazílii na atlantském pobřeží. Nejbližší město se nazývá Jijoca de Jericoacoara.



Obrázek 1.: Umístění na mapě



Obrázek 2.: Bližší umístění na mapě

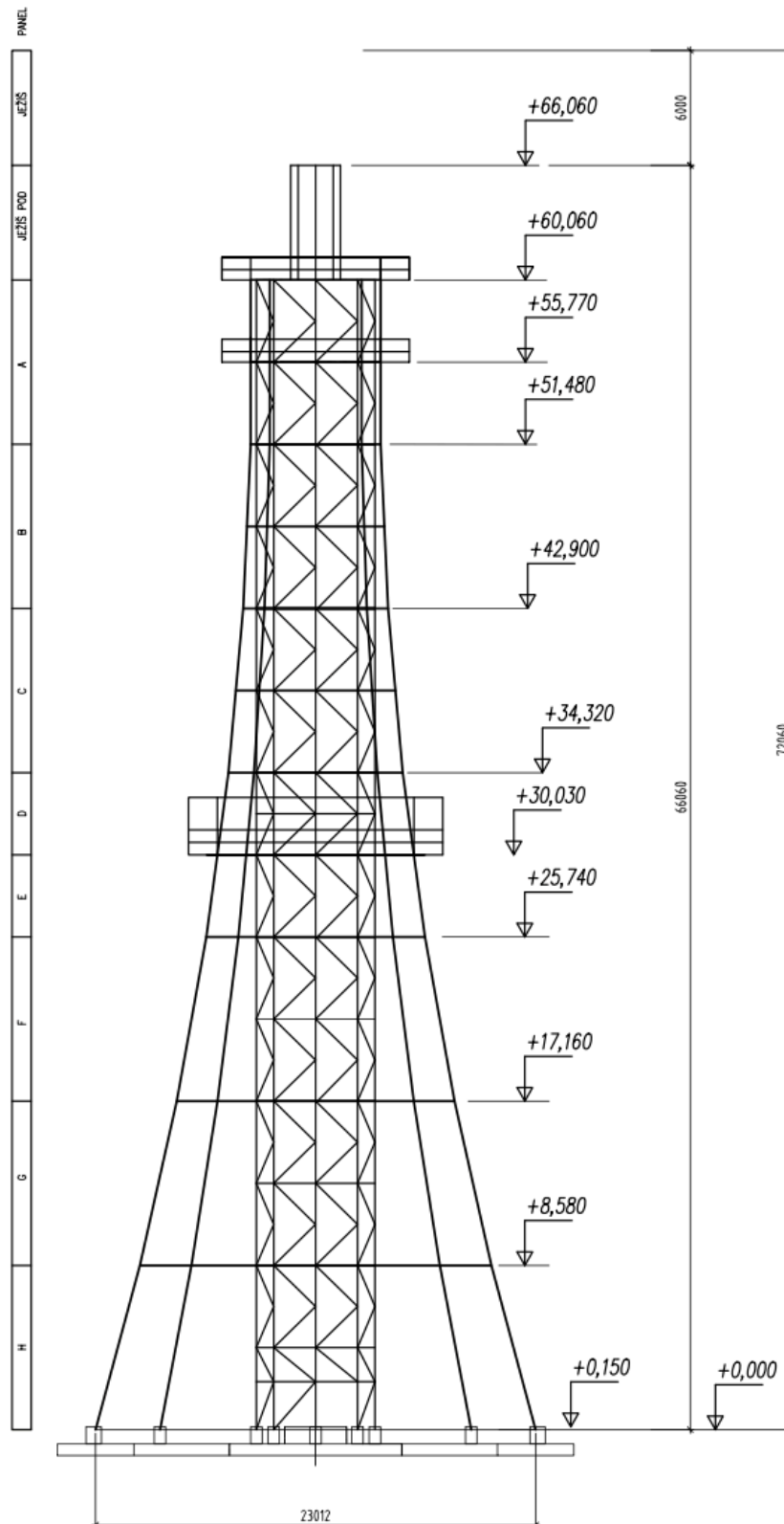
1.2. Geometrie konstrukce a návrh konstrukce

Předmětem statického návrhu je ocelová rozhledna výšky 66,06 m, se třemi vyhlídkovými plošinami v úrovních +30,03m, +55,77m a +60,06m. Věž je navržena z ocelových trubkových profilů. V jádru rozhledny vede ocelový tubus pro výtah, který je z perforovaného plechu, okolo tohoto tubusu vede ocelové schodiště.

Schodiště ani výtahová šachta nejsou předmětem tohoto statického výpočtu, nicméně se počítá s jejich vlastní tíhou. Na vrcholu věže se uvažuje s umístěním sochy ve tvaru Ježíše, jejíž výška je 6 metrů.



Obrázek 3.: Vizualizace rozhledny



Obrázek 4.: Schéma rozhledny

2. Zatížení

2.1. Stálé

2.1.1. Vlastní tíha nosné konstrukce

- SCIA Engineer započítává vlastní tíhu jednotlivých prvků konstrukce z předpokládaných rozměrů prvků a materiálů

2.1.2. Ostatní stálé

- Ostatní stálé zahrnuje vlastní tíhu konstrukcí, které nejsou zahrnuty do modelu v SCIA Engineer
- Vlastní tíha vyhlídkových plošin je stanovena předběžným odhadem skladeb:

Plošina malá +55,77m, +60,06m						
	Délka	Hmotnost na metr	Plocha	Hmotnost na metr ²	zat. šířka	[kN/m]
	[m]	[kg/m']	[m ²]	[kg/m ²]	[m]	
Bezpečnostní síť			2,04	1	1,05	0,02
Podlaha			3	25	1,05	0,71
Celkem						0,74

Tab. č. 1: Zatížení vlastní tíhou malé plošiny

Plošina velká +30,03m						
	Délka	Hmotnost na metr	Plocha	Hmotnost na metr ²	zat. šířka	[kN/m]
	[m]	[kg/m']	[m ²]	[kg/m ²]	[m]	
Bezpečnostní síť			5,1	1	1,7	0,03
Podlaha			5	25	1,7	0,74
Celkem						0,77
Stříška			14	20	3,7	0,76

Tab. č. 2: Zatížení vlastní tíhou velké plošiny

Pozn. 1.: Stříška vyhlídkové plošiny ve výšce +30,03m je uvažována z polykarbonátu včetně nosných/výztužných profilů. Přesný typ není stanoven, jedná se o předběžný návrh a odhad hmotnosti.

- Vlastní tíha výtahového tubusu:

Výtahová šachta						
	Hmotnost na metr ³	Průměr/ Délka	Tloušťka	Hmotnost na metr	Hmotnost	Zatížení do styčnicků
	[kg/m ³]	[m]	[m]	[kg/m']	[kg]	[kN]
Ocel	7850					
Tubus		2,6	0,003	61,23	525,35	
Vodící profily		528,48		3,5	1849,68	
Celkem					2375,03	23,75
Kabina ve vrcholu					750	

Tab. č. 3: Zatížení vlastní tíhou výtahové šachty

Pozn. 1.: Tíha kabiny výtahu bude bezpečně uvažována v horním patře rozhledny.

Pozn. 2.: Vodící profily jsou uvažovány uzavřené průřezy 40x40x3

- Vlastní tíha od schodiště:

Schodiště						
pro návrh schodnice						
	Délka/ Výška	Hmotnost na metr	Plocha	Hmotnost na metr ²	Zatížení na schodnice	Zatížení na schodnici
	[m]	[kg/m']	[m ²]	[kg/m ²]	[kN/m]	[kN/m]
Zábradlí - TR ϕ 80		30			0,60	
Bezpečnostní síť	4,28			1	0,04	
Stupěň dřevo		4,2			0,042	
Celkem					0,68	0,34

Tab. č. 4: Zatížení vlastní tíhou schodiště

Pozn. 1.: Bude předběžně navržena samostatná schodnice s výše uvedeným zatížením a z tohoto prvku se převezmou reakce, kterými se zatíží model.

- Podesty schodiště:

Podesty schodiště						
	Délka	Hmotnost na metr	Plocha	Hmotnost na metr ²	Hmotnost	Zatížení do styčnicků
	[m]	[kg/m']	[m ²]	[kg/m ²]	[kg]	[kN]
Zábradlí - TR ϕ 80	9,2	30			276	
Bezpečnostní síť			20,544	1	20,544	
Schodnice ocel	2,4	25			60	
stupěň dřevo	9,6	4,2			40,32	
Celkem					396,864	3,97

Tab. č. 5: Zatížení vlastní tíhou schodišťové podesty

2.2. Užité

2.2.1. Ostatní užité

- dle ČSN EN 1991-1-1, tabulka 6.2: užité zatížení pro kategorii A - schodiště
- dle ČSN EN 1991-1-1, tabulka 6.2: užité zatížení pro kategorii C3 – „plochy bez překážek pro pohyb osob“, které bude použito pro zatížení na vyhlídkových plošinách

Užité zatížení			
	[kN/m ²]	zat. šířka	[kN/m]
		[m]	
Schodiště	5,00	0,85	4,25
Plošiny +55,77m, +60,06m	5,00	1,05	5,25
Plošina +30,03m	5,00	1,70	8,5
Zábradlí plošin			0,9

Tab. č. 6: Užité zatížení

2.3. Proměnné

Lokalita Jijoca de Jericoacoara, Brazílie

2.3.1. Sníh

Zatížení sněhem v této lokalitě nebude uvažováno, poněvadž je rovno nule.

2.3.2. Teplota

Vzhledem k nedostatku podkladů k dané lokalitě byl zvolen postup takový, že byla zvolena podobná lokalita na jihu Evropy, konkrétně jih Španělska. T_{max} byla pak volena jako 52°C . Zvolená lokalita spadá do zóny 6 pro vyčtení minimální teploty z tabulky, hodnota T_{min} byla stanovena na -6°C .

Při předpokladu, že konstrukce bude montována při teplotě minimálně 15°C je výpočet následující:

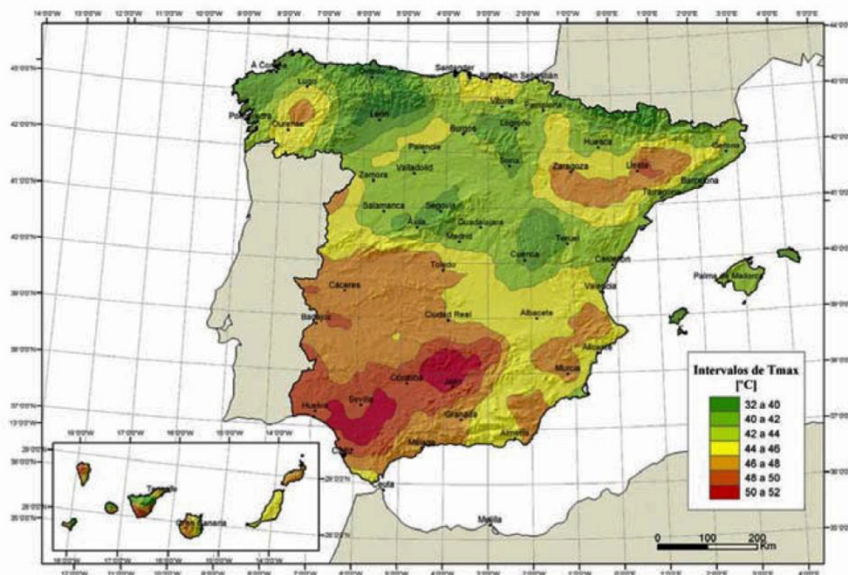


Figura AN.1– Isotermas de la temperatura máxima anual del aire, $T_{m\acute{a}x}$. [$^{\circ}\text{C}$]

Obrázek 5.: Maximální teploty pro Španělsko dle EN 1991-1-5, španělská národní příloha

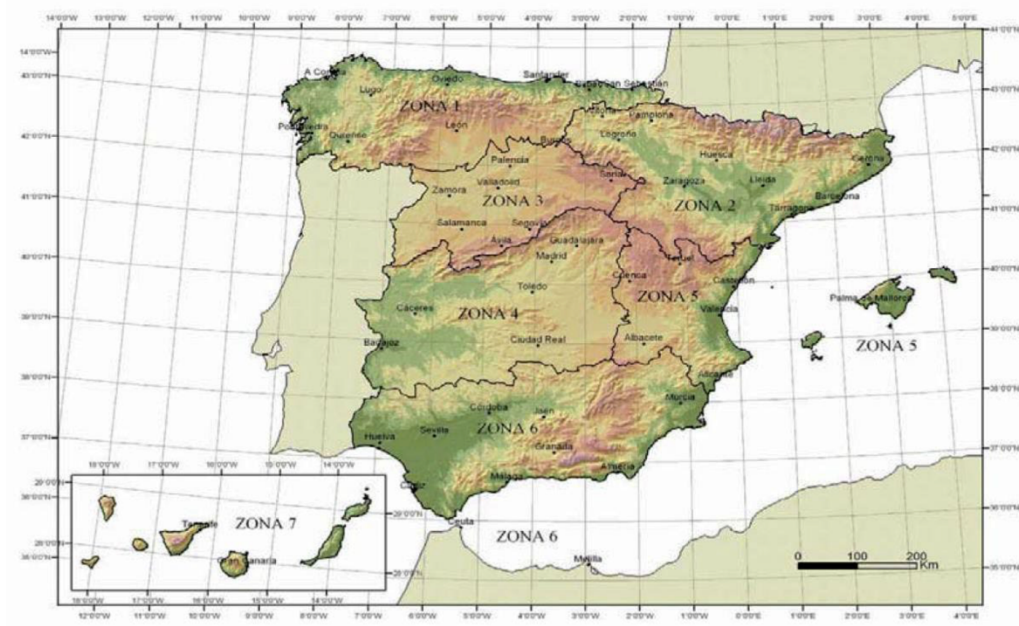


Figura AN.2 – Zonas climáticas de invierno

Obrázek 6.: Klimatické zóny Španělska dle EN 1991-1-5, španělská národní příloha

Tabla AN.1 – Temperatura mínima anual del aire, T_{\min} . [°C]

Altitud [m]	Zona de clima invernal (según figura AN.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1 000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1 200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1 400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1 600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1 800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2 000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

Obrázek 7.: Minimální teploty vzduchu pro klimatické zóny dle EN 1991-1-5, španělská národní příloha

Při předpokladu, že konstrukce má povrch jasně bílý ($T_3 = 18^\circ \text{C}$) výpočet následující:

$$T_{out} = T_{max} + T_3 = 52 + 18 = 70^\circ \text{C}$$

Dalším předpokladem je, že konstrukce bude montována při teplotě minimálně 15°C .

$$\Delta T = T_{out} - 15 = 55^\circ \text{C}$$

Po předběžném návrhu bylo zjištěno, že zatížení teplotou může být v kombinacích zanedbáno, poněvadž jeho vliv není rozhodující a jeho vliv je do pěti procent.

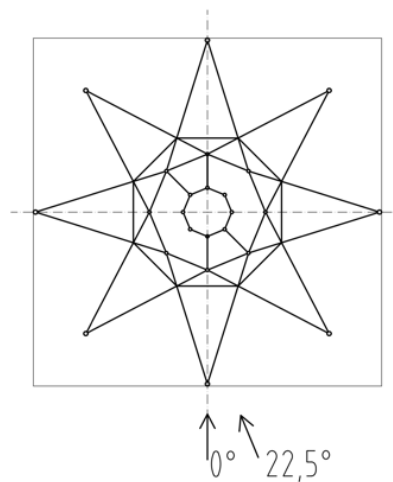
2.3.3. Větr dle ČSN EN 1991-1-4

Zatížení větrem bylo spočítáno v rámci PC03.

Základní rychlost větru v_0 pro výpočet zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4 (Obecná zatížení – Zatížení větrem) je vypočítána na základě základní rychlosti větru V_0 dle brazilské normy ABNT NBR 6123:1988.

- Základní rychlost větru V_0 dle ABNT NBR 6123:1988 je definována jako třísekundová rychlost větru s pravděpodobností překročení 1x za 50 let, ve výšce 10 metrů nad terénem, v plochem a rovném terénu.
- Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0}$ dle ČSN EN 1991-1-4 je závislá na základní rychlosti větru v_0 , která je definována jako rychlost větru ve výšce deset metrů nad zemí v terénu kategorie II, definovaná jako funkce směru a větru ročního období.

ZJEDNODUŠENÍ OSMÍÚHELNÍKU NA ČTVEREC



Obrázek 8.: Schéma směru větru na konstrukci

Základní rychlost větru

- Základní rychlost větru dle ABNT NBR 6123:1988 $V_0 = 35 \text{ m/s}$

Pro stanovení v_0 je třeba odvodit $\bar{V}_{10min,II(10)}$ pomocí vzorce:

$$\bar{V}_{10min,II(10)} \cdot S_1 \cdot S_3 = 0,69 \cdot V_0 \cdot S_1 \cdot S_3 = V_p$$

kde:

$V_0 = 35 \text{ m/s}$, základní rychlost větru dle ABNT NBR 6123:1998

$S_1 = 1,0$, součinitel topografie dle ABNT NBR 6123:1998

$S_3 = 1,0$, součinitel pravděpodobnosti dle ABNT NBR 6123:1998

V_p , návrhová rychlost větru dle ABNT NBR 6123:1998

$$\bar{V}_{10min,II(10)} = 24,15 \text{ m/s}$$

Výše stanovenou hodnotu $\bar{V}_{10min,II(10)}$ budeme uvažovat jako ekvivalent hodnoty $v_{b,0}$.

Výchozí základní rychlost větru:

$$v_b = v_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} = 24,15 \text{ m/s}$$

kde:

$v_{b,0} = 24,15 \text{ m/s}$, základní rychlost větru

$C_{dir} = 1,0$, součinitel směru větru

$C_{season} = 1,0$, součinitel ročního období

Charakteristická střední rychlost větru

Kategorie terénu I – Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbanou vegetací a bez překážek (ČSN EN 1991-1-4, tabulka 4.1)

$h = 66,06 \text{ m}$, výška objektu

$z_{min} = 1,0 \text{ m}$, minimální výška pro kategorii terénu I

$z_{max} = 200 \text{ m}$, maximální výška pro kategorii terénu I

$z_0 = 0,01 \text{ m}$, parametr drsnosti terénu pro kategorii terénu I

$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$, parametr drsnosti terénu pro kategorii terénu II

$c_0(z) = 1,0$, součinitel orografie

k_r , součinitel terénu:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,17$$

$c_r(z)$, součinitel drsnosti terénu:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

$v_m(z)$, charakteristická střední rychlost větru:

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

Maximální dynamický tlak

$k_1 = 1,0$, součinitel turbulence

$l_v(z)$, intenzita turbulence:

$$l_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)}$$

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

$q_p(z)$, maximální dynamický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

q_b , základní dynamický tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 364,51 \text{ Pa}$$

$c_e(z)$, součinitel expozice:

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}$$

Vítr pro jiné pravděpodobnostní překročení

$K = 0,2$, parametr tvaru závisící na variačním koeficientu extrémních hodnot

$n = 0,5$

Překročení 1x za 50 let:

$$p = \frac{1}{n} = 0,05$$

$$c_{prob} = \left[\frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right]^n = 1,0$$

Úroveň	Výška	Výška panelu	Součinitel drsnosti terénu	Sřední rychlost větru	Intenzita turbulence	Maximální dynamický tlak	Součinitel expozice
	z [m]	h_i [mm]	$c_r(z)$	$v_m(z)$ [m/s]	$I_v(z)$	$q_p(z)$ [kN/m ²]	$c_e(z)$
Ježíš	74,060	8000	1,513	36,5	0,112	1,489	4,085
Ježíš pod	66,060	6000	1,493	36,1	0,114	1,459	4,004
A	60,060	8580	1,477	35,7	0,115	1,435	3,936
B	51,480	8580	1,451	35,0	0,117	1,396	3,829
C	42,900	8580	1,420	34,3	0,120	1,350	3,703
D	34,320	4290	1,382	33,4	0,123	1,295	3,552
E	30,030	4290	1,359	32,8	0,125	1,262	3,463
F	25,740	8580	1,333	32,2	0,127	1,225	3,361
G	17,160	8580	1,264	30,5	0,134	1,130	3,101
H	8,580	8580	1,147	27,7	0,148	0,976	2,677

Tab. č. 7: Parametry pro výpočet součinitele expozice

2.3.3.1. Součinitel konstrukce dle ČSN EN 1991-1-4, příloha B

z_s , referenční výška:

$$z_s = 0,6 \cdot h = \mathbf{44,44 \text{ m}} \quad \rightarrow \text{pro } h \geq z_{\min}$$

$c_r(z_s)$, součinitel drsnosti terénu:

$$c_r(z_s) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_s}{z_0}\right) = \mathbf{1,43}$$

$c_o(z_s) = c_o(z) = 1,0$, součinitel orografie

$l_v(z_s)$, intenzita turbulence:

$$l_v(z_s) = \frac{k_1}{c_0(z_s) \cdot \ln\left(\frac{z_s}{z_0}\right)} = \mathbf{0,12}$$

$v_m(z_s)$, střední rychlost větru:

$$v_m(z_s) = c_r(z_s) \cdot c_o(z_s) \cdot v_b = \mathbf{34,43 \text{ m/s}}$$

Turbulence větru

$z_t = 200 \text{ m}$, referenční výška

$L_t = 300 \text{ m}$, referenční měřítko délky

$\alpha = 0,44$

$L(z_s)$, měřítko délky turbulence:

$$L(z_s) = L_t \cdot \left(\frac{z}{z_t}\right)^\alpha = \mathbf{154,82 \text{ m}}$$

$\eta_{1,x} = n = 1,88$, základní vlastní frekvence

$f_L(z_s, n)$, bezrozměrná vlastní frekvence:

$$f_L(z_s, n) = \frac{n \cdot L(z_s)}{v_m(z_s)} = 8,45$$

$S_L(z, n)$, bezrozměrná výkonová spektrální hustota:

$$S_L(z_s, n) = \frac{n \cdot S_v(z_s)}{\sigma_v^2} = \frac{6,8 \cdot f_L(z_s, n)}{(1 + 10,2 \cdot f_L(z_s, n))^{5/3}} = 0,034$$

kde:

$S_v(z_s)$, jednostranné spektrum rozptylu

Součinitel odezvy pozadí

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{b+h}{L(z_s)}\right)^{0,63}} = 0,62$$

kde:

b = 7,6 m, šířka konstrukce ve dvou třetinách výšky

h = 74,06 m, výška konstrukce

$\delta_s = 0,03$, logaritmický dekrement útlumu konstrukce → dle ČSN EN 1991-1-4 (F.5: hodnota pro ocelové příhradové věže s vysokopevnostními šrouby)

$\delta_d = 0$, logaritmický dekrement útlumu tlumiče

δ_a , logaritmický dekrement aerodynamického útlumu:

$$\delta_a = \frac{\rho \cdot c_f \cdot v_m(z_s)}{2 \cdot \eta_1 \cdot \mu_e} = 0,056$$

kde:

μ_e , ekvivalentní hmotnost na jednotku délky konstrukce

Úroveň	Výška	Výška panelu	Počet styčnicků v poli	Výtahová šachta	V jednom styčnicku od výtahové šachty	Podesty	V jednom styčnicku od podesty	Schodiště od reakce	Vyhlídkové plošiny
	z	h _i		[kN]	[kN]		[kN]		
	[m]	[mm]							
Ježíš	74,060	8000							
Ježíš pod	66,060	6000	16	23,75	1,48				31,59
A	60,060	8580	16	23,75	1,48	15,87	0,99	54,40	31,59
B	51,480	8580	16	23,75	1,48	15,87	0,99	54,40	
C	42,900	8580	16	23,75	1,48	15,87	0,99	54,40	
D	34,320	4290	8	11,88	1,48	7,94	0,99	27,20	67,95
E	30,030	4290	8	11,88	1,48	7,94	0,99	27,20	
F	25,740	8580	16	23,75	1,48	15,87	0,99	54,40	
G	17,160	8580	16	23,75	1,48	15,87	0,99	54,40	
H	8,580	8580	16	23,75	1,48	15,87	0,99	54,40	

Tab. č. 8.: Hmotnost prvků

Úroveň	Hmotnost konstrukce	Hmotnost dílce	Vlastní tvar ϕ_i	c _{ref} * A _{ref} * V _m * ϕ^2	m * ϕ^2
	[kg]	[kg]			
Ježíš	3000,000	3000,000	7,500	55282,14	168750,00
Ježíš pod	800,000	6334,033	6,150	56268,83	239568,98
A	11000,000	23561,489	5,150	77858,06	624909,60
B	7840,000	17242,489	4,800	55404,76	397266,96
C	8550,000	17952,489	4,000	48806,08	287239,83
D	8182,000	19678,245	3,200	25883,73	201505,23
E	3370,000	8071,245	2,650	9741,38	56680,32
F	10100,000	19502,489	1,750	11840,74	59726,37
G	10350,000	19752,489	0,800	3007,24	12641,59
H	11950,000	21352,489	0,200	162,76	854,10
Suma				344255,72	2049142,98

Tab. č. 9.: Hodnoty pro výpočet logaritmického dekrementu aerodynamického útlumu

δ , celkový logaritmický dekrement útlumu:

$$\delta = \delta_s + \delta_d + \delta_a = 0,086$$

Rezonanční část odezvy

Aerodynamické admitance:

$$\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, \eta_{1x}) = 18,6$$

$$\eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, \eta_{1x}) = 1,91$$

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_h}) = 0,027$$

$$R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_b}) = 0,268$$

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, \eta_{1x}) \cdot R_h(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b) = 0,014$$

v, frekvence přechodů s kladnou směrnici:

$$v = \eta_{1x} \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} = 0,277$$

T = 600s, doba integrace

 k_p , součinitel maximální hodnoty:

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} = 3,386, \text{ nebo } k_p = 3 \rightarrow \text{použije se větší z hodnot}$$

$$k_p = 3,386$$

Součinitel konstrukce $c_s c_d$ c_s , součinitel velikosti konstrukce:

$$c_s = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot l_v(z_s) \cdot (B^2)^{0,5}}{1 + 7 \cdot l_v(z_s)} = 0,893$$

 c_d , dynamický součinitel:

$$c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot l_v(z_s) \cdot (B^2 + R^2)^{0,5}}{1 + 7 \cdot l_v(z_s) \cdot (B^2)^{0,5}} = 0,991$$

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot l_v(z_s) \cdot (B^2 + R^2)^{0,5}}{1 + 7 \cdot l_v(z_s)} = 0,897$$

2.3.3.2. Součinitel konstrukce dle ČSN EN 1991-1-4, příloha C z_s , referenční výška:

$$z_s = 0,6 \cdot h = 44,44 \text{ m} \quad \rightarrow \text{pro } h \geq z_{\min}$$

 $c_r(z_s)$, součinitel drsnosti terénu:

$$c_r(z_s) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_s}{z_0}\right) = 1,43$$

 $c_o(z_s) = c_o(z) = 1,0$, součinitel orografie $l_v(z_s)$, intenzita turbulence:

$$l_v(z_s) = \frac{k_1}{c_0(z_s) \cdot \ln\left(\frac{z_s}{z_0}\right)} = 0,12$$

 $v_m(z_s)$, střední rychlost větru:

$$v_m(z_s) = c_r(z_s) \cdot c_o(z_s) \cdot v_b = 34,43 \text{ m/s}$$

Turbulence větru

$z_t = 200$ m, referenční výška

$L_t = 300$ m, referenční měřítko délky

$\alpha = 0,44$

$L(z_s)$, měřítko délky turbulence:

$$L(z_s) = L_t \cdot \left(\frac{z}{z_t}\right)^\alpha = 154,82 \text{ m}$$

$\eta_{1,x} = n = 1,88$, základní vlastní frekvence

$f_L(z, n)$, bezrozměrná vlastní frekvence:

$$f_L(z_s, n) = \frac{n \cdot L(z_s)}{v_m(z_s)} = 4,99$$

$S_L(z, n)$, bezrozměrná výkonová spektrální hustota:

$$S_L(z_s, n) = \frac{n \cdot S_v(z_s)}{\sigma_v^2} = \frac{6,8 \cdot f_L(z_s, n)}{(1 + 10,2 \cdot f_L(z_s, n))^{5/3}} = 0,047$$

Součinitel odezvy pozadí

$$B^2 = \frac{1}{1 + 1,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{b}{L(z_s)}\right)^2 + \left(\frac{h}{L(z_s)}\right)^2 + \left(\frac{b}{L(z_s)} \cdot \frac{h}{L(z_s)}\right)^2}} = 0,58$$

kde:

$b = 7,6$ m, šířka konstrukce ve dvou třetinách výšky

$h = 74,06$ m, výška konstrukce

$\delta = 0,086$, celkový logaritmický dekrement útlumu

Redukční funkce

$c_y = 11,5$, konstanta doznívání

$c_z = 11,5$, konstanta doznívání

$$\phi_y = \frac{c_y \cdot b \cdot \eta_{1,x}}{v_m(z_s)} = 2,82, \quad \phi_z = \frac{c_z \cdot h \cdot \eta_{1,x}}{v_m(z_s)} = 27,46$$

$G_y = 0,5$, konstanta dle tabulky C.1 – konstantní tvar doznívání

$G_z = 0,278$, konstanta dle tabulky C.1 – parabolický tvar kmitání

$$K_s(n) = \frac{1}{1 + \sqrt{(G_y \cdot \phi_y)^2 + (G_z \cdot \phi_z)^2 + \left(\frac{2}{\pi} \cdot G_y \cdot \phi_y \cdot G_z \cdot \phi_z\right)^2}} = 0,087$$

Rezonanční část odezvy

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, \eta_{1,x}) \cdot K_s(n) = 0,238$$

v , frekvence přechodů s kladnou směrnici:

$$v = \eta_{1,x} \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} = 0,598$$

$T = 600$ s, doba integrace

k_p , součinitel maximální hodnoty:

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} = 3,605, \text{ nebo } k_p = 3 \rightarrow \text{použije se větší z hodnot}$$

$$k_p = 3,605$$

Součinitel konstrukce $c_s c_d$

c_s , součinitel velikosti konstrukce:

$$c_s = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot l_v(z_s) \cdot (B^2)^{0,5}}{1 + 7 \cdot l_v(z_s)} = 0,902$$

c_d , dynamický součinitel:

$$c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot l_v(z_s) \cdot (B^2 + R^2)^{0,5}}{1 + 7 \cdot l_v(z_s) \cdot (B^2)^{0,5}} = 1,087$$

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot l_v(z_s) \cdot (B^2 + R^2)^{0,5}}{1 + 7 \cdot l_v(z_s)} = 0,969$$

Pro následující výpočty se bude uvažovat součinitel konstrukce $c_s c_d$, který byl vypočítán dle přílohy B $\rightarrow c_s c_d = 0,897$

2.3.3.3. Celkový tvarový součinitel c_f

Postup dle ČSN EN 1993-3-1, (Stožáry a komíny) B.2.1.3

$$c_f = c_{f,S} + c_{f,A}$$

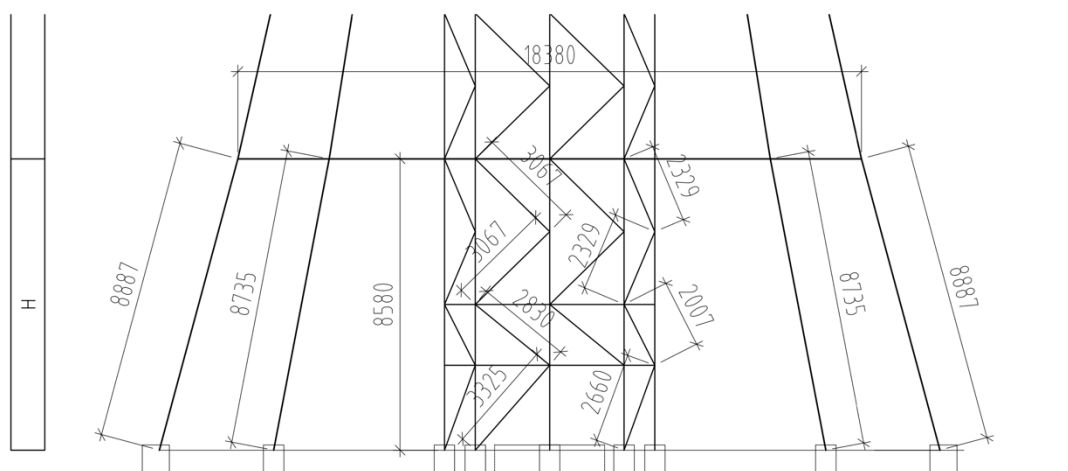
kde:

$c_{f,S}$, tvarový součinitel na holou část konstrukce s použitím součinitele plnosti φ

$c_{f,A}$, tvarový součinitel příslušenství

Tvarový součinitel konstrukčních prvků $c_{f,S}$

$$c_{f,S} = K_\theta \cdot c_{f,S,0} \cdot \frac{A_s}{\sum A}$$



Obrázek 9.: Délky prvků v díle H

Princip výpočtu délky prvků na běžný metr:

$$l_{\text{nárožníky},H} = \frac{(8887 + 8735) \cdot 2 + 8580}{8580} = 5108 \text{ mm}$$

$$l_{\text{vnitřní nárožníky},H} = \frac{8580 \cdot 5}{8580} = 5000 \text{ mm}$$

$$l_{\text{diagonály},H} = \frac{2660 \cdot 2 + 3325 + (2007 + 2830) \cdot 2 + (2329 + 3067) \cdot 4}{8580} = 4650 \text{ mm}$$

$$l_{\text{horizontály},H} = \frac{18380}{8580} = 2142 \text{ mm}$$

Úroveň	Délka prvků na běžný metr				
	Výška nad terénem	Nárožníky	Vnitřní nárožníky	Diagonály	Horizontály
	[m]	[m/m']	[m/m']	[m/m']	[m/m']
Ježíš	72,060				
Ježíš pod	66,060		5,000		
A	60,060	5,000	5,000	5,030	0,793
B	51,480	5,003	5,000	5,030	1,630
C	42,900	5,012	5,000	5,030	1,855
D	34,320	5,027	5,000	5,030	2,125
E	30,030	5,027	5,000	5,030	
F	25,740	5,048	5,000	5,030	1,332
G	17,160	5,075	5,000	5,030	1,692
H	8,580	5,108	5,000	4,650	2,142

Tab. č. 10.: Délky prvků na běžný metr

v, maximální rychlost větru:

$$v(z) = \sqrt{\frac{2 \cdot q_p(z)}{\rho}}$$

Re, Reynoldsovo číslo:

$$Re = \frac{\phi \cdot v}{\nu}$$

kde:

 ϕ , průměr trubky $\nu = 0,000015 \text{ m}^2/\text{s}$, kinematická viskozita vzduchu

Dílce s kruhovým průřezem:

 $Re \leq 4 \cdot 10^5 \rightarrow$ podkritický režim $Re \geq 4 \cdot 10^5 \rightarrow$ nadkritický režim

Úroveň	Výška nad terénem [m]	Maximální rychlost větru v [m/s]	Průměry/šířky prvků, Reynoldsovo číslo												
			Nárožníky			Vnitřní nárožníky			Diagonály			Ztužení hvězdicové			
			průměr/šířka [mm]	Re	režim	průměr/šířka [mm]	Re	režim	průměr/šířka [mm]	Re	režim	průměr/šířka [mm]	Re	režim	
Ježíš	74,060	48,811													
Ježíš pod	66,060	48,322				114,00	367250,47	podkritický							
A	60,060	47,915	178,00	568592,31	nadkritický	168,30	537607,22	nadkritický	76,00	242769,75	podkritický				
B	51,480	47,255	178,00	560759,54	nadkritický	168,30	530201,30	nadkritický	76,00	239425,42	podkritický				
C	42,900	46,473	219,00	678510,44	nadkritický	168,30	521430,63	nadkritický	76,00	235464,81	podkritický	60,30	186822,74	podkritický	
D	34,320	45,515	219,00	664519,43	nadkritický	168,30	510678,63	nadkritický	76,00	230609,48	podkritický	60,30	182970,42	podkritický	
E	30,030	44,941	219,00	656134,41	nadkritický	168,30	504234,80	nadkritický	76,00	227699,61	podkritický	89,00	266648,23	podkritický	
F	25,740	44,277	273,00	805838,96	nadkritický	168,30	496786,44	nadkritický	76,00	224336,12	podkritický	89,00	262709,40	podkritický	
G	17,160	42,526	273,00	773975,00	nadkritický	168,30	477142,83	nadkritický	76,00	215465,57	podkritický	70,00	198455,13	podkritický	
H	8,580	39,515	273,00	719181,03	nadkritický	168,30	443363,25	nadkritický	76,00	200211,57	podkritický	102,00	268705,00	podkritický	

Tab. č. 11.: Reynoldsovo číslo

Princip výpočtu průmětu ploch prvků na běžný metr:

 $A = \text{průměr(šířka)} \cdot \text{délka na běžný metr}$

Úroveň	Výška nad terénem	Průměty ploch prvků					Ploché prvky	Kruhové prvky v podkritickém režimu	Kruhové prvky v nadkritickém režimu	Součet
		Nárožníky	Vnitřní nárožníky	Diagonály	Horizontály	Styčnickové plechy				
		[m]	[m ² /m'	[m ² /m'	[m ² /m'	[m ² /m'				
Ježiš	74,06									
Ježiš pod	66,06		0,570			0,020	0,020	0,570	0,000	0,590
A	60,060	0,890	0,842	0,382	0,000	0,050	0,050	1,224	0,890	2,164
B	51,480	0,890	0,842	0,382	0,000	0,050	0,050	1,224	0,890	2,164
C	42,900	1,098	0,842	0,382	0,112	0,050	0,050	1,336	1,098	2,483
D	34,320	1,101	0,842	0,382	0,128	0,050	0,050	1,352	1,101	2,503
E	30,030	1,101	0,842	0,382	0,000	0,050	0,050	1,224	1,101	2,375
F	25,740	1,378	0,842	0,382	0,119	0,050	0,050	1,342	1,378	2,771
G	17,160	1,386	0,842	0,382	0,118	0,050	0,050	1,342	1,386	2,778
H	8,580	1,394	0,842	0,353	0,219	0,050	0,050	1,413	1,394	2,858

Tab. č. 12.: Průměty ploch prvků

$$c_{f,s,0} = c_{f,0,f} \cdot \frac{A_f}{A_S} + c_{f,0,c} \cdot \frac{A_c}{A_S} + c_{f,0,c,sup} \cdot \frac{A_{c,sup}}{A_S}$$

$$= c_{f,0,f} \cdot \frac{A_f}{A_S} + c_{f,0,N} \cdot \frac{A_N}{A_S} + c_{f,0,VN} \cdot \frac{A_{VN}}{A_S} + c_{f,0,D} \cdot \frac{A_D}{A_S} + c_{f,0,H} \cdot \frac{A_H}{A_S}$$

$$c_{f,0,f} = 1,76 \cdot C_1 \cdot [1 - C_2 \cdot \varphi + \varphi^2]$$

$$c_{f,0,c} = C_1 \cdot (1 - C_2 \cdot \varphi) + (C_1 + 0,875) \cdot \varphi^2$$

$$c_{f,0,c,sup} = 1,9 - \sqrt{\{(1 - \varphi) \cdot (2,8 - 1,14 \cdot C_1 + \varphi)\}}$$

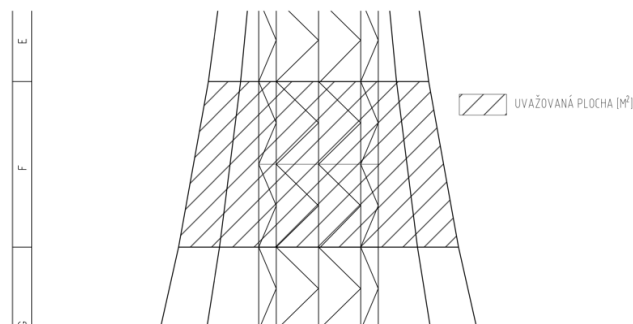
kde:

 $C_1 = 2,25$ pro čtvercovou konstrukci $C_2 = 1,5$ čtvercovou konstrukci $\varphi = \frac{A}{A_c}$, součinitel plnosti zohledňující součet průmětů ploch prvků do čelní plochy ku celkové

ploše ohraničené kraji čelní plochy

Úroveň	šířka konstrukce	plocha kce	součinitel plnosti kce
	b		
	[m]		
Ježiš	1,00		
Ježiš pod	2,600	4,040	0,146
A	9,800	7,220	0,293
B	7,200	7,186	0,301
C	8,400	8,344	0,298
D	13,300	12,094	0,207
E	11,440	10,853	0,219
F	13,000	12,976	0,214
G	16,450	16,450	0,169
H	21,000	20,696	0,138

Tab. č. 13.: Součinitel plnosti konstrukce



Obrázek 10.: Schéma k výpočtu součinitele plnosti konstrukce

Princip výpočtu plochy konstrukce na běžný metr:

$$A_{s,F} = \frac{111,33 (= \text{uvažovaná plocha, odměřeno v AutoCadu})}{8,58 (= \text{výška panelu})} = 12,97 \text{ m}^2$$

Úroveň	Výška nad terénem [m]	Ekvivalentní drsnost povrchu k [mm]	Tvarové součinitele konstrukčních prvků					Celkový tvarový součinitel $c_{ts,0}$
			Ploché prvky $c_{f0,f}$	Nárožníky $c_{f0,N}$	Vnitřní nárožníky $c_{f0,VN}$	Diagonály $c_{f0,D}$	Horizontály $c_{f0,H}$	
Ježíš	74,060	0,200						
Ježíš pod	66,060	0,200	2,000	0,900	1,836	2,250	2,250	1,842
A	60,060	0,200	2,000	0,922	1,899	2,080	2,250	1,532
B	51,480	0,200	2,000	0,922	1,898	2,079	2,250	1,531
C	42,900	0,200	2,000	0,924	1,941	2,102	2,205	1,530
D	34,320	0,200	2,000	0,915	2,030	2,146	2,215	1,566
E	30,030	0,200	2,000	0,917	2,007	2,135	2,250	1,522
F	25,740	0,200	2,000	0,918	2,044	2,153	2,219	1,506
G	17,160	0,200	2,000	0,914	2,086	2,173	2,226	1,517
H	8,580	0,200	2,000	0,910	2,118	2,193	2,215	1,543

Tab. č. 14.: Tvarový součinitel konstrukčních prvků

K_θ , součinitel úhlu náběhu:

$$K_\theta = 1 + K_1 \cdot K_2 \cdot \sin^2 2\theta \rightarrow \text{pro případ čtvercových konstrukcí}$$

kde:

$$K_1 = \frac{0,55 \cdot A_f}{A_s} + \frac{0,8 \cdot (A_c + A_{c,sup})}{A_s}$$

$$K_2 = 0,2 \text{ pro } 0 \leq \varphi \leq 0,2 \text{ a } 0,8 \leq \varphi \leq 1,0$$

$$= \varphi \text{ pro } 0,2 \leq \varphi \leq 0,5$$

$$= 1 - \varphi \text{ pro } 0,5 \leq \varphi \leq 0,8$$

Úroveň	Výška nad terénem [m]	K_1	K_2	K_θ	$K_\theta \cdot c_{ts,0}$ c_{ts}
Ježíš	74,060				
Ježíš pod	66,060	0,792	0,200	1,000	1,842
A	60,060	0,794	1,000	1,000	1,532
B	51,480	0,794	1,000	1,000	1,531
C	42,900	0,795	0,200	1,000	1,530
D	34,320	0,795	0,207	1,000	1,566
E	30,030	0,795	0,219	1,000	1,522
F	25,740	0,795	0,200	1,000	1,506
G	17,160	0,796	0,200	1,000	1,517
H	8,580	0,796	0,200	1,000	1,543

Tab. č. 15.: Celkový tvarový součinitel konstrukčních prvků pro směr větru 0°

Úroveň	Výška nad terénem [m]	K ₁	K ₂	K _θ	K _θ * c _{ts,0}
					c _{ts}
Ježíš	74,060				
Ježíš pod	66,060	0,792	0,200	1,115	2,053
A	60,060	0,794	1,000	1,575	2,412
B	51,480	0,794	1,000	1,575	2,411
C	42,900	0,795	0,200	1,115	1,706
D	34,320	0,795	0,000	1,000	1,566
E	30,030	0,795	0,000	1,000	1,522
F	25,740	0,795	0,200	1,115	1,679
G	17,160	0,796	0,200	1,115	1,692
H	8,580	0,796	0,200	1,115	1,721

Tab. č. 16.: Celkový tvarový součinitel konstrukčních prvků pro směr větru 22,5°

Tvarový součinitel příslušenství c_{f,A}

$$c_{f,A,liniové} = K_A \cdot c_{f,A,0} \cdot \sin^2 \psi$$

kde:

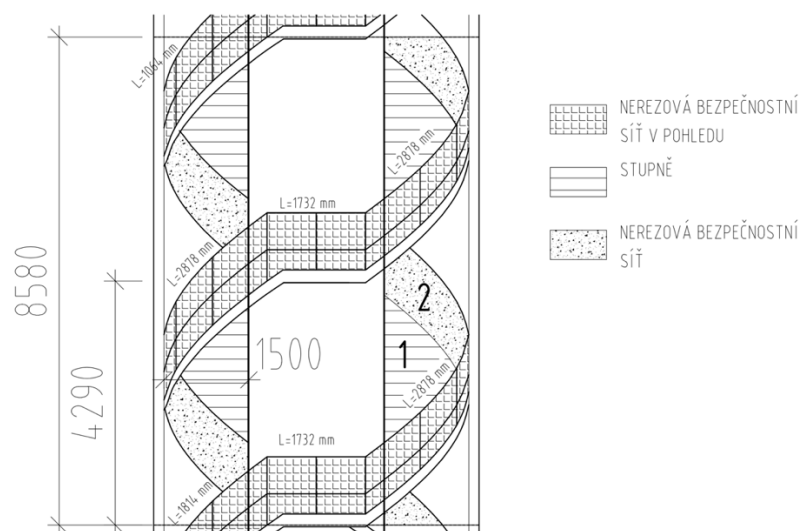
ψ, úhel směru větru k podélné ose liniového prvku

K_A = 1,0, redukční součinitel zohledňující stínění komponent vlastní konstrukcíc_{f,A,0}, tvarový součinitel dle ČSN EN 1993-3-1, tabulky B.2.1

Prvek	průměr φ [mm]	délka [m]	výška [m]	počet kusů	plocha [m ²]	A _i [m ² /m ³]
Zábradlí TR φ	51	29,952				0,178
Sloupky TR φ	51		1,2	14		0,100
Bezpečnostní síť					11,55	0,135
Schodnice		14,976	0,3			0,524
Stupně					6,141	0,716
Síť za pohledem					6,249	0,728
SA_i						2,380

Tab. č. 17.: Návětrná plocha schodiště

Bezpečnostní nerezová síť je uvažována s rozměry oka 40x40 mm a tloušťkou lana 2 mm. Čistá plocha lan v jednom metru čtvereční bezpečnostní sítě je 0,1 m².



Obrázek 11.: Schéma pro výpočet návětrné plochy schodiště

v , maximální rychlost větru:

$$v(z) = \sqrt{\frac{2 \cdot q_p(z)}{\rho}}$$

Re, Reynoldsovo číslo:

$$Re = \frac{\phi \cdot v}{\nu}$$

kde:

ϕ , průměr trubky

$\nu = 0,000015 \text{ m}^2/\text{s}$, kinematická viskozita vzduchu

Určení tvarového součinitele trubkových prvků na základě Reynoldsova čísla:

Úroveň	Maximální rychlost větru	Re		
	v [m/s]	zábradlí svislé	zábradlí vodorovné	TR schodiště
		Ježiš	48,811	
Ježiš pod	48,322	164296	164296	164296
A	47,915	162911	162911	162911
B	47,255			160667
C	46,473			158009
D	45,515	154751	154751	154751
E	44,941			152798
F	44,277			150541
G	42,526			144589
H	39,515			134352

Tab. č. 18.: Reynoldsovo číslo schodišťových prvků

Úroveň	Tvarový součinitel			
	schodiště			tubus
	TR	ploché	sít'	
	$c_{fA,0}$	$c_{fA,1}$	$c_{fA,2}$	$c_{fA,0}$
Ježiš				
Ježiš pod	1,000	2,000	1,200	2,000
A	1,000	2,000	1,200	2,000
B	1,000	2,000	1,200	2,000
C	1,050	2,000	1,200	2,000
D	1,050	2,000	1,200	2,000
E	1,040	2,000	1,200	2,000
F	1,040	2,000	1,200	2,000
G	1,040	2,000	1,200	2,000
H	1,080	2,000	1,200	2,000

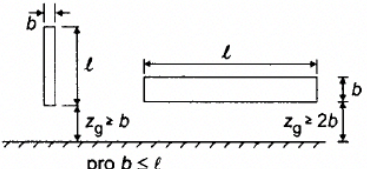
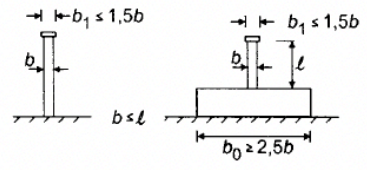
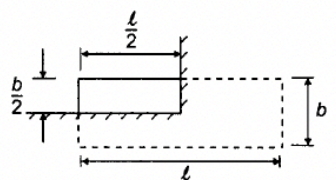
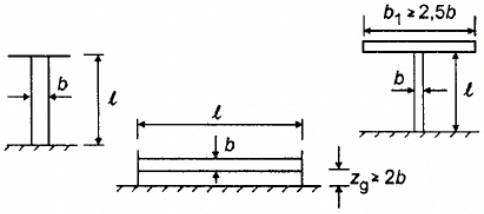
Tab. č. 19.: Tvarový součinitel

Plošina	Výška nad terénem [m]	Zábradlí svislé				Zábradlí vodorovné				Bezpečnostní síť				Nášlapná plocha			Plocha celkem [m ²]
		Profil [mm]	Délka [mm]	Počet	Plocha [m ²]	Profil [mm]	Délka [mm]	Počet	Plocha [m ²]	Výška [mm]	Délka [mm]	Plocha [m ²]	Plocha lan [m ²]	Výška [mm]	Délka [mm]	Plocha [m ²]	
		JP	66,060	51	1200	20	1,224	51	9800	2	0,9996	1200	9800	11,76	1,176	400	
A	60,060	51	1200	20	1,224	51	9800	2	0,9996	1200	9800	11,76	1,176	400	9800	3,92	7,3196
D	34,320	51	3000	30	4,59	51	13300	3	2,0349	3000	13300	39,9	3,99	400	13300	5,32	15,9349

Tab. č. 20.: Návětrné plochy vyhlídkových plošin

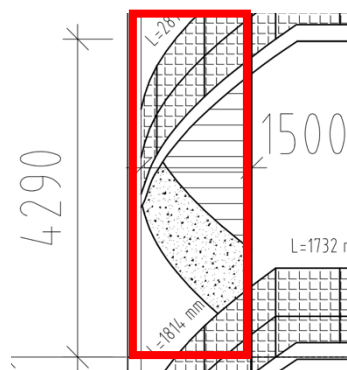
Pro část schodiště, která je na Obr. 11 označena čísly 1 a 2 se může tvarový součinitel uvažovat se součinitelem koncového efektu, který se určí následovně:

Tabulka 7.16 – Doporučené hodnoty λ pro válce, mnohoúhelníkové průřezy, obdélníkové průřezy, otevřené konstrukční průřezy a příhradové konstrukce

Č.	Poloha konstrukce, vítr kolmý k rovině strany	Efektivní štíhlost λ
1		Pro mnohoúhelníkové, obdélníkové a ostrohanné průřezy a příhradové konstrukce: pro $\ell \geq 50$ m, menší z hodnot $\lambda = 1,4\ell/b$ nebo $\lambda = 70$; pro $\ell < 15$ m, menší z hodnot $\lambda = 2\ell/b$ nebo $\lambda = 70$.
2		Pro válce s kruhovým průřezem: pro $\ell \geq 50$ m, menší z hodnot $\lambda = 0,7\ell/b$ nebo $\lambda = 70$; pro $\ell < 15$ m, menší z hodnot $\lambda = \ell/b$ nebo $\lambda = 70$.
3		Pro mezilehlé hodnoty ℓ se doporučuje použít lineární interpolaci.
4		Pro $\ell \geq 50$ m, větší z hodnot $\lambda = 0,7\ell/b$ nebo $\lambda = 70$. Pro $\ell < 15$ m, větší z hodnot $\lambda = \ell/b$ nebo $\lambda = 70$. Pro mezilehlé hodnoty ℓ se doporučuje použít lineární interpolaci.

Dle ČSN EN 1991-1-4, tabulky 7.16 se určí doporučená hodnota efektivní štíhlosti λ :

pro $l < 15$ m $\rightarrow \lambda = \frac{2l}{b}$ nebo $\lambda = 70$ (menší z hodnot)

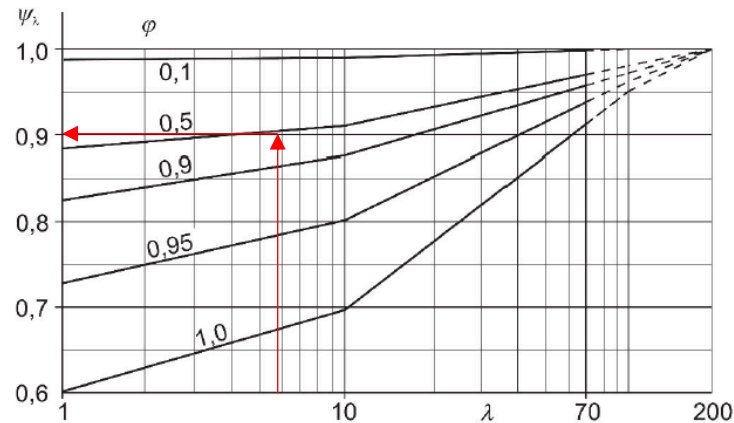


Obrázek 12.: Zjednodušená geometrie pro určení rozměrů l a b

$$\lambda = \frac{2 \cdot 4,29}{1,5} = 5,72 \text{ nebo } \lambda = 70 \rightarrow \lambda = 5,72$$

$\varphi = \frac{A}{A_c}$, součinitel plnosti (výpočet viz Obr.10)

$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{A_{\text{stupňů}}(1) + A_{\text{sítě}}(2)}{A_c} = \frac{1,52 + 1,58 \cdot 0,1(\text{plocha lan v metru}^2 \text{ sítě})}{3,1} = 0,54$$



Obrázek 7.36 – Směrné hodnoty součinitele koncového efektu ψ_λ jako funkce součinitele plnosti φ v závislosti na štíhlosti λ

Dle ČSN EN 1991-1-4, tabulky Obrázku 7.36 se určí hodnota součinitele koncového efektu ψ_λ pro stupně a síť (oblasti 1 a 2 viz Obr. 11)

$$\psi_\lambda \sim 0,9$$

Celkové tvarové součinitele $c_{f,A,0}$ jsou vypočítané jako vážené průměry plochých a kruhových prvků na základě tvarových součinitelů $c_{f,A,0}$ daných ČSN EN 1993-3-1, tabulkou B.2.1. Součinitel koncového efektu použit u plochy stupňů a sítě, která není v pohledu.

$$c_{f,A,0} = \frac{\sum c_{f,A,i} \cdot A_i}{A_A} \cdot \psi_\lambda$$

Úroveň	Výška nad terénem [m]	Návětrná plocha schodiště	Návětrná plocha tubusu	Úhel směru větru	Redukční součinitel K_A	Celkový tvarový s. $c_{EA,0}$	$K_A^* c_{EA,0} \cdot \sin^2 \psi$
		$A_{A,s}$ [m ² /m']	$A_{A,t}$ [m ² /m']	ψ [°]			c_{EA}
Ježíš	74,060						0,000
Ježíš pod	66,060		1,455	90,000	1,000	2,000	1,598
A	60,060	2,380	1,455	90,000	1,000	1,687	1,349
B	51,480	2,380	1,455	90,000	1,000	1,687	1,349
C	42,900	2,380	1,455	90,000	1,000	1,691	1,352
D	34,320	2,380	1,455	90,000	1,000	1,691	1,352
E	30,030	2,380	1,455	90,000	1,000	1,690	1,351
F	25,740	2,380	1,455	90,000	1,000	1,690	1,351
G	17,160	2,380	1,455	90,000	1,000	1,690	1,351
H	8,580	2,380	1,455	90,000	1,000	1,693	1,353

Tab. č. 21.: Celkový tvarový součinitel liniového příslušenství pro směr větru 0°

Úroveň	Výška nad terénem [m]	Návětrná plocha schodiště	Návětrná plocha tubusu	Úhel směru větru	Redukční součinitel	Celkový tvarový s.	$K_A \cdot c_{f,A,0} \cdot \sin^2 \psi$
		$A_{A,s}$ [m ² /m']	$A_{A,t}$ [m ² /m']	ψ [°]	K_A	$c_{f,A,0}$	$c_{f,A}$
Ježíš	74,060						
Ježíš pod	66,060		1,455	90,000	1,000	2,000	1,598
A	60,060	2,380	1,455	90,000	1,000	1,687	1,349
B	51,480	2,380	1,455	90,000	1,000	1,687	1,349
C	42,900	2,380	1,455	90,000	1,000	1,691	1,352
D	34,320	2,380	1,455	90,000	1,000	1,691	1,352
E	30,030	2,380	1,455	90,000	1,000	1,690	1,351
F	25,740	2,380	1,455	90,000	1,000	1,690	1,351
G	17,160	2,380	1,455	90,000	1,000	1,690	1,351
H	8,580	2,380	1,455	90,000	1,000	1,693	1,353

Tab. č. 22.: Celkový tvarový součinitel liniového příslušenství pro směr větru 22,5°

$$c_{f,A,osamělé} = K_A \cdot c_{f,A,0}$$

kde:

 $K_A = 1,0$, redukční součinitel zohledňující stínění komponent vlastní konstrukcí $c_{f,A,0}$, tvarový součinitel dle ČSN EN 1993-3-1, tabulky B.2.1

Úroveň	Výška nad terénem [m]	Návětrná plocha plošin	Návětrná plocha ježíše	Návětrná plocha střísky	Návětrná plocha na bm	Celkový tvarový s.
		A_A [m ²]	A_A [m ²]	A_A [m ²]	A_A [m ² /m]	$c_{f,A,0}$
Ježíš	74,060		17,000		2,125	1,400
Ježíš pod	66,060	7,320			1,220	1,577
A	60,060	7,320			0,853	1,583
B	51,480					
C	42,900					
D	34,320	15,935		4,750	3,714	2,005
E	30,030					
F	25,740					
G	17,160					
H	8,580					

Tab. č. 23.: Tvarové součinitele osamělého příslušenství

Celkové tvarové součinitele $c_{f,A,0}$ jsou vypočítané jako vážené průměry plochých a kruhových prvků na základě tvarových součinitelů $c_{f,A,0}$ daných ČSN EN 1993-3-1, tabulkou B.2.1

$$c_{f,A,0} = \frac{\sum c_{f,A,i} \cdot A_i}{A_A}$$

Typ prvku	Efektivní Reynoldsovo číslo Re (viz EN 1991-1-4) (viz POZNÁMKA 1)	Tvarový součinitel $c_{f,A,0}$ nebo $c_{f,G,0}$	
		Bez námrazy	S námrazou
(a) Ploché průřezy a plechy	Všechny hodnoty	2,0	2,0
(b) Kruhové průřezy a hladké dráty	$\leq 2 \times 10^5$	1,2	1,2
	4×10^5	0,6	1,0
	$> 10 \times 10^5$	0,7	1,0
(c) Hladké kabely z pramenů, např. hliníkové vodiče s ocelovým jádrem, uzavřená lana, ocelový vinutý pramen s více než sedmi dráty	Bez námrazy:		
	$\leq 6 \times 10^4$	1,2	
	$\geq 10^5$	0,9	
	S námrazou:		1,25
	$\leq 1 \times 10^5$		1,0
	$\geq 2 \times 10^5$		
(d) Hrubé kabely z pramenů, např. malá lana z drátů, lana z kruhových pramenů, ocelový vinutý pramen pouze se sedmi dráty (1 x 7)	Bez námrazy:		
	$\leq 4 \times 10^4$	1,3	
	$> 4 \times 10^4$	1,1	
	S námrazou:		1,25
	$\leq 1 \times 10^5$		1,0
	$\geq 2 \times 10^5$		
(e) Válce se šroubovicovými rozražeči s šířkou až 0,12D (viz POZNÁMKA 2)	Všechny hodnoty	1,2	1,2

POZNÁMKA 1 Pro mezilehlé hodnoty Re se $c_{f,A,0}$ má stanovit lineární interpolací.

POZNÁMKA 2 Tyto hodnoty vycházejí z celkové šířky, včetně dvojnásobku šířky rozražeče.

POZNÁMKA 3 Hodnoty pro prvky s námrazou jsou odpovídající, má-li námraza charakter ledu; má se dbát opatrnosti, jsou-li použity v případě jinovatky (viz ISO 12494).

POZNÁMKA 4 Tyto hodnoty mohou být změněny v národní příloze. ^{NP25)}

Obrázek 13.: ČSN EN 1993-3-1, tabulkou B.2.1

Úroveň	Výška nad terénem [m]	Referenční plocha	Návětrná plocha příslušenství	Návětrná plocha konstrukce	$A_A > A_S$	Redukční součinitel pro konstrukční prvky	Redukční součinitel pro příslušenství
		A_{ref} [m ² /m']	A_A [m ² /m']	A_S [m ² /m']			
Ježiš	74,060	2,125	2,125	0,000	AA > AS	1,000	1,000
Ježiš pod	66,060	3,265	2,675	0,590	AA > AS	1,000	1,000
A	60,060	6,853	4,689	2,164	AA > AS	0,800	1,000
B	51,480	6,000	3,836	2,164	AA < AS	1,000	0,800
C	42,900	6,319	3,836	2,483	AA < AS	1,000	0,800
D	34,320	10,053	7,550	2,503	AA > AS	0,800	1,000
E	30,030	6,210	3,836	2,375	AA < AS	1,000	0,800
F	25,740	6,606	3,836	2,771	AA < AS	1,000	0,800
G	17,160	6,613	3,836	2,778	AA < AS	1,000	0,800
H	8,580	6,693	3,836	2,858	AA < AS	1,000	0,800

Obrázek 14.: Redukční součinitele pro celkový tvarový součinitel osamělého příslušenství

Tvarové součinitele dle NA.4.6

$A_{ref} = A_S + \sum A_A$, referenční plocha

$c_{f,S} = c_{f,S} \cdot \frac{A_S}{A_{ref}}$, tvarový součinitel konstrukčních prvků dle NA.4.6

$$c_{f,A} = c_{f,A} \cdot \frac{A_A}{A_{ref}}, \text{ tvarový součinitel příslušenství dle NA.4.6}$$

$$c_f = c_{f,S} + c_{f,A}$$

Úroveň	Výška nad terénem [m]	Referenční plocha A_{ref} [m ² /m']	Redukované tvarové součinitele			Tvarové součinitele dle NA.4.6			Celkový tvarový součinitel	$c_{ET} \cdot A_{ref}$ [m ² /m']
			Celkový tvarový součinitel konstrukce c_{Es}	Celkový tvarový součinitel příslušenství		Celkový tvarový součinitel konstrukce c_{Es}	Celkový tvarový součinitel příslušenství			
				c_{EA} liniové	c_{EA} osamělé		c_{EA} liniové	c_{EA} osamělé		
Ježíš	74,060	2,125	0,000	0,000	1,400	0,000	0,000	1,400	1,400	2,975
Ježíš pod	66,060	3,265	1,842	1,598	1,577	0,333	0,712	0,589	1,634	5,337
A	60,060	6,853	1,225	1,349	1,583	0,387	0,755	0,197	1,339	9,175
B	51,480	6,000	1,531	1,079	0,000	0,552	0,690	0,000	1,242	7,452
C	42,900	6,319	1,530	1,081	0,000	0,601	0,656	0,000	1,257	7,946
D	34,320	10,053	1,253	1,352	2,005	0,312	0,516	0,741	1,568	15,768
E	30,030	6,210	1,522	1,081	0,000	0,582	0,668	0,000	1,250	7,760
F	25,740	6,606	1,506	1,081	0,000	0,632	0,628	0,000	1,259	8,318
G	17,160	6,613	1,517	1,081	0,000	0,637	0,627	0,000	1,264	8,361
H	8,580	6,693	1,543	1,083	0,000	0,659	0,620	0,000	1,279	8,563

Tab. č. 24.: Celkový tvarový součinitel pro směr větru 0°

Úroveň	Výška nad terénem [m]	Referenční plocha A_{ref} [m ² /m']	Redukované tvarové součinitele			Tvarové součinitele dle NA.4.6			Celkový tvarový součinitel	$c_f \cdot A_{ref}$ [m ² /m']
			Celkový tvarový součinitel konstrukce c_{Es}	Celkový tvarový součinitel příslušenství		Celkový tvarový součinitel konstrukce c_{Es}	Celkový tvarový součinitel příslušenství			
				c_{EA} liniové	c_{EA} osamělé		c_{EA} liniové	c_{EA} osamělé		
Ježíš	74,060	2,125	0,000	0,000	1,400	0,000	0,000	1,400	2,975	
Ježíš pod	66,060	3,265	2,053	1,598	1,577	0,371	0,712	0,589	1,672	5,461
A	60,060	6,853	1,930	1,349	1,583	0,609	0,755	0,197	1,561	10,699
B	51,480	6,000	2,411	1,079	0,000	0,870	0,690	0,000	1,560	9,357
C	42,900	6,319	1,706	1,081	0,000	0,670	0,656	0,000	1,327	8,383
D	34,320	10,053	1,253	1,352	2,005	0,312	0,516	0,741	1,568	15,768
E	30,030	6,210	1,522	1,081	0,000	0,582	0,668	0,000	1,250	7,760
F	25,740	6,606	1,679	1,081	0,000	0,704	0,628	0,000	1,332	8,798
G	17,160	6,613	1,692	1,081	0,000	0,711	0,627	0,000	1,338	8,846
H	8,580	6,693	1,721	1,083	0,000	0,735	0,620	0,000	1,355	9,071

Tab. č. 25.: Celkový tvarový součinitel pro směr větru 22,5°

2.3.3.4. Kritérium pro ekvivalentní statickou metodu

Dle ČSN EN 1993-3-1, B.3.1 Kritéria pro statické metody

$$\frac{7 \cdot m_T}{\rho_s \cdot c_{f,T} \cdot A_T \sqrt{d_b \cdot \tau_0}} \cdot \left(\frac{5}{6} - \frac{h_T}{h} \right)^2 < 1$$

kde:

$c_{f,T} \cdot A_T$ je součet aerodynamického odporu takového počtu panelů (včetně příslušenství), pro který platí, že $c_{f,T} \cdot A_T$ je právě menší než jedna třetina celkového součtu $c_{f,T} \cdot A_T$ pro celý stožár (v m²)

$\rho_s = 7850 \text{ kg/m}^3$, objemová hmotnost materiálu konstrukce stožáru

m_T je celková hmotnost panelů tvořících $c_{f,T}$

h je výška stožáru (v m)

h_T je celková výška panelů tvořících $c_{f,T}$, ale ne více než $h/3$

$\tau_0 = 0,001 \text{ m}$, konstanta objem/odpor

$d_b = 21,012 \text{ m}$, šířka konstrukce ve směru větru (rovno šířce konstrukce v patě pro pravoúhlé stožáry)

Úroveň	Výška nad terénem	Výška panelu	$c_{f,T} \times A_{ref}$	Hmotnost panelu
	[m]	[mm]	[m ²]	m_i [kg]
Ježíš	74,06	8000	23,80	3000
Ježíš pod	66,06	6000	32,02	6334
A	60,06	8580	78,72	23561
B	51,48	8580	63,94	17242
C	42,90	8580	68,18	17952
D	34,32	4290	67,64	19678
E	30,03	4290	33,29	8071
F	25,74	8580	71,37	19502
G	17,16	8580	71,74	19752
H	8,58	8580	73,47	21352

Součet - celkem 74060 584,2 156447
 Součet / 3 24687 194,7 52149

h_T $c_{f,T} \times A_T$ m_T
 [mm] [m²] [kg]
 22580 134,5 32896

$\rho_s =$ 7850 kg/m³
 $\tau_0 =$ 0,001 m
 $h =$ 74060 mm
 $d_b =$ 21,012 m

Tab. č. 26.: parametry pro ověření platnosti ekvivalentní statické metody

Kritérium **0,42** < **1** **kritérium je splněno**

2.3.3.5. Střední zatížení větrem $F_{m,w}(z)$

$$F_{m,w}(z) = \frac{q_p(z)}{1 + 7 \cdot I_v(z)} \cdot \sum c_{f,T} \cdot A_{ref}$$

kde:

$q_p(z)$, maximální dynamický tlak

$I_v(z)$, intenzita turbulence

$c_{f,T}$, celkový tvarový součinitel

A_{ref} , referenční plocha

Úroveň	Výška	Maximální dynamický tlak	Intenzita turbulence	$c_{f,T} \cdot A_{ref}$	Střední zatížení větrem
	z [m]	$q_p(z)$ [kN/m ²]	$I_v(z)$	[m ² /m]	$F_{m,w}(z)$ [kN/m]
Ježíš	74,060	1,489	0,112	2,975	2,481
Ježíš pod	66,060	1,459	0,114	5,337	4,337
A	60,060	1,435	0,115	9,175	7,295
B	51,480	1,396	0,117	7,452	5,717
C	42,900	1,350	0,120	7,946	5,839
D	34,320	1,295	0,123	15,768	10,977
E	30,030	1,262	0,125	7,760	5,227
F	25,740	1,225	0,127	8,318	5,388
G	17,160	1,130	0,134	8,361	4,871
H	8,580	0,976	0,148	8,563	4,104

Tab. č. 27.: Střední zatížení větrem ve směru 0°

Úroveň	Výška	Maximální dynamický tlak $q_p(z)$ [kN/m ²]	Intenzita turbulence $I_v(z)$	$c_{fT} * A_{ref}$ [m ² /m']	Střední zatížení větrem
	z [m]				$F_{m,w}(z)$ [kN/m]
Ježíš	74,060	1,489	0,112	2,975	2,481
Ježíš pod	66,060	1,459	0,114	5,461	4,438
A	60,060	1,435	0,115	10,699	8,508
B	51,480	1,396	0,117	9,357	7,179
C	42,900	1,350	0,120	8,383	6,160
D	34,320	1,295	0,123	15,768	10,977
E	30,030	1,262	0,125	7,760	5,227
F	25,740	1,225	0,127	8,798	5,700
G	17,160	1,130	0,134	8,846	5,154
H	8,580	0,976	0,148	9,071	4,347

Tab. č. 28.: Střední zatížení větrem ve směru 22,5°

2.3.3.6. Ekvivalentní nárazové zatížení stožáru $F_{T,w}(z)$

$$F_{T,w}(z) = F_{m,w}(z) \cdot \left[1 + \left(1 + 0,2 \cdot \left(\frac{z_m}{h} \right)^2 \right) \cdot \frac{(1 + 7 \cdot I_v(z)) \cdot c_s c_d - 1}{c_o(z_m)} \right]$$

kde:

 $F_{m,w}(z)$, střední zatížení větrem $I_v(z)$, intenzita turbulence z_m , výška nad terénem h , celková výška $c_s c_d = 0,897$, součinitel konstrukce dle ČSN EN 1991-1-4, Příloha B $c_o(z_m) = 1,0$, součinitel orografie

Zatěžovací stav	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a
z_m [m]	66,060	60,060	51,480	42,900	34,320	30,030	25,740	17,160	8,580	0,000
Úroveň	Ježíš	Ježíš pod	A	B	C	D	E	F	G	H
Ježíš	4,210	4,169	4,117	4,073	4,036	4,021	4,008	3,988	3,976	3,972
Ježíš pod	4,337	7,332	7,240	7,161	7,098	7,071	7,048	7,012	6,991	6,984
A	7,295	7,295	12,241	12,108	11,999	11,953	11,914	11,853	11,817	11,805
B	5,717	5,717	5,717	9,568	9,481	9,444	9,413	9,364	9,335	9,326
C	5,839	5,839	5,839	5,839	9,780	9,742	9,709	9,659	9,628	9,618
D	10,977	10,977	10,977	10,977	10,977	18,548	18,484	18,386	18,327	18,307
E	5,227	5,227	5,227	5,227	5,227	5,227	8,870	8,822	8,794	8,784
F	5,388	5,388	5,388	5,388	5,388	5,388	5,388	9,179	9,149	9,139
G	4,871	4,871	4,871	4,871	4,871	4,871	4,871	4,871	8,484	8,474
H	4,104	4,104	4,104	4,104	4,104	4,104	4,104	4,104	4,104	7,494

Tab. č. 29.: Ekvivalentní nárazové zatížení stožáru ve směru 0°

Zatěžovací stav	1b	2b	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	10b
z_m [m]	66,060	60,060	51,480	42,900	34,320	30,030	25,740	17,160	8,580	0,000
Úroveň	Ježíš	Ježíš pod	A	B	C	D	E	F	G	H
Ježíš	4,210	4,169	4,117	4,073	4,036	4,021	4,008	3,988	3,976	3,972
Ježíš pod	4,438	7,503	7,409	7,329	7,263	7,236	7,212	7,176	7,154	7,147
A	8,508	8,508	14,275	14,120	13,993	13,940	13,894	13,823	13,781	13,767
B	7,179	7,179	7,179	12,014	11,905	11,859	11,820	11,759	11,722	11,710
C	6,160	6,160	6,160	6,160	10,319	10,278	10,244	10,190	10,158	10,147
D	10,977	10,977	10,977	10,977	10,977	18,548	18,484	18,386	18,327	18,307
E	5,227	5,227	5,227	5,227	5,227	5,227	8,870	8,822	8,794	8,784
F	5,700	5,700	5,700	5,700	5,700	5,700	5,700	9,709	9,678	9,667
G	5,154	5,154	5,154	5,154	5,154	5,154	5,154	5,154	8,976	8,966
H	4,347	4,347	4,347	4,347	4,347	4,347	4,347	4,347	4,347	7,938

Tab. č. 30.: Ekvivalentní nárazové zatížení stožáru ve směru 22,5°

2.3.4. Vítr dle ABNT NBR 6123:1988

Základní rychlost větru

$V_0 = 35 \text{ m/s}$, třísekundová rychlost větru s pravděpodobností překročení 1x za 50 let, ve výšce 10 metrů nad terénem, v plochem a rovném terénu

$S_1 = 1,0$, součinitel topografie

Kategorie terénu II

Třída konstrukce C: Jakákoli budova nebo její část, jejíž největší vodorovný nebo svislý rozměr čelní plochy přesahuje 50 m

Categoria	z_g (m)	Parámetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		F_r	1,00	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,10

Obrázek 15.: Určení kategorie terénu a třídy konstrukce dle ABNT NBR 6123:1988

$z_g = 300 \text{ m}$, maximální výška

$b = 1,0$

$p = 0,1$

$F_r = 0,95$, součinitel nárazu větru

Grupo	Descrição	S ₃
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

Obrázek 16.: Tabulka pro určení skupiny konstrukce

Skupina konstrukce 2: Budovy pro obchod a průmysl s velkým počtem lidí uvnitř

$S_{3,min} = 1,0$, součinitel pravděpodobnosti

$m = 50$ let, životnost konstrukce

$P_m = 0,63$, pravděpodobnost překročení

m	Valores de S ₃ para P _m					
	0,10	0,20	0,50	0,63	0,75	0,90
2	0,86	0,76	0,64	0,60	0,57	0,53
10	1,10	0,98	0,82	0,78	0,74	0,68
25	1,27	1,13	0,95	0,90	0,85	0,79
50	1,42	1,26	1,06	1,00	0,95	0,88
100	1,58	1,41	1,18	1,11	1,06	0,98
200	1,77	1,57	1,31	1,24	1,18	1,09

Obrázek 17.: Stanovení pravděpodobnosti překročení

Návrhová rychlost větru

$$V_p = 0,69 \cdot V_0 \cdot S_1 \cdot S_3 = 24,15 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak

$$q_0 = 0,613 \cdot V_p^2 = 0,358 \text{ kN/m}^2$$

$S_2(z)$, součinitel drsnosti terénu:

$$S_2 = b \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p$$

$V_t(z)$, charakteristická rychlost větru:

$$V_t(z) = S_1 \cdot S_2(z) \cdot S_3 \cdot V_0$$

$q(z)$, dynamický tlak větru:

$$q(z) = 0,613 \cdot V_t(z)^2$$

$\zeta = 0,008$, poměrný útlum dle ABNT NBR 6123:1998

$\gamma = 2,7$, dle ABNT NBR 6123:1998

Součinitel γ , může být vnímán jako ekvivalent exponentu tvaru kmitání ζ z výrazu podle ČSN EN 1991-1-4, F.3 Základní tvar kmitání, pro který je $\zeta(\gamma) = 2,5$ pro příhradové ocelové věže.

$f_1 = 1,88$, základní vlastní frekvence

$z_r = 10,0$ m, referenční výška

Tabela 19 - Parâmetros para a determinação de efeitos dinâmicos

Tipo de edificação	γ	ζ	$T_1 = 1 / f_1$
Edifícios com estrutura apertada de concreto, sem cortinas	1,2	0,020	0,05h + 0,015h (h em metros)
Edifícios com estrutura de concreto, com cortinas para a absorção de forças horizontais	1,6	0,015	0,05h + 0,012h
Torres e chaminés de concreto, seção variável	2,7	0,015	0,02h
Torres, mastros e chaminés de concreto, seção uniforme	1,7	0,010	0,015h
Edifícios com estrutura de aço soldada	1,2	0,010	$0,29 \sqrt{h} - 0,4$
Torres e chaminés de aço, seção uniforme	1,7	0,008	
Estruturas de madeira	--	0,030	

Obrázek 18.: Tabulka pro stanovení dynamických efektů

$$\frac{V_p}{f_1 \cdot L} = 0,007$$

kde:

$$L = 1800 \text{ m}$$

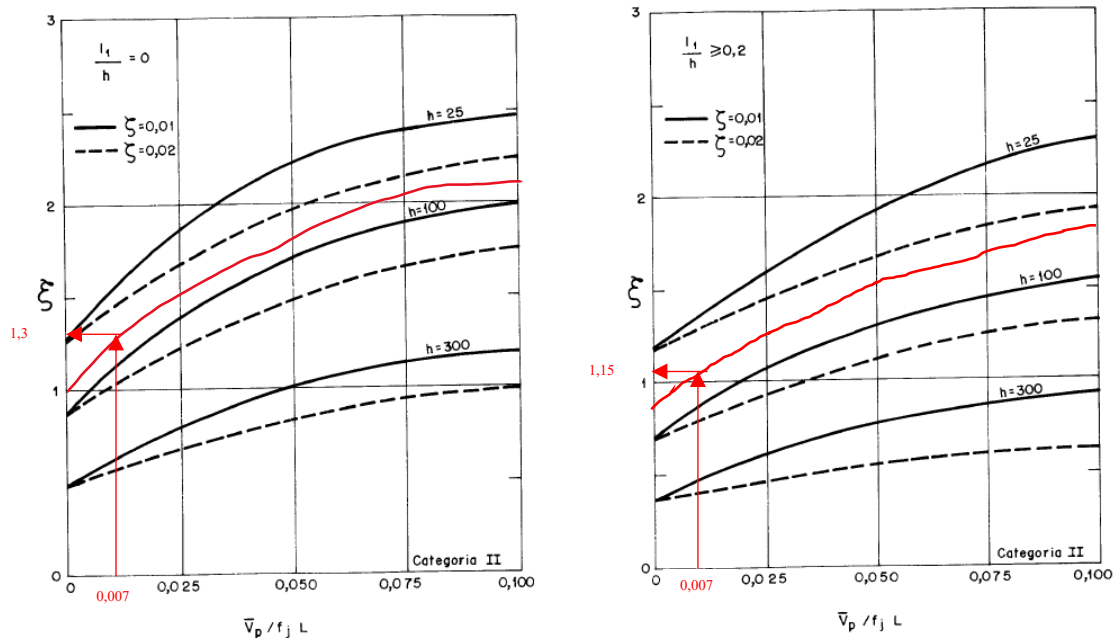


Figura 15 - Coeficiente de amplificação dinâmica, ξ , para terreno de categoria II ($L = 1800$ m; h em metros)

Obrázek 19.: Stanovení dynamického součinitele pro terén kategorie II

$\xi = 1,22$, dynamický součinitel dle ABNT NBR 6123:1998

$\frac{l}{h} = \frac{7,6}{74,06} = 0,1$, což je hodnota přesně mezi 0 a 0,2, pro které jsou výše uvedené grafy.

Dynamický součinitel ξ je spočten jako hodnota mezi dvěma hodnotami vyčtených z grafů.

Hodnota $l = 7,6$, což je šířka konstrukce ve dvou třetinách výšky.

$q(z)$, maximální dynamický tlak větru:

$$q(z) = q_0 \cdot b^2 \cdot \left[\left(\frac{h}{z_r} \right)^p \cdot \left(\frac{z}{h} \right)^\gamma \cdot \frac{1 + 2\gamma}{1 + \gamma + p} \cdot \xi + \left(\frac{z}{z_r} \right)^{2p} \right]$$

$q(z)$, střední tlak větru:

$$q(z) = q_0 \cdot b^2 \cdot \left(\frac{z}{z_r} \right)^{2p}$$

$q(z)$, maximální hodnota flukтуаční složky:

$$q(z) = q_0 \cdot b^2 \cdot \left[\left(\frac{h}{z_r} \right)^p \cdot \left(\frac{z}{h} \right)^\gamma \cdot \frac{1 + 2\gamma}{1 + \gamma + p} \cdot \xi \right]$$

Úroveň	Výška nad terénem	Výška panelu	Součinitel drsnosti terénu	Charakteristická rychlost větru	Dynamický tlak větru	Střední tlak větru	Maximální hodnota flukтуаční složky	Maximální dynamický tlak větru
	z [m]	h _i [mm]	S ₂ (z)	V ₁ (z) [m/s]	q(z) [kN/m ²]	q(z) [kN/m ²]	q(z) [kN/m ²]	q(z) [kN/m ²]
Ježíš	74,060	8000	1,161	40,621	1,0115	0,534	1,393	1,927
Ježíš pod	66,060	6000	1,147	40,159	0,989	0,522	0,994	1,516
A	60,060	8580	1,137	39,779	0,970	0,512	0,797	1,308
B	51,480	8580	1,119	39,170	0,941	0,496	0,525	1,022
C	42,900	8580	1,099	38,462	0,907	0,478	0,321	0,800
D	34,320	4290	1,075	37,614	0,867	0,458	0,164	0,622
E	30,030	4290	1,060	37,115	0,844	0,445	0,114	0,560
F	25,740	8580	1,044	36,547	0,819	0,432	0,081	0,513
G	17,160	8580	1,003	35,095	0,755	0,398	0,027	0,425
H	8,580	8580	0,936	32,745	0,657	0,347	0,004	0,351

Tab. č. 31.: Maximální dynamický tlak větru

Úroveň	Výška nad terénem	c _{fT} * A _{ref}	Síly od větru
	z [m]		
Ježíš	0,079	2,975	5,732
Ježíš pod	0,073	5,337	8,088
A	0,064	9,175	12,004
B	0,057	7,452	7,613
C	0,049	7,946	7,206
D	0,033	15,768	13,675
E	0,025	7,760	6,553
F	0,017	8,318	6,810
G	0,009	8,361	6,312
H	0,000	8,563	5,628

Tab. č. 32.: Zatížení větrem ve směru 0°

Úroveň	Výška nad terénem	c _{fT} * A _{ref}	Síly od větru
	z [m]		
Ježíš	0,084	2,975	5,732
Ježíš pod	0,079	5,461	8,277
A	0,068	10,699	13,999
B	0,059	9,357	9,559
C	0,050	8,383	7,602
D	0,034	15,768	13,675
E	0,027	7,760	6,553
F	0,018	8,798	7,204
G	0,009	8,846	6,679
H	0,000	9,071	5,962

Tab. č. 33.: Zatížení větrem ve směru 22,5°

3. Zatěžovací stavy

NÁZEV	TYP PŮSOBENÍ	POPIS	PŮSOBENÍ
ZS1	Stálé	Vlastní tíha	/
ZS2	Stálé	Ostatní stálé	/
ZS3	Proměnné	Užitné - levá polovina konstrukce	Střednědobé
ZS4	Proměnné	Užitné - pravá polovina konstrukce	Střednědobé
ZS5	Proměnné	Vítr 2a - 0°	Krátkodobé
ZS6	Proměnné	Vítr 2b - 22,5°	Krátkodobé
ZS7	Proměnné	Vítr 2b' - 22,5°	Krátkodobé
ZS8	Proměnné	Vítr 3a - 0°	Krátkodobé
ZS9	Proměnné	Vítr 3b - 22,5°	Krátkodobé
ZS10	Proměnné	Vítr 3b' - 22,5°	Krátkodobé
ZS11	Proměnné	Vítr 4a - 0°	Krátkodobé
ZS12	Proměnné	Vítr 4b - 22,5°	Krátkodobé
ZS13	Proměnné	Vítr 4b' - 22,5°	Krátkodobé
ZS14	Proměnné	Vítr 6a - 0°	Krátkodobé
ZS15	Proměnné	Vítr 6b - 22,5°	Krátkodobé
ZS16	Proměnné	Vítr 6b' - 22,5°	Krátkodobé
ZS17	Proměnné	Vítr 8a - 0°	Krátkodobé
ZS18	Proměnné	Vítr 8b - 22,5°	Krátkodobé
ZS19	Proměnné	Vítr 8b' - 22,5°	Krátkodobé
ZS20	Proměnné	Vítr 10a - 0°	Krátkodobé
ZS21	Proměnné	Vítr 10b - 22,5°	Krátkodobé
ZS22	Proměnné	Vítr 10b' - 22,5°	Krátkodobé

Tab. č. 34.: Výpis zatěžovacích stavů

4. Kombinace zatížení

Lze uvažovat, že užitné zatížení nepůsobí současně s klimatickým zatížením (zatížením od větru).

4.1. MSÚ

Kombinace pro MSÚ: (ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí) (6.10a)

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

kde:

$\gamma_{G,j}$, dílčí součinitel spolehlivosti pro stálé zatížení

$G_{k,j}$, stálé zatížení

γ_P , dílčí součinitel pro předpětí

P , předpětí

$\gamma_{Q,1}$, dílčí součinitel spolehlivosti pro dominantní proměnné zatížení

$Q_{k,1}$, dominantní proměnné zatížení

$\gamma_{Q,i}$, dílčí součinitel spolehlivosti pro ostatní proměnné zatížení

$Q_{k,i}$, ostatní proměnné zatížení

$\psi_{0,i}$, kombinační součinitel

Dílčí součinitele spolehlivosti dle ČSN EN 1993-3-1, Příloha A:

nepříznivé:

$$\gamma_{G,j} = 1,1$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,4$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,4$$

příznivé:

$$\gamma_{G,j} = 1,0$$

$$\gamma_{Q,1} = 0,0$$

$$\gamma_{Q,i} = 0,0$$

Kombinační součinitele dle ČSN EN 1990:

zatížení užité – kategorie C:

$$\psi_{0,i} = 0,7$$

$$\psi_{1,i} = 0,7$$

zatížení větrem:

$$\psi_{0,i} = 0,6$$

$$\psi_{1,i} = 0,2$$

$$\psi_{2,i} = 0$$

Kombinace MSÚ:

$$CO1: 1,1(ZS1 + ZS2)$$

$$CO2: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4(ZS3 + ZS4)$$

$$CO3: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 ZS3$$

$$CO4: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 ZS4$$

$$CO5: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 ZS5$$

$$CO6: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 (ZS6 + ZS7)$$

$$CO7: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 ZS8$$

$$CO8: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 (ZS9 + ZS10)$$

$$CO9: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 ZS11$$

$$CO10: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 (ZS12 + ZS13)$$

$$CO11: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 ZS14$$

$$CO12: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 (ZS15 + ZS16)$$

$$CO13: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 ZS17$$

$$CO14: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 (ZS18 + ZS19)$$

$$CO15: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 ZS20$$

$$CO16: 1,1(ZS1 + ZS2) + 1,4 (ZS21 + ZS22)$$

4.2. MSP

Kombinace pro MSP – charakteristická kombinace (nevratné účinky)

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

kde:

$G_{k,j}$, stálé zatížení

P , předpětí

$Q_{k,1}$, dominantní proměnné zatížení

$Q_{k,i}$, ostatní proměnné zatížení

$\psi_{0,i}$, kombinační součinitel

Kombinační součinitele dle ČSN EN 1990:

zatížení užité – kategorie C:

$$\psi_{0,i} = 0,7$$

$$\psi_{1,i} = 0,7$$

$$\psi_{2,i} = 0,6$$

$$\psi_{0,i} = 0,6$$

$$\psi_{1,i} = 0,2$$

$$\psi_{2,i} = 0,0$$

zatížení větrem:

Kombinace MSP:

CO1: 1,0(ZS1 + ZS2)

CO2: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0(ZS3 + ZS4)

CO3: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 ZS3

CO4: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 ZS4

CO5: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 ZS5

CO6: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 (ZS6 + ZS7)

CO7: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 ZS8

CO8: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 (ZS9 + ZS10)

CO9: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 ZS11

CO10: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 (ZS12 + ZS13)

CO11: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 ZS14

CO12: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 (ZS15 + ZS16)

CO13: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 ZS17

CO14: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 (ZS18 + ZS19)

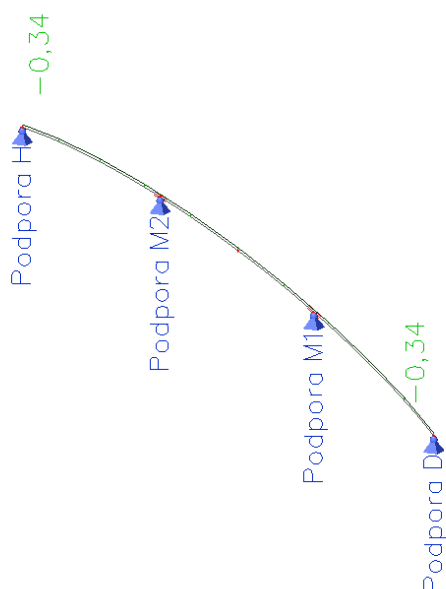
CO15: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 ZS20

CO16: 1,0(ZS1 + ZS2) + 1,0 (ZS21 + ZS22)

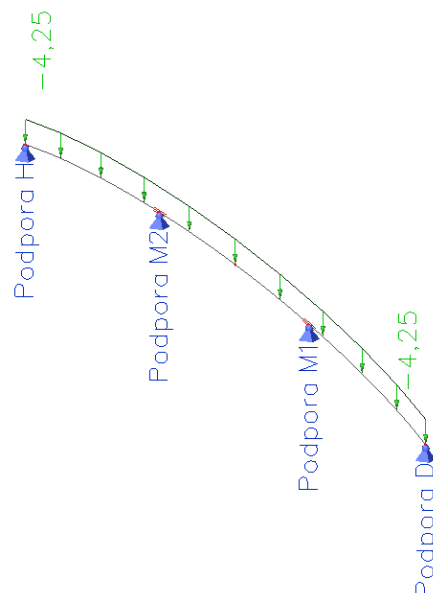
5. Předběžný návrh prvků

5.1. Schodnice P12x300

5.1.1. Zatížení



Obrázek 20.: ZS2



Obrázek 21.: ZS3/ZS4

5.1.2. Posouzení MSÚ

VNITŘNÍ SÍLY			
$N_{tlak,Ed} =$	17 kN		$N_{tah,Ed} =$ 17 kN
$M_{y,Ed} =$	5,14 kNm		
$M_{z,Ed} =$	0,37 kNm		
$V_{y,Ed} =$	1,22 kN		$V_{z,Ed} =$ 9,63 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY			
Materiálové charakteristiky			
Ocel S	355		
$f_y =$	355 MPa		
$E =$	210000 MPa		$\epsilon =$ 0,814
$G =$	80700 MPa		
$\gamma_{m,0} =$	1,0		
Průřezové charakteristiky			
Rozměry	b	h	
Obdélník	12	300 mm	
$A =$	3600	mm ²	
$I_y =$	27000000,00	mm ⁴	$I_z =$ 43200,00 mm ⁴
$I_t =$	172800	mm ⁴	
$I_w =$	0	mm ⁶	
$c =$	300		$t =$ 12
$c/t =$	25,00	\leq 58,58	
třída průřezu	1		
$W_{ply} =$	270000	mm ³	$W_{pl,z} =$ 10800 mm ³
$L_{cr,y} =$	2719	mm	$L_{cr,z} =$ 741 mm

Pozn.: Průběhy vnitřních sil viz Příloha, 1.1 Schodnice P12x300

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1					
Schodnice					
POSUDEK					
Mezní Stav Únosnosti					
Posouzení na tlak			Posouzení na tah		
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	1278	kN	$N_{pl,rd} =$	1278	kN
$N_{Ed} / N_{pl,rd} =$	0,01	<1	$N_{Ed} / N_{pl,rd} =$	0,01	<1
Posouzení ohybu			Posouzení na tah		
$M_{pl,y,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	95,85	kNm	$M_{pl,z,rd} = (W_{plz} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	3,83	kNm
$M_{y,Ed} / M_{pl,y,rd} =$	0,05	<1	$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$	0,10	<1
Posouzení smyku			Posouzení na tah		
$A_{y,vz} =$	6400	mm ²	$A_{z,vz} =$	6400	mm ²
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	1311,74	MPa	$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	1311,74	MPa
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{ply,rd}) =$	0,00	<1	$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{pl,z,rd}) =$	0,01	<1
<i>Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno</i>					
Posouzení vzpěru			Posouzení na tah		
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")			Štíhlost Y (kolmo k ose "z")		
$\alpha =$	0,49	C	$\alpha =$	0,49	C
$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot E I_y / L_{cr,y}^2 =$	7571,31	MPa	$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot E I_z / L_{cr,z}^2 =$	162,87	MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,y})} =$	0,41		$\lambda_z = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,z})} =$	2,80	
$\varphi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] =$	0,64		$\varphi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] =$	5,06	
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2}) =$	0,892		$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2}) =$	0,108	
$N_{b,y,rd} = (\chi_y \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	1139,43	MPa	$N_{b,z,rd} = (\chi_z \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	137,78	MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,01	<1	$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,12	>1
Posouzení klopení					
$k_z =$	1,0		$k_w =$	1,0	
$C_{1,0} =$	1,00		$C_{1,1} =$	1,00	
$\alpha_{LT} =$	0,76				
$\kappa_{wt} =$	0				
$\zeta_g =$	0,0000	v místě průřezu není vůbec			
$\zeta_j =$	0				
$C_1 = (C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0})) =$	1,00	pro $\kappa_{wt} \leq C_{1,1}$	Platí		
$C_2 =$	0,00				
$\mu_{cr} =$	1,000				
$M_{cr} =$	47,66	kNm			
$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_{ply} \cdot f_y) / M_{cr}} =$	1,42				
$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] =$	1,97				
$\chi_{LT} = 1 / (\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}) =$	0,300				
$M_{b,y,rd} = (\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,1} =$	28,75	MPa			
$M_{y,Ed} / M_{b,y,rd} =$	0,18	<1			

Interakce M+N	příloha B			
$M_{s,y} =$	3,14 kNm		$M_{s,z} =$	-0,25 kNm
$M_{h,y} =$	-5,14 kNm		$M_{h,z} =$	0,37 kNm
$\alpha_{s,y} = M_y/M_h$	-0,61		$\alpha_{s,z} = M_z/M_h$	-0,68
$C_{my} =$	0,589 $\geq 0,4$		$C_{mz} =$	0,641 $\geq 0,4$
$C_{mLT} =$	0,79 $\geq 0,4$			
$N_{Rk} = f_y \cdot A$	1278 kN			
$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_{pl,y}$	95,85 kNm		$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_{pl,z}$	3,834 kNm
$k_{yy} =$	0,591		$k_{zz} =$	0,474
$k_{yz} =$	0,354		$k_{zy} =$	0,977
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{yRk}} + k_{yz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{zRk}} \leq 1$ $\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{yRk}} + k_{zz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{zRk}} \leq 1$				
	0,015 +		0,034 =	0,155
	0,123 +		0,046 =	0,233

Navržený profil VYHOVÍ

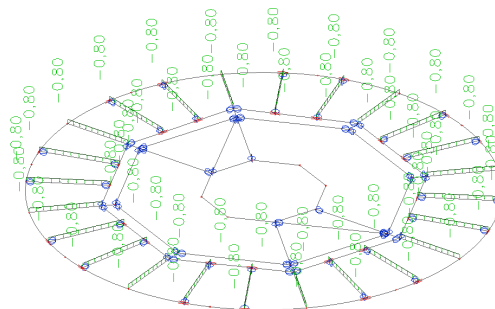
5.1.3. Posouzení MSP

Mezní Stav Použitelnosti				
$\delta_{LIM} = L/250 =$	10,9 mm	\geq	$\delta =$	10,10 mm

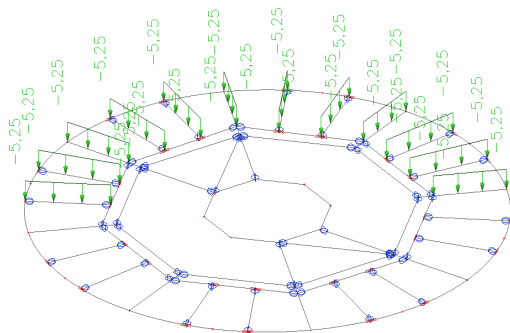
Navržený profil VYHOVÍ

5.2. Podlahový nosník plošin v úrovních +55,07 m a 60,06 m IPE240

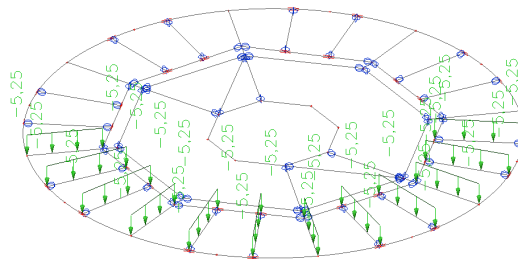
5.2.1. Zatížení



Obrázek 22.: ZS2



Obrázek 23.: ZS3



Obrázek 24.: ZS4

5.2.2. Posouzení MSÚ

VNITŘNÍ SÍLY			
$N_{lak,Ed} =$	1,22 kN	$N_{lah,Ed} =$	0 kN
$M_{y,Ed} =$	35,6 kNm		
$M_{z,Ed} =$	0 kNm		
$V_{y,Ed} =$	0 kN	$V_{z,Ed} =$	32,06 kN
MATERIÁLOVÉ A PŘÍŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY			
Materiálové charakteristiky			
Ocel S	355		
$f_y =$	355 MPa		
E =	210000 MPa	$\epsilon =$	0,814
$\gamma_{m,0} =$	1,0		
Přířezové charakteristiky			
Profil	IPE 240		
h =	240 mm	b =	120 mm
A =	3912 mm ²		
$I_y =$	38920000 mm ⁴	$I_z =$	2836000 mm ⁴
c =	190,4	t =	6,2
c/t =	30,71 ≤	58,58	
třída průřezu	1		
$W_{pl,y} =$	366600 mm ³	$W_{pl,z} =$	73920 mm ³
$L_{cr,y} =$	1750 mm	$L_{cr,z} =$	1050 mm

Pozn.: Průběhy vnitřních síl viz Příloha, 1.2 Podlahový nosník plošin v úrovních +55,07 m a 60,06 m IPE 240

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1					
Plošina +55,77 m, 60,06 m - podlahový nosník					
POSUDEK					
Mezní Stav Únosnosti					
Posouzení na tlak			Posouzení na tah		
$N_{pl,rd} = (A * fy) / \gamma_{m,0} =$	1388,76	kN	$N_{pl,rd} =$	1388,76	kN
$N_{tak,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00	<1	$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00	<1
Posouzení ohybu			Posouzení smyku		
$M_{ply,rd} = (W_{ply} * fy) / \gamma_{m,0} =$	130,143	kNm	$A_{z,vz} =$	966	mm ²
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$	0,27	<1	$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} * fy) / (\sqrt{3} * \gamma_{m,0}) =$	197,99	MPa
			$V_{y,Ed} / (0,5 * V_{z,pl,rd}) =$	0,32	<1
<i>Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno</i>					
Posouzení klopení					
$\alpha_{LT} =$	0,21	a			
$M_{cr} =$	483,95	kNm	LT beam		
$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_{ply} * fy) / M_{cr}} =$	0,52				
$\varphi_{LT} = 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2]$	0,61		$\beta =$	0,75	
$\chi_{LT} = 1 / (\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2})$	0,970				
$M_{b,y,rd} = (\chi_{LT} * W_{ply} * fy) / \gamma_{m,1} =$	126,24	MPa			
$M_{y,Ed} / M_{b,y,rd} =$	0,28	<1			

Navržený profil VYHOVÍ

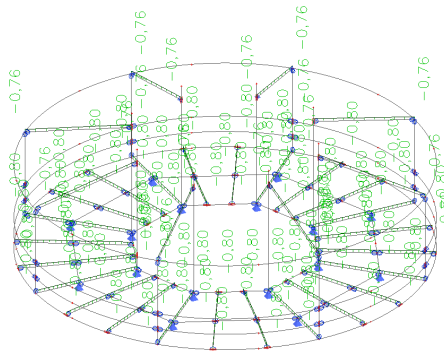
5.2.3. Posouzení MSP

Mezní Stav Použitelnosti						
$\delta_{LIM} = L/250 =$	7,0	mm	\geq	$\delta =$	4,80	mm

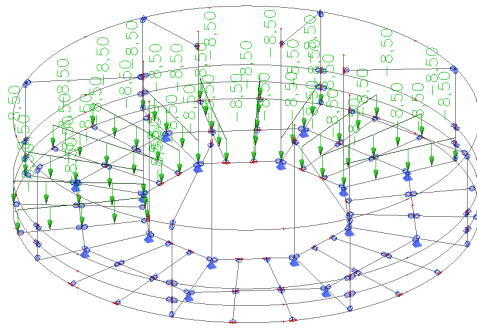
Navržený profil VYHOVÍ

5.3. Podlahové nosníky 1 a 2 plošiny v úrovni +30,03 m IPE200 a IPE140

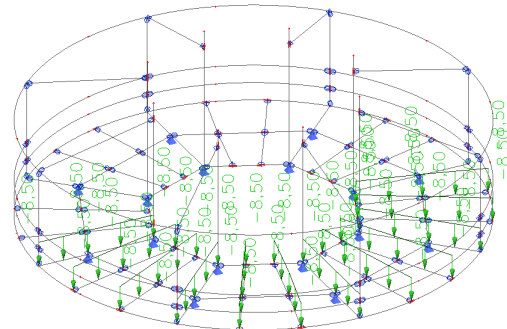
5.3.1. Zatížení



Obrázek 25.: ZS2



Obrázek 26.: ZS3



Obrázek 27.: ZS4

5.3.2. Posouzení MSÚ IPE 200

VNITŘNÍ SÍLY			
$N_{tlak,Ed} =$	0,2 kN	$N_{tah,Ed} =$	0 kN
$M_{y,Ed} =$	13 kNm		
$M_{z,Ed} =$	0 kNm		
$V_{y,Ed} =$	0 kN	$V_{z,Ed} =$	9,8 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY			
Materiálové charakteristiky			
Ocel S	355		
$f_y =$	355 MPa		
E =	210000 MPa	$\epsilon =$	0,814
$\gamma_{m,0} =$	1,0		
Průřezové charakteristiky			
Profil	IPE 200		
h =	200 mm	b =	100 mm
A =	2848 mm ²		
$I_y =$	19430000 mm ⁴	$I_z =$	142400 mm ⁴
c =	159	t =	5,6
c/t =	28,39 ≤	58,58	
třída průřezu	1		
$W_{pl,y} =$	220600 mm ³	$W_{pl,z} =$	44610 mm ³
$L_{cr,y} =$	1900 mm	$L_{cr,z} =$	1700 mm

Pozn.: Průběhy vnitřních sí viz Příloha, 1.3 Podlahový nosník 1 plošiny v úrovni +30,03 m IPE200

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1					
Plošina +30,03 m - podlahový nosník					
POSUDEK					
Mezní Stav Únosnosti					
Posouzení na tlak			Posouzení na tah		
$N_{pl,rd} = (A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	1011,04	kN	$N_{pl,rd} =$	1011,04	kN
$N_{Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00	<1	$N_{Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00	<1
Posouzení ohybu			Posouzení na tah		
$M_{pl,y,rd} = (W_{ply} * f_y) / \gamma_{m,0} =$	78,313	kNm	$M_{pl,z,rd} = (W_{plz} * f_y) / \gamma_{m,0} =$	15,84	kNm
$M_{y,Ed} / M_{pl,y,rd} =$	0,17	<1	$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$	0,00	<1
Posouzení smyku			Posouzení na tah		
$A_{y,vz} =$	1400	mm ²	$A_{z,vz} =$	1400	mm ²
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{m,0}) =$	286,94	MPa	$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{m,0}) =$	286,94	MPa
$V_{y,Ed} / (0,5 * V_{ply,rd}) =$	0,00	<1	$V_{z,Ed} / (0,5 * V_{pl,z,rd}) =$	0,07	<1
<i>Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno</i>					
Posouzení klopení					
$\alpha_{LT} =$	0,21	a			
$M_{cr} =$	176,83	kNm	LT beam		
$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_{ply} * f_y) / M_{cr}} =$	0,67				
$\varphi_{LT} = 0,5 * [1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta * \lambda_{LT}^2]$	0,69		$\beta =$	0,75	
$\chi_{LT} = 1 / (\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{LT}^2})$	0,925				
$M_{b,y,rd} = (\chi_{LT} * W_{ply} * f_y) / \gamma_{m,1} =$	72,48	MPa			
$M_{y,Ed} / M_{b,y,rd} =$	0,18	<1			

Navržený profil VYHOVÍ

5.3.3. Posouzení MSP IPE200

Mezní Stav Použitelnosti					
$\delta_{LIM} = L/250 =$	7,6	mm	\geq	$\delta =$	3,80 mm

Navržený profil VYHOVÍ

5.3.4. Posouzení MSÚ IPE100

VNITŘNÍ SÍLY			
$N_{tlak,Ed} =$	0 kN	$N_{tah,Ed} =$	0 kN
$M_{y,Ed} =$	0,6 kNm		
$M_{z,Ed} =$	0 kNm		
$V_{y,Ed} =$	0 kN	$V_{z,Ed} =$	1,3 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY			
Materiálové charakteristiky			
Ocel S	355		
$f_y =$	355 MPa		
E =	210000 MPa	$\epsilon =$	0,814
$\gamma_{m,0} =$	1,0		
Průřezové charakteristiky			
Profil	IPE 100		
h =	100 mm	b =	55 mm
A =	1032 mm ²		
$I_y =$	1710000 mm ⁴	$I_z =$	159200 mm ⁴
c =	74,6	t =	4,1
c/t =	18,20 ≤	58,58	
třída průřezu	1		
$W_{ply} =$	39410 mm ³	$W_{pl,z} =$	9146 mm ³
$L_{cr,y} =$	1900 mm	$L_{cr,z} =$	1700 mm

Pozn.: Průběhy vnitřních síl viz Příloha, 1.4 Podlahový nosník 2 plošiny v úrovni +30,03 m IPE100

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1			
Plošina +30,03 m - podlahový nosník2			
POSUDEK			
Mezní Stav Únosnosti			
Posouzení na tlak		Posouzení na tah	
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	366,36 kN	$N_{pl,rd} =$	366,36 kN
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00 <1	$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00 <1
Posouzení ohybu		Posouzení smyku	
$M_{ply,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	13,99055 kNm	$A_{y,vz} =$	764 mm ²
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$	0,04 <1	$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	156,59 MPa
		$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{z,pl,rd}) =$	0,02 <1
<i>Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno</i>			
Posouzení klopení			
$\alpha_{LT} =$	0,21 a		
$M_{cr} =$	38,59 kNm	LT beam	
$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_{ply} \cdot f_y) / M_{cr}} =$	0,60		
$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0,4) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2]$	0,66	$\beta =$	0,75
$\chi_{LT} = 1 / (\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2})$	0,946		
$M_{b,y,rd} = (\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,1} =$	13,23 MPa		
$M_{y,Ed} / M_{b,y,rd} =$	0,05 <1		

Navržený profil VYHOVÍ

5.3.5. Posouzení MSP IPE100

Mezní Stav Použitelnosti				
$\delta_{LIM} = L/250 =$	7,6	mm	\geq	$\delta =$ 3,80 mm

Navržený profil VYHOVÍ

5.4. Kruhový nosník plošin +55,77m a +60,06m TR152,4x5

5.4.1. Posouzení MSÚ

VNITŘNÍ SÍLY				
$N_{tak,Ed} =$	0,27	kN	$N_{tah,Ed} =$	kN
$M_{y,Ed} =$	1,87	kNm		
$M_{z,Ed} =$	0,13	kNm		
$V_{y,Ed} =$	0,15	kN	$V_{z,Ed} =$	1,79 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY				
Materiálové charakteristiky				
Ocel S	355			
$f_y =$	355	MPa		
E =	210000	MPa	$\epsilon =$	0,814
G =	80700	MPa		
$\gamma_{m,0} =$	1,0			
Průřezové charakteristiky				
Profil	ϕ	tl.		
TR	152,4	5 mm		
A =	2309	mm ²		
I =	6240000	mm ⁴		
$I_t =$		mm ⁴		
$I_w =$		mm ⁶		
d/t =	30,48	\leq	40,68	
třída průřezu	1			
$W_{pl} =$	108000	mm ³		
$L_{cr,y} =$	1279	mm	$L_{cr,z} =$	1279 mm

Pozn.: Průběhy vnitřních síl viz Příloha, 1.5 Kruhový nosník plošin +55,77m a +60,06m TR152,4x5

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1					
Kruhový nosník					
POSUDEK					
Mezní Stav Únosnosti					
Posouzení na tlak			Posouzení na tah		
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	819,695	kN	$N_{pl,rd} =$	819,695	kN
$N_{Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00	<1	$N_{Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00	<1
Posouzení ohybu			Posouzení na tah		
$M_{pl,y,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	38,34	kNm	$M_{pl,z,rd} = (W_{plz} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	38,34	kNm
$M_{y,Ed} / M_{pl,y,rd} =$	0,05	<1	$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$	0,00	<1
Posouzení smyku			Posouzení na tah		
$A_{y,vz} =$	341	mm ²	$A_{z,vz} =$	568	mm ²
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	69,89	MPa	$V_{plz,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	116,42	MPa
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{ply,rd}) =$	0,00	<1	$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{plz,rd}) =$	0,03	<1
<i>Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno</i>					
Posouzení vzpěru			Posouzení na tah		
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")			Štíhlost Y (kolmo k ose "z")		
$\alpha =$	0,21	A	$\alpha =$	0,21	A
$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot E I_y / L_{cr,y}^2 =$	7906,10	MPa	$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot E I_z / L_{cr,z}^2 =$	7906,10	MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,y})} =$	0,32		$\lambda_z = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,z})} =$	0,32	
$\varphi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	0,56		$\varphi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	0,56	
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,972		$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,972	
$N_{b,y,rd} = (\chi_y \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	796,99	MPa	$N_{b,z,rd} = (\chi_z \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	796,99	MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,00	<1	$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,00	>1

Navržený profil VYHOVÍ

5.4.2. Posouzení MSP

Mezní Stav Použitelnosti						
$\delta_{LIM} = L/250 =$	5,1	mm	\geq	$\delta =$	1,00	mm

Navržený profil VYHOVÍ

5.5. Kruhový nosník plošiny +30,03m TR152,4x5

5.5.1. Posouzení MSÚ

VNITŘNÍ SÍLY						
$N_{\text{tlak,Ed}} =$	0,19	kN		$N_{\text{tah,Ed}} =$	1,84	kN
$M_{y,Ed} =$	2,49	kNm				
$M_{z,Ed} =$	0,13	kNm				
$V_{y,Ed} =$	0,07	kN		$V_{z,Ed} =$	1,84	kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY						
Materiálové charakteristiky						
Ocel S	355					
$f_y =$	355	MPa				
$E =$	210000	MPa		$\epsilon =$	0,814	
$G =$	80700	MPa				
$\gamma_{m,0} =$	1,0					
Průřezové charakteristiky						
Profil	ϕ	tl.				
TR	152,4	5	mm			
$A =$	2309	mm ²				
$I =$	6240000	mm ⁴				
$I_t =$		mm ⁴				
$I_w =$		mm ⁶				
$d/t =$	30,48	\leq	40,68			
třída průřezu	1					
$W_{pl} =$	108000	mm ³				
$L_{cr,y} =$	1279	mm		$L_{cr,z} =$	1279	mm

Pozn.: Průběhy vnitřních síl viz Příloha, 1.6 Kruhový nosník plošiny +30,03m TR152,4x5

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1					
Kruhový nosník					
POSUDEK					
Mezní Stav Únosnosti					
Posouzení na tlak			Posouzení na tah		
$N_{\text{pl,rd}} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	819,695	kN	$N_{\text{pl,rd}} =$	819,695	kN
$N_{\text{tlak,Ed}} / N_{\text{pl,rd}} =$	0,00	<1	$N_{\text{tah,Ed}} / N_{\text{pl,rd}} =$	0,00	<1
Posouzení ohybu			Posouzení smyku		
$M_{\text{pl,y,rd}} = (W_{\text{ply}} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	38,34	kNm	$A_{z,vz} =$	568	mm ²
$M_{y,Ed} / M_{\text{pl,y,rd}} =$	0,06	<1	$V_{\text{pl,z,rd}} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	116,42	MPa
			$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{\text{pl,z,rd}}) =$	0,03	<1
Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno					
Posouzení vzpěru			Posouzení vzpěru		
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")			Štíhlost Y (kolmo k ose "z")		
$\alpha =$	0,21	A	$\alpha =$	0,21	A
$N_{\text{cr,y}} = \pi^2 \cdot EI_y / L_{\text{cr,y}}^2 =$	7906,10	MPa	$N_{\text{cr,z}} = \pi^2 \cdot EI_z / L_{\text{cr,z}}^2 =$	7906,10	MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{\text{cr,y}}) =$	0,32		$\lambda_z = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{\text{cr,z}}) =$	0,32	
$\varphi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	0,56		$\varphi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	0,56	
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,972		$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,972	
$N_{\text{b,y,rd}} = (\chi_y \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	796,99	MPa	$N_{\text{b,z,rd}} = (\chi_z \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	796,99	MPa
$N_{y,Ed} / N_{\text{b,y,rd}} =$	0,00	<1	$N_{z,Ed} / N_{\text{b,z,rd}} =$	0,00	>1

Navržený profil VYHOVÍ

5.5.2. Posouzení MSP

Mezní Stav Použitelnosti					
$\delta_{LIM} = L/250 =$	5,1 mm	\geq	$\delta =$	1,20 mm	

Navržený profil VYHOVÍ

5.6. Sloupek zábradlí plošin +55,77m a +60,06m TR51x3,6

5.6.1. Posouzení MSÚ

VNITŘNÍ SÍLY					
$N_{tlak,Ed} =$	0,59 kN		$N_{tah,Ed} =$		kN
$M_{y,Ed} =$	0,1 kNm				
$M_{z,Ed} =$	0,1 kNm				
$V_{y,Ed} =$	0,24 kN		$V_{z,Ed} =$	0,23 kN	
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY					
Materiálové charakteristiky					
Ocel S	355				
$f_y =$	355 MPa				
E =	210000 MPa		$\epsilon =$	0,814	
G =	80700 MPa				
$\gamma_{m,0} =$	1,0				
Průřezové charakteristiky					
Profil	ϕ	tl.			
TR	51	3,6 mm			
A =	536	mm ²			
I =	151000	mm ⁴			
$I_t =$		mm ⁴			
$I_w =$		mm ⁶			
d/t =	14,17	\leq	40,68		
třída průřezu	1				
$W_{pl} =$	8100	mm ³			
$L_{cr,y} =$	685	mm	$L_{cr,z} =$	685	mm

Pozn.: Průběhy vnitřních síl viz Příloha, 1.7 Sloupek zábradlí plošin +55,77m a +60,06m TR51x3,6

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1					
Sloupek pro zábradlí					
POSUDEK					
Mezní Stav Únosnosti					
Posouzení na tlak			Posouzení na tah		
$N_{pl,rd} = (A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	190,28	kN	$N_{pl,rd} =$	190,28	kN
$N_{tak,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00	<1	$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00	<1
Posouzení ohybu			Posouzení ohybu		
$M_{ply,rd} = (W_{ply} * f_y) / \gamma_{m,0} =$	2,88	kNm	$M_{plz,rd} = (W_{plz} * f_y) / \gamma_{m,0} =$	2,88	kNm
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$	0,03	<1	$M_{z,Ed} / M_{plz,rd} =$	0,03	<1
Posouzení smyku			Posouzení smyku		
$A_{y,vz} =$	341	mm ²	$A_{z,vz} =$	568	mm ²
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{m,0})$	69,89	MPa	$V_{plz,rd} = (A_{z,vz} * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{m,0})$	116,42	MPa
$V_{y,Ed} / (0,5 * V_{ply,rd}) =$	0,01	<1	$V_{z,Ed} / (0,5 * V_{plz,rd}) =$	0,00	<1
<i>Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno</i>					
Posouzení vzpěru			Posouzení vzpěru		
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")			Štíhlost Y (kolmo k ose "z")		
$\alpha =$	0,21	A	$\alpha =$	0,21	A
$N_{cr,y} = \pi^2 * EI_y / L_{cr,y}^2 =$	666,98	MPa	$N_{cr,z} = \pi^2 * EI_z / L_{cr,z}^2 =$	666,98	MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,y})} =$	0,53		$\lambda_z = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,z})} =$	0,53	
$\varphi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	0,68		$\varphi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	0,68	
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,913		$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,913	
$N_{b,y,rd} = (\chi_y * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	173,79	MPa	$N_{b,z,rd} = (\chi_z * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	173,79	MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,00	<1	$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,00	>1

Navržený profil VYHOVÍ

5.6.2. Posouzení MSP

Mezní Stav Použitelnosti					
$\delta_{LIM} = L / 250 =$	2,7	mm	\geq	$\delta =$	1,40 mm

Navržený profil VYHOVÍ

5.7. Sloupek zábradlí plošiny +30,03m TR51x3,6

5.7.1. Posouzení MSÚ

VNITŘNÍ SÍLY			
$N_{tlak,Ed} =$	2,91 kN		$N_{tah,Ed} =$ kN
$M_{y,Ed} =$	0,12 kNm		
$M_{z,Ed} =$	0,12 kNm		
$V_{y,Ed} =$	0,12 kN		$V_{z,Ed} =$ 0,12 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY			
Materiálové charakteristiky			
Ocel S	355		
$f_y =$	355 MPa		
E =	210000 MPa	$\varepsilon =$	0,814
G =	80700 MPa		
$\gamma_{m,0} =$	1,0		
Průřezové charakteristiky			
Profil	ϕ	tl.	
TR	51	3,6 mm	
A =	536 mm ²		
I =	151000 mm ⁴		
$I_t =$	mm ⁴		
$I_w =$	mm ⁶		
d/t =	14,17 ≤	40,68	
třída průřezu	1		
$W_{pl} =$	8100 mm ³		
$L_{cr,y} =$	685 mm	$L_{cr,z} =$	685 mm

Pozn.: Průběhy vnitřních síl viz Příloha, 1.8 Sloupek zábradlí plošiny+30,03m TR51x3,6

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1			
Sloupek pro zábradlí			
POSUDEK			
Mezní Stav Únosnosti			
Posouzení na tlak		Posouzení na tah	
$N_{pl,rd} = (A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	190,28 kN	$N_{pl,rd} =$	190,28 kN
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,02 <1	$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,00 <1
Posouzení ohybu			
$M_{ply,rd} = (W_{ply} * f_y) / \gamma_{m,0} =$	2,8755 kNm	$M_{plz,rd} = (W_{plz} * f_y) / \gamma_{m,0} =$	2,88 kNm
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$	0,04 <1	$M_{z,Ed} / M_{plz,rd} =$	0,04 <1
Posouzení smyku			
$A_{y,vz} =$	568 mm ²	$A_{z,vz} =$	568 mm ²
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{m,0}) =$	116,42 MPa	$V_{plz,rd} = (A_{z,vz} * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{m,0}) =$	116,42 MPa
$V_{y,Ed} / (0,5 * V_{ply,rd}) =$	0,00 <1	$V_{z,Ed} / (0,5 * V_{plz,rd}) =$	0,00 <1
Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno			
Posouzení vzpěru			
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")		Štíhlost Y (kolmo k ose "z")	
$\alpha =$	0,21 A	$\alpha =$	0,21 A
$N_{cr,y} = \pi^2 * EI_y / L_{cr,y}^2 =$	666,98 MPa	$N_{cr,z} = \pi^2 * EI_z / L_{cr,z}^2 =$	666,98 MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,y})} =$	0,53	$\lambda_z = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,z})} =$	0,53
$\varphi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	0,68	$\varphi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	0,68
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,913	$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,913
$N_{b,y,rd} = (\chi_y * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	173,79 MPa	$N_{b,z,rd} = (\chi_z * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	173,79 MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,02 <1	$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,02 >1

Navržený profil VYHOVÍ

5.7.2. Posouzení MSP

Mezní Stav Použitelnosti						
$\delta_{\text{LIM}} = L/250 =$	8,8	mm	\geq	$\delta =$	0,90	mm

Navržený profil VYHOVÍ

5.9. Nárožníky

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1					
Náročník H					
VNITŘNÍ SÍLY					
$N_{tlak,Ed} =$	575,5 kN		$N_{tah,Ed} =$	450,6 kN	
$M_{y,Ed} =$	15 kNm				
$M_{z,Ed} =$	13,2 kNm				
$V_{y,Ed} =$	7,30 kN		$V_{z,Ed} =$	8,0 kN	
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY					
Materiálové charakteristiky					
Ocel S	355				
$f_y =$	355 MPa				
$E =$	210000 MPa		$\varepsilon =$	0,814	
$G =$	80700 MPa				
$\gamma_{m,0} =$	1,0				
Průřezové charakteristiky					
Rozměry	d				
TR	273	8 mm			
$A =$	6660 mm ²				
$I_y =$	58517143 mm ⁴		$I_z =$	58517143 mm ⁴	
$d/t =$	34,13	≤ 46,34			
třída průřezu	2				
$W_{ply} =$	562000 mm ³		$W_{pl,z} =$	562000 mm ³	
$L_{cr,y} =$	8887 mm		$L_{cr,z} =$	8887 mm	
POSUDEK					
Mezní Stav Únosnosti					
Posouzení na tlak			Posouzení na tah		
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	2364,36 kN		$N_{pl,rd} =$	2364,36 kN	
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,24	<1	$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,19	<1
Posouzení ohybu			Posouzení na tah		
$M_{ply,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	199,51 kNm		$M_{pl,z,rd} = (W_{pl,z} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	199,51 kNm	
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$	0,08	<1	$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$	0,07	<1
Posouzení smyku			Posouzení na tah		
$A_{y,vz} =$	4240 mm ²		$A_{z,vz} =$	4240 mm ²	
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	869,03 MPa		$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	869,03 MPa	
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{ply,rd}) =$	0,02	<1	$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{pl,z,rd}) =$	0,02	<1
Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno					
Posouzení vzpěru			Posouzení na tah		
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")			Štíhlost Y (kolmo k ose "z")		
$\alpha =$	0,21	A	$\alpha =$	0,21	A
$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot EI_y / L_{cr,y}^2 =$	1535,65 MPa		$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot EI_z / L_{cr,z}^2 =$	1535,65 MPa	
$\lambda_y = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,y})} =$	1,24		$\lambda_z = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,z})} =$	1,24	
$\varphi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	1,38		$\varphi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	1,38	
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,505		$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,505	
$N_{b,y,rd} = (\chi_y \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	1193,50 MPa		$N_{b,z,rd} = (\chi_z \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	1193,50 MPa	
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,48	<1	$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,48	>1

Interakce M+N	příloha B			
$M_{s,y} =$	7,50 kNm		$M_{s,z} =$	7,20 kNm
$M_{h,y} =$	-14,90 kNm		$M_{h,z} =$	-13,20 kNm
$\alpha_{s,y} = M_y/M_h$	-0,50		$\alpha_{s,z} = M_z/M_h$	-0,55
$C_{my} =$	0,503	$\geq 0,4$	$C_{mz} =$	0,536 $\geq 0,4$
$N_{Rk} = f_y \cdot A$	2364,36 kN			
$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_{pl,y}$	199,51 kNm		$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_{pl,z}$	199,51 kNm
$k_{yy} =$	1,386		$k_{zz} =$	2,100
$k_{yz} =$	1,260		$k_{zy} =$	0,831
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{\gamma_{M1} M_{z,Rk}} \leq 1$ $\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{\gamma_{M1} M_{z,Rk}} \leq 1$				
	0,482 +		0,104 +	0,083 =
	0,482 +		0,095 +	0,139 =
				0,670
				0,716

Úroveň	vzpěrná délka [mm]	průměr [mm]	tl. [mm]	plocha [mm ²]	λ	φ	χ	$N_{b,rd}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	využití [%]
Ježíš pod										
A	4293	178	10	5278	0,94	1,02	0,704	1319,47	242,80	18,4
B	4293	178	10	5278	0,94	1,02	0,704	1319,47	477,60	36,2
C	8615	219	12,5	8109	1,54	1,83	0,355	1023,29	485,60	47,5
D	4329	219	9	5938	0,76	0,85	0,816	1721,03	490,80	28,5
E	4329	219	9	5938	0,76	0,85	0,816	1721,03	544,90	31,7
F	8718	273	8	6660	1,22	1,35	0,519	1227,62	553,50	45,1
G	8794	273	8	6660	1,23	1,36	0,513	1212,17	564,40	46,6
H	8887	273	8	6660	1,24	1,38	0,505	1193,50	575,45	48,2

Tab. č. 35.: Posouzení nárožníků na vzpěr

Úroveň	$M_{pl,rd}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Využití Y [%]	Využití Z [%]
Ježíš pod					
A	100,47	18,10	33,75	18,0	33,6
B	100,47	16,10	10,80	16,0	10,8
C	189,57	16,10	10,60	8,5	5,6
D	140,94	27,00	7,70	19,2	5,5
E	140,94	27,80	8,40	19,7	6,0
F	199,51	15,20	12,70	7,6	6,4
G	199,51	15,00	13,30	7,5	6,7
H	199,51	15,00	13,20	7,5	6,6

Tab. č. 36.: Využití nárožníků v ohybu

Úroveň	kyy	kzz	kyz	kzy				Využití [%]
Ježíš pod								
A	1,137	1,311	0,786	0,682	0,184	0,205	0,264	65,30
					0,184	0,142	0,440	76,60
B	1,269	1,611	0,967	0,762	0,362	0,203	0,104	66,93
					0,362	0,155	0,173	69,01
C	1,380	2,368	1,421	0,828	0,475	0,117	0,079	67,12
					0,475	0,121	0,132	72,76
D	1,160	1,378	0,827	0,696	0,285	0,222	0,045	55,26
					0,285	0,158	0,075	51,88
E	1,178	1,419	0,852	0,707	0,317	0,232	0,051	59,97
					0,317	0,168	0,085	56,92
F	1,361	2,007	1,204	0,816	0,451	0,104	0,077	63,12
					0,451	0,092	0,128	67,04
G	1,372	2,050	1,230	0,823	0,466	0,103	0,082	65,08
					0,466	0,092	0,137	69,48
H	1,386	2,100	1,260	0,831	0,482	0,104	0,083	66,97
					0,482	0,095	0,139	71,58

Tab. č. 37.: Posouzení nárožníků na interakci tlaku a ohybu

5.10. Vnitřní nárožníky (okolo schodiště)

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1					
Vnitřní nárožník H					
VNITŘNÍ SÍLY					
$N_{tlak,Ed} =$	709,0 kN			$N_{tah,Ed} =$	660,1 kN
$M_{y,Ed} =$	10,8 kNm				
$M_{z,Ed} =$	8,7 kNm				
$V_{y,Ed} =$	5,6 kN			$V_{z,Ed} =$	6,7 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY					
Materiálové charakteristiky					
Ocel S	355				
$f_y =$	355 MPa				
E =	210000 MPa			$\epsilon =$	0,814
G =	80700 MPa				
$\gamma_{m,0} =$	1,0				
Průřezové charakteristiky					
Rozměry	d	tl.			
TR	168,3	12,5 mm			
A =	6118 mm ²				
$I_y =$	18683527 mm ⁴			$I_z =$	18683527 mm ⁴
d/t =	13,46 ≤	33,10			
třída průřezu	1				
$W_{ply} =$	303000 mm ³			$W_{pl,z} =$	303000 mm ³
$L_{cr,y} =$	4290 mm			$L_{cr,z} =$	4290 mm
POSUDEK					
Mezní Stav Únosnosti					
Posouzení na tlak			Posouzení na tah		
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	2171,98 kN		$N_{pl,rd} =$	2171,98 kN	
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,33 < 1		$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,30 < 1	
Posouzení ohybu			Posouzení tah		
$M_{ply,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	107,565 kNm		$M_{pl,z,rd} = (W_{pl,z} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	107,57 kNm	
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$	0,10 < 1		$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$	0,08 < 1	
Posouzení smyku			Posouzení tah		
$A_{y,vz} =$	3888 mm ²		$A_{z,vz} =$	3888 mm ²	
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	796,88 MPa		$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	796,88 MPa	
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{ply,rd}) =$	0,01 < 1		$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{pl,z,rd}) =$	0,02 < 1	
<i>Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno</i>					

Posouzení vzpěru					
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")			Štíhlost Y (kolmo k ose "z")		
$\alpha =$	0,21	A	$\alpha =$	0,21	A
$N_{cr,y} = \pi^2 * EI_y / L_{cr,y}^2 =$	2104,09	MPa	$N_{cr,z} = \pi^2 * EI_z / L_{cr,z}^2 =$	2104,09	MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,y})} =$	1,02		$\lambda_z = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,z})} =$	1,02	
$\varphi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	1,10		$\varphi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	1,10	
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,654		$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,654	
$N_{b,y,rd} = (\chi_y * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	1421,35	MPa	$N_{b,z,rd} = (\chi_z * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	1421,35	MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,50	<1	$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,50	<1
Interakce M+N					
	příloha B				
$M_{s,y} =$	4,42	kNm	$M_{s,z} =$	1,50	kNm
$M_{h,y} =$	6,57	kNm	$M_{h,z} =$	-8,66	kNm
$\alpha_{s,y} = M_s / M_h$	0,67		$\alpha_{s,z} = M_s / M_h$	-0,17	
$C_{my} =$	0,869	≥0,4	$C_{mz} =$	0,531	≥0,4
$N_{Rk} = f_y * A$	2171,98	kN			
$M_{y,Rk} = f_y * W_{pl,y}$	107,57	kNm	$M_{z,Rk} = f_y * W_{pl,z}$	107,57	kNm
$k_{yy} =$	1,216		$k_{zz} =$	1,016	
$k_{yz} =$	0,609		$k_{zy} =$	0,730	
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{z,Rk}} \leq 1$ $\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{z,Rk}} \leq 1$					
	0,499 +		0,122 +	0,049 =	0,670
	0,499 +		0,061 +	0,082 =	0,642

Úroveň	vzpěrná délka	průměr	tl.	plocha	λ	φ	χ	$N_{b,rd}$	N_{Ed}	využití
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]				[kN]	[kN]	[%]
Ježíš pod										
A	4290	168,3	5	2565	0,97	1,05	0,685	623,87	142,60	22,9
B	4290	168,3	10	4973	1,00	1,09	0,665	1173,65	370,60	31,6
C	4290	168,3	5	2565	0,97	1,05	0,685	623,87	274,20	44,0
D	4290	168,3	5	2565	0,97	1,05	0,685	623,87	144,40	23,1
E	4290	168,3	5	2565	0,97	1,05	0,685	623,87	153,40	24,6
F	4290	168,3	5	2565	0,97	1,05	0,685	623,87	259,30	41,6
G	4290	168,3	6,3	3206	0,98	1,06	0,680	773,87	529,30	68,4
H	4290	168,3	12,5	6118	1,02	1,10	0,654	1421,35	709,00	49,9

Tab. č. 38.: Posouzení vnitřních nárožníků na vzpěr

Úroveň	$M_{pl,rd}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$	Využití Y	Využití Z
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[%]	[%]
Ježíš pod					
A	47,35	8,40	17,40	17,7	36,7
B	88,75	14,30	28,10	16,1	31,7
C	47,35	1,90	1,70	4,0	3,6
D	47,35	13,30	22,33	28,1	47,2
E	47,35	7,50	12,30	15,8	26,0
F	47,35	2,00	2,30	4,2	4,9
G	58,58	4,00	3,00	6,8	5,1
H	107,57	10,80	8,70	10,0	8,1

Tab. č. 39.: Využití vnitřních nárožníků v ohybu

Úroveň	kyy	kzz	kyz	kzy				Využití
								[%]
Ježíš pod								
A	0,471	1,063	0,638	0,282	0,229	0,083	0,234	54,64
					0,229	0,113	0,391	73,23
B	0,501	0,941	0,565	0,301	0,316	0,081	0,179	57,54
					0,316	0,091	0,298	70,49
C	0,536	1,060	0,636	0,321	0,440	0,021	0,023	48,38
					0,440	0,026	0,038	50,31
D	0,471	0,842	0,505	0,283	0,231	0,132	0,238	60,22
					0,231	0,142	0,397	77,06
E	0,476	0,857	0,514	0,286	0,246	0,075	0,134	45,49
					0,246	0,081	0,223	55,01
F	0,528	1,035	0,621	0,317	0,416	0,022	0,030	46,81
					0,416	0,026	0,050	49,21
G	0,613	1,322	0,793	0,368	0,684	0,042	0,041	76,65
					0,684	0,054	0,068	80,58
H	1,216	1,016	0,609	0,730	0,499	0,122	0,049	67,02
					0,499	0,061	0,082	64,22

Tab. č. 40.: Posouzení vnitřních nárožníků na interakci tlaku a ohybu

5.11. Ztužení hvězdicové

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1					
Ztužení hvězdicové H					
VNITŘNÍ SÍLY					
$N_{tlak,Ed} =$		34,3 kN		$N_{tah,Ed} =$	21,9 kN
$M_{y,Ed} =$		1,0 kNm			
$M_{z,Ed} =$		0,1 kNm			
$V_{y,Ed} =$		0,1 kN		$V_{z,Ed} =$	0,6 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY					
Materiálové charakteristiky					
Ocel S		355			
$f_y =$		355 MPa			
E =		210000 MPa		$\epsilon =$	0,814
G =		80700 MPa			
$\gamma_{m,0} =$		1,0			
Průřezové charakteristiky					
Rozměry		d		tl.	
TR		102		5 mm	
A =		1524 mm ²			
$I_y =$		1796791 mm ⁴		$I_z =$	1796791 mm ⁴
d/t =		20,40	≤	33,10	
třída průřezu		1			
$W_{ply} =$		47100 mm ³		$W_{pl,z} =$	47100 mm ³
$L_{cr,y} =$		7333 mm		$L_{cr,z} =$	7333 mm
POSUDEK					
Mezní Stav Únosnosti					
Posouzení na tlak			Posouzení na tah		
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		540,90 kN		$N_{pl,rd} =$	540,90 kN
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,06	<1	$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,04
					<1
Posouzení ohybu			Posouzení tah		
$M_{pl,y,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		16,7205 kNm		$M_{pl,z,rd} = (W_{pl,z} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	16,72 kNm
$M_{y,Ed} / M_{pl,y,rd} =$		0,06	<1	$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$	0,01
					<1
Posouzení smyku			Posouzení tah		
$A_{y,vz} =$		970 mm ²		$A_{z,vz} =$	970 mm ²
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$		198,81 MPa		$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$	198,81 MPa
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{ply,rd}) =$		0,00	<1	$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{pl,z,rd}) =$	0,01
					<1
Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno					

Posouzení vzpěru					
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")				Štíhlost Y (kolmo k ose "z")	
$\alpha =$	0,21	A		$\alpha =$	0,21 A
$N_{cr,y} = \pi^2 * EI_y / L_{cr,y}^2 =$	69,26	MPa		$N_{cr,z} = \pi^2 * EI_z / L_{cr,z}^2 =$	69,26 MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,y})} =$	2,79			$\lambda_z = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,z})} =$	2,79
$\varphi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	4,68			$\varphi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	4,68
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,119			$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,119
$N_{b,y,rd} = (\chi_y * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	64,18	MPa		$N_{b,z,rd} = (\chi_z * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	64,18 MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,53	<1		$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,53 >1
Interakce M+N		příloha B			
$M_{s,y} =$	0,00	kNm		$M_{s,z} =$	0,00 kNm
$M_{h,y} =$	1,00	kNm		$M_{h,z} =$	0,10 kNm
$\alpha_{s,y} = M_s / M_h$	0,00			$\alpha_{s,z} = M_s / M_h$	0,00
$C_{my} =$	0,600	$\geq 0,4$		$C_{mz} =$	0,600 $\geq 0,4$
$N_{Rk} = f_y * A$	540,90	kN			
$M_{y,Rk} = f_y * W_{pl,y}$	16,72	kNm		$M_{z,Rk} = f_y * W_{pl,z}$	16,72 kNm
$k_{yy} =$	0,857			$k_{zz} =$	2,328
$k_{yz} =$	1,397			$k_{zy} =$	0,514
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$ $\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$					
	0,534 +		0,051 +		0,008 =
	0,534 +		0,084 +		0,014 =
					0,594
					0,632

Úroveň	vzpěrná délka [mm]	průměr [mm]	tl. [mm]	plocha [mm ²]	λ	φ	χ	$N_{b,rd}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	využití [%]
Ježíš pod										
A										
B										
C	1435	60,3	3,6	641	0,93	1,01	0,711	161,75	6,80	4,2
D	1795	60,3	3,6	641	1,17	1,29	0,550	125,10	6,12	4,9
E										
F	8084	82,5	5	1217	3,85	8,31	0,064	27,58	14,22	51,5
G	5522	70	4,5	926	3,11	5,65	0,096	31,70	21,20	66,9
H	7333	102	5	1524	2,79	4,68	0,119	64,18	34,30	53,4

Tab. č. 41.: Posouzení hvězdicového ztužení na vzpěr

Úroveň	$M_{pl,rd}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Využití Y [%]	Využití Z [%]
Ježíš pod					
A					
B					
C	4,12	0,00	0,00	0,0	0,0
D	4,12	0,40	0,00	9,7	0,0
E					
F	10,69	1,40	0,30	13,1	2,8
G	6,85	0,80	0,00	11,7	0,0
H	16,72	1,00	0,10	6,0	0,6

Tab. č. 42.: Využití hvězdicového ztužení v ohybu

Úroveň	kyy	kzz	kyz	kzy				Využití [%]
Ježíš pod								
A								
B								
C	0,619	0,642	0,385	0,371	0,042	0,000	0,000	4,20
					0,042	0,000	0,000	4,20
D	0,623	0,663	0,398	0,374	0,049	0,061	0,000	10,95
					0,049	0,039	0,000	8,75
E								
F	0,847	2,922	1,753	0,508	0,515	0,111	0,049	67,57
					0,515	0,230	0,082	82,72
G	0,921	3,018	1,811	0,553	0,669	0,108	0,000	77,63
					0,669	0,211	0,000	88,03
H	0,857	2,328	1,397	0,514	0,534	0,051	0,008	59,41
					0,534	0,084	0,014	63,19

Tab. č. 43.: Posouzení hvězdicového ztužení na interakci tlaku a ohybu

5.12. Horizontály hlavní

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1							
Horizontály hlavní H							
VNITŘNÍ SÍLY							
$N_{tlak,Ed} =$		19,6 kN			$N_{tah,Ed} =$		12,9 kN
$M_{y,Ed} =$		0,1 kNm					
$M_{z,Ed} =$		0,0 kNm					
$V_{y,Ed} =$		0,0 kN			$V_{z,Ed} =$		0,1 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY							
Materiálové charakteristiky							
Ocel S		355					
$f_y =$		355 MPa					
E =		210000 MPa			$\epsilon =$		0,814
G =		80700 MPa					
$\gamma_{m,0} =$		1,0					
Průřezové charakteristiky							
Rozměry		d		tl.			
TR		60,3		3,6 mm			
A =		641 mm ²					
$I_y =$		258737 mm ⁴			$I_z =$		258737 mm ⁴
d/t =		16,75		≤	33,10		
třída průřezu		1					
$W_{ply} =$		11600 mm ³			$W_{pl,z} =$		11600 mm ³
$L_{cr,y} =$		3278 mm			$L_{cr,z} =$		3278 mm
POSUDEK							
Mezní Stav Únosnosti							
Posouzení na tlak				Posouzení na tah			
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		227,65 kN			$N_{pl,rd} =$		227,65 kN
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,09	<1		$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,06 <1
Posouzení ohybu				Posouzení smyku			
$M_{ply,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		4,118 kNm			$M_{pl,z,rd} = (W_{pl,z} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		4,12 kNm
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$		0,02	<1		$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$		0,00 <1
$A_{y,vz} =$		408 mm ²			$A_{z,vz} =$		408 mm ²
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0})$		83,62 MPa			$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0})$		83,62 MPa
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{ply,rd}) =$		0,00	<1		$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{pl,z,rd}) =$		0,00 <1
Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno							

Posouzení vzpěru					
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")				Štíhlost Y (kolmo k ose "z")	
$\alpha =$	0,21	A		$\alpha =$	0,21 A
$N_{cr,y} = \pi^2 * EI_y / L_{cr,y}^2 =$	49,91	MPa		$N_{cr,z} = \pi^2 * EI_z / L_{cr,z}^2 =$	49,91 MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,y})} =$	2,14			$\lambda_z = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,z})} =$	2,14
$\varphi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	2,98			$\varphi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	2,98
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,197			$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,197
$N_{b,y,rd} = (\chi_y * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	44,92	MPa		$N_{b,z,rd} = (\chi_z * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	44,92 MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,44	<1		$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,44 <1
Interakce M+N		příloha B			
$M_{s,y} =$	0,00	kNm		$M_{s,z} =$	0,00 kNm
$M_{h,y} =$	0,10	kNm		$M_{h,z} =$	0,00 kNm
$\alpha_{s,y} = M_s / M_h$	0,00			$\alpha_{s,z} = M_s / M_h$	0,00
$C_{my} =$	0,950	$\geq 0,4$		$C_{mz} =$	0,950 $\geq 0,4$
$N_{Rk} = f_y * A$	227,65	kN			
$M_{y,Rk} = f_y * W_{pl,y}$	4,12	kNm		$M_{z,Rk} = f_y * W_{pl,z}$	4,12 kNm
$k_{yy} =$	1,282			$k_{zz} =$	2,638
$k_{yz} =$	1,583			$k_{zy} =$	0,769
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$ $\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$					
	0,436 +			0,000 =	0,467
	0,436 +			0,038 +	0,475

Úroveň	vzpěrná délka [mm]	průměr [mm]	tl. [mm]	plocha [mm ²]	λ	φ	χ	$N_{b,rd}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	využití [%]
Ježíš pod										
A	3932	102	4,5	1378	1,49	1,75	0,376	184,06	8,90	4,8
B	2602	60,3	3,6	641	1,70	2,09	0,301	68,50	12,20	17,8
C	2898	60,3	3,6	641	1,89	2,46	0,248	56,40	11,70	20,7
D	3489	60,3	3,6	641	2,27	3,30	0,176	39,97	13,50	33,8
E	3932	152,4	5	2315	0,99	1,07	0,675	554,62	17,21	3,1
F										
G	3278	60,3	3,6	641	2,14	2,98	0,197	44,92	9,80	21,8
H	3278	60,3	3,6	641	2,14	2,98	0,197	44,92	19,60	43,6

Tab. č. 44.: Posouzení hlavních horizontál na vzpěř

Úroveň	$M_{pl,rd}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Využití Y [%]	Využití Z [%]
Ježíš pod					
A	15,19	6,50	1,20	42,8	7,9
B	4,12	0,10	0,00	2,4	0,0
C	4,12	0,10	0,00	2,4	0,0
D	4,12	0,30	0,00	7,3	0,0
E	38,58	32,40	0,80	84,0	2,1
F					
G	4,12	0,10	0,00	2,4	0,0
H	4,12	0,10	0,00	2,4	0,0

Tab. č. 45.: Využití hlavních horizontál v ohybu

Úroveň	kyy	kzz	kyy	kzy				Využití
								[%]
Ježíš pod								
A	0,987	1,078	0,647	0,592	0,048	0,422	0,051	52,16
					0,048	0,277	0,085	41,01
B	1,085	1,490	0,894	0,651	0,178	0,026	0,000	20,45
					0,178	0,022	0,000	19,98
C	1,108	1,655	0,993	0,665	0,207	0,027	0,000	23,44
					0,207	0,024	0,000	23,16
D	1,207	2,345	1,407	0,724	0,338	0,088	0,000	42,57
					0,338	0,102	0,000	44,03
E	0,973	1,002	0,601	0,584	0,031	0,817	0,012	86,08
					0,031	0,505	0,021	55,68
F								
G	1,116	1,794	1,076	0,669	0,218	0,027	0,000	24,53
					0,218	0,026	0,000	24,43
H	1,282	2,638	1,583	0,769	0,436	0,031	0,000	46,75
					0,436	0,038	0,000	47,48

Tab. č. 46.: Posouzení hlavních horizontál na interakci tlaku a ohybu

5.13. Diagonály

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1							
Diagonály H							
VNITŘNÍ SÍLY							
$N_{tlak,Ed} =$		141,8 kN		$N_{tah,Ed} =$		155,5 kN	
$M_{y,Ed} =$		0,2 kNm					
$M_{z,Ed} =$		0,0 kNm					
$V_{y,Ed} =$		0,0 kN		$V_{z,Ed} =$		0,2 kN	
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY							
Materiálové charakteristiky							
Ocel S		355					
$f_y =$		355 MPa					
E =		210000 MPa		$\epsilon =$		0,814	
G =		80700 MPa					
$\gamma_{m,0} =$		1,0					
Průřezové charakteristiky							
Rozměry		d		tl.			
TR		76		8 mm			
A =		1709 mm ²					
$I_y =$		1001489 mm ⁴				$I_z =$	1001489 mm ⁴
d/t =		9,50 ≤		33,10			
třída průřezu		1					
$W_{ply} =$		37200 mm ³				$W_{pl,z} =$	37200 mm ³
$L_{cr,y} =$		3200 mm				$L_{cr,z} =$	3200 mm
POSUDEK							
Mezní Stav Únosnosti							
Posouzení na tlak				Posouzení na tah			
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		606,70 kN		$N_{pl,rd} =$		606,70 kN	
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,23 < 1		$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,26 < 1	
Posouzení ohybu				Posouzení smyku			
$M_{ply,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		13,206 kNm		$M_{pl,z,rd} = (W_{pl,z} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		13,21 kNm	
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$		0,02 < 1		$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$		0,00 < 1	
Posouzení smyku				Posouzení ohybu			
$A_{y,vz} =$		1088 mm ²		$A_{z,vz} =$		1088 mm ²	
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$		223,00 MPa		$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$		223,00 MPa	
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{ply,rd}) =$		0,00 < 1		$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{pl,z,rd}) =$		0,00 < 1	
Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno							

Posouzení vzpěru					
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")				Štíhlost Y (kolmo k ose "z")	
$\alpha =$	0,21	A		$\alpha =$	0,21 A
$N_{cr,y} = \pi^2 * EI_y / L_{cr,y}^2 =$	202,71	MPa		$N_{cr,z} = \pi^2 * EI_z / L_{cr,z}^2 =$	202,71 MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,y})} =$	1,73			$\lambda_z = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,z})} =$	1,73
$\varphi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	2,16			$\varphi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	2,16
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,290			$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,290
$N_{b,y,rd} = (\chi_y * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	176,07	MPa		$N_{b,z,rd} = (\chi_z * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	176,07 MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,81	<1		$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,81 <1
Interakce M+N		příloha B			
$M_{s,y} =$	0,00	kNm		$M_{s,z} =$	0,00 kNm
$M_{h,y} =$	0,20	kNm		$M_{h,z} =$	0,00 kNm
$\alpha_{s,y} = M_s / M_h$	0,00			$\alpha_{s,z} = M_s / M_h$	0,00
$C_{my} =$	0,950	$\geq 0,4$		$C_{mz} =$	0,950 $\geq 0,4$
$N_{Rk} = f_y * A$	606,70	kN			
$M_{y,Rk} = f_y * W_{pl,y}$	13,21	kNm		$M_{z,Rk} = f_y * W_{pl,z}$	13,21 kNm
$k_{yy} =$	1,562			$k_{zz} =$	3,444
$k_{yz} =$	2,067			$k_{zy} =$	0,937
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{yRk}} + k_{yz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{zRk}} \leq 1$ $\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{yRk}} + k_{zz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{zRk}} \leq 1$					
	0,805 +		0,024 +		0,000 =
	0,805 +		0,031 +		0,000 =
					0,829
					0,837

Úroveň	vzpěrná délka [mm]	průměr [mm]	tl. [mm]	plocha [mm ²]	λ	φ	χ	$N_{b,rd}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	využití [%]
Ježíš pod										
A	3200	76	3,6	819	1,63	1,99	0,321	93,35	36,40	39,0
B	3200	76	3,6	819	1,63	1,99	0,321	93,35	58,80	63,0
C	3200	76	5,6	1239	1,68	2,06	0,307	134,84	75,30	55,8
D	3200	76	5,6	1239	1,68	2,06	0,307	134,84	74,00	54,9
E	3200	76	5,6	1239	1,68	2,06	0,307	134,84	92,70	68,7
F	3200	76	7	1517	1,71	2,12	0,297	159,96	112,20	70,1
G	3200	76	7	1517	1,71	2,12	0,297	159,96	117,60	73,5
H	3200	76	8	1709	1,73	2,16	0,290	176,07	141,80	80,5

Tab. č. 47.: Posouzení diagonál na vzpěr

Úroveň	$M_{pl,rd}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Využití Y [%]	Využití Z [%]
Ježíš pod					
A	6,71	0,10	0,00	1,5	0,0
B	6,71	0,10	0,00	1,5	0,0
C	9,87	0,10	0,00	1,0	0,0
D	9,87	0,10	0,00	1,0	0,0
E	9,87	0,10	0,00	1,0	0,0
F	11,86	0,10	0,00	0,8	0,0
G	11,86	0,10	0,00	0,8	0,0
H	13,21	0,20	0,00	1,5	0,0

Tab. č. 48.: Využití diagonál v ohybu

Úroveň	kyy	kzz	kyz	kzy				Využití
								[%]
Ježíš pod								
A	1,246	2,087	1,252	0,748	0,390	0,019	0,000	40,85
					0,390	0,019	0,000	40,86
B	1,429	2,786	1,672	0,857	0,630	0,021	0,000	65,12
					0,630	0,025	0,000	65,48
C	1,374	2,624	1,574	0,825	0,558	0,014	0,000	57,24
					0,558	0,016	0,000	57,44
D	1,367	2,595	1,557	0,820	0,549	0,014	0,000	56,26
					0,549	0,016	0,000	56,46
E	1,472	3,010	1,806	0,883	0,687	0,015	0,000	70,24
					0,687	0,018	0,000	70,58
F	1,483	3,093	1,856	0,890	0,701	0,013	0,000	71,39
					0,701	0,016	0,000	71,71
G	1,509	3,196	1,918	0,905	0,735	0,013	0,000	74,79
					0,735	0,016	0,000	75,14
H	1,562	3,444	2,067	0,937	0,805	0,024	0,000	82,90
					0,805	0,031	0,000	83,66

Tab. č. 49.: Posouzení diagonál na interakci tlaku a ohybu

5.14.Svislice schodišťové

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1							
Svislice schodiště H							
VNITŘNÍ SÍLY							
$N_{tlak,Ed} =$		22,1 kN			$N_{tah,Ed} =$		22,8 kN
$M_{y,Ed} =$		0,1 kNm					
$M_{z,Ed} =$		0,0 kNm					
$V_{y,Ed} =$		0,0 kN			$V_{z,Ed} =$		0,1 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY							
Materiálové charakteristiky							
Ocel S		355					
$f_y =$		355 MPa					
E =		210000 MPa			$\epsilon =$		0,814
G =		80700 MPa					
$\gamma_{m,0} =$		1,0					
Průřezové charakteristiky							
Rozměry		d		tl.			
TR		76		3,6 mm			
A =		819 mm ²					
$I_y =$		537837 mm ⁴			$I_z =$		537837 mm ⁴
d/t =		21,11		≤	33,10		
třída průřezu		1					
$W_{ply} =$		18900 mm ³			$W_{pl,z} =$		18900 mm ³
$L_{cr,y} =$		2373 mm			$L_{cr,z} =$		2373 mm
POSUDEK							
Mezní Stav Únosnosti							
Posouzení na tlak				Posouzení na tah			
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		290,68 kN		$N_{pl,rd} =$		290,68 kN	
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,08	<1	$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,08	<1
Posouzení ohybu				Posouzení smyku			
$M_{ply,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		6,7095 kNm		$M_{pl,z,rd} = (W_{pl,z} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		6,71 kNm	
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$		0,01	<1	$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$		0,00	<1
$A_{y,vz} =$		521 mm ²		$A_{z,vz} =$		521 mm ²	
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0})$		106,78 MPa		$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0})$		106,78 MPa	
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{ply,rd}) =$		0,00	<1	$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{pl,z,rd}) =$		0,00	<1
Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno							

Posouzení vzpěru			Štíhlost Y (kolmo k ose "z")		
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")			Štíhlost Y (kolmo k ose "z")		
$\alpha =$	0,21	A	$\alpha =$	0,21	A
$N_{cr,y} = \pi^2 * EI_y / L_{cr,y}^2 =$	197,96	MPa	$N_{cr,z} = \pi^2 * EI_z / L_{cr,z}^2 =$	197,96	MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,y})} =$	1,21		$\lambda_z = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,z})} =$	1,21	
$\varphi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	1,34		$\varphi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	1,34	
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,523		$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,523	
$N_{b,y,rd} = (\chi_y * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	151,91	MPa	$N_{b,z,rd} = (\chi_z * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	151,91	MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,15	<1	$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,15	<1
Interakce M+N			příloha B		
$M_{s,y} =$	0,00	kNm	$M_{s,z} =$	0,00	kNm
$M_{h,y} =$	0,10	kNm	$M_{h,z} =$	0,00	kNm
$\alpha_{s,y} = M_s / M_h$	0,00		$\alpha_{s,z} = M_s / M_h$	0,00	
$C_{my} =$	0,950	$\geq 0,4$	$C_{mz} =$	0,950	$\geq 0,4$
$N_{Rk} = f_y * A$	290,68	kN	$M_{z,Rk} = f_y * W_{pl,z}$	6,71	kNm
$M_{y,Rk} = f_y * W_{pl,y}$	6,71	kNm			
$k_{yy} =$	1,061		$k_{zz} =$	1,257	
$k_{yz} =$	0,754		$k_{zy} =$	0,636	
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{z,Rk}} \leq 1$ $\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{z,Rk}} \leq 1$					
	0,145 +		0,016 +	0,000 =	0,161
	0,145 +		0,011 +	0,000 =	0,157

Úroveň	vzpěrná délka [mm]	průměr [mm]	tl. [mm]	plocha [mm ²]	λ	φ	χ	$N_{b,rd}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	využití [%]
Ježíš pod										
A	2373	76	3,6	819	1,21	1,34	0,523	151,91	20,44	13,5
B	2373	76	3,6	819	1,21	1,34	0,523	151,91	9,30	6,1
C	2373	76	3,6	819	1,21	1,34	0,523	151,91	8,50	5,6
D	2373	76	3,6	819	1,21	1,34	0,523	151,91	20,00	13,2
E	3200	102	5	1524	1,22	1,35	0,518	280,07	30,30	10,8
F	2373	89	5,6	1467	1,05	1,14	0,630	328,15	7,90	2,4
G	2373	76	3,6	819	1,21	1,34	0,523	151,91	11,10	7,3
H	2373	76	3,6	819	1,21	1,34	0,523	151,91	22,10	14,5

Tab. č. 50.: Posouzení schodišťových svislic na vzpěr

Úroveň	$M_{pl,rd}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Využití Y [%]	Využití Z [%]
Ježíš pod					
A	6,71	0,10	0,00	1,5	0,0
B	6,71	0,10	0,00	1,5	0,0
C	6,71	0,10	0,00	1,5	0,0
D	6,71	0,10	0,00	1,5	0,0
E	16,72	9,80	0,20	58,6	1,2
F	13,85	0,10	0,00	0,7	0,0
G	6,71	0,10	0,00	1,5	0,0
H	6,71	0,10	0,00	1,5	0,0

Tab. č. 51.: Využití schodišťových svislic v ohybu

Úroveň	kyy	kzz	kyz	kzy				Využití
								[%]
Ježiš pod								
A	1,052	1,234	0,741	0,631	0,135	0,016	0,000	15,02
					0,135	0,011	0,000	14,56
B	0,997	1,079	0,648	0,598	0,061	0,015	0,000	7,61
					0,061	0,010	0,000	7,09
C	0,993	1,068	0,641	0,596	0,056	0,015	0,000	7,07
					0,056	0,010	0,000	6,55
D	1,050	1,228	0,737	0,630	0,132	0,016	0,000	14,73
					0,132	0,011	0,000	14,26
E	1,032	1,180	0,708	0,619	0,108	0,605	0,008	72,16
					0,108	0,415	0,014	53,73
F	0,968	0,993	0,596	0,581	0,024	0,007	0,000	3,11
					0,024	0,004	0,000	2,84
G	1,006	1,104	0,663	0,603	0,073	0,015	0,000	8,81
					0,073	0,010	0,000	8,29
H	1,061	1,257	0,754	0,636	0,145	0,016	0,000	16,13
					0,145	0,011	0,000	15,67

Tab. č. 52.: Posouzení schodišťových svislic na interakci tlaku a ohybu

5.15. Trubky okolo výtahové šachty

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1					
Trubky výtah H					
VNITŘNÍ SÍLY					
$N_{tlak,Ed} =$	330,3 kN			$N_{tah,Ed} =$	33,4 kN
$M_{y,Ed} =$	0,7 kNm				
$M_{z,Ed} =$	0,7 kNm				
$V_{y,Ed} =$	0,3 kN			$V_{z,Ed} =$	0,3 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY					
Materiálové charakteristiky					
Ocel S	355				
$f_y =$	355 MPa				
E =	210000 MPa			$\epsilon =$	0,814
G =	80700 MPa				
$\gamma_{m,0} =$	1,0				
Průřezové charakteristiky					
Rozměry	d	tl.			
TR	114	10 mm			
A =	3267 mm ²				
$I_y =$	4458171 mm ⁴			$I_z =$	4458171 mm ⁴
d/t =	11,40	≤	33,10		
třída průřezu	1				
$W_{ply} =$	108000 mm ³			$W_{pl,z} =$	108000 mm ³
$L_{cr,y} =$	4290 mm			$L_{cr,z} =$	4290 mm
POSUDEK					
Mezní Stav Únosnosti					
Posouzení na tlak			Posouzení na tah		
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	1159,88 kN		$N_{pl,rd} =$	1159,88 kN	
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,28	<1	$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$	0,03	<1
Posouzení ohybu			Posouzení smyku		
$M_{ply,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	38,34 kNm		$M_{pl,z,rd} = (W_{pl,z} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$	38,34 kNm	
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$	0,02	<1	$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$	0,02	<1
$A_{y,vz} =$	2080 mm ²		$A_{z,vz} =$	2080 mm ²	
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0})$	426,32 MPa		$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0})$	426,32 MPa	
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{ply,rd}) =$	0,00	<1	$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{pl,z,rd}) =$	0,00	<1
Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno					

Posouzení vzpěru					
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")				Štíhlost Y (kolmo k ose "z")	
$\alpha =$	0,21	A		$\alpha =$	0,21 A
$N_{cr,y} = \pi^2 * EI_y / L_{cr,y}^2 =$	502,07	MPa		$N_{cr,z} = \pi^2 * EI_z / L_{cr,z}^2 =$	502,07 MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,y})} =$	1,52			$\lambda_z = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,z})} =$	1,52
$\varphi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	1,79			$\varphi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	1,79
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,364			$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,364
$N_{b,y,rd} = (\chi_y * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	422,37	MPa		$N_{b,z,rd} = (\chi_z * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	422,37 MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,78	<1		$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,78 <1
Interakce M+N					
	příloha B				
$M_{s,y} =$	0,70	kNm		$M_{s,z} =$	0,70 kNm
$M_{h,y} =$	0,00	kNm		$M_{h,z} =$	0,00 kNm
$\alpha_{s,y} = M_s / M_h$	0,00			$\alpha_{s,z} = M_s / M_h$	0,00
$C_{my} =$	0,600	$\geq 0,4$		$C_{mz} =$	0,600 $\geq 0,4$
$N_{Rk} = f_y * A$	1159,88	kN			
$M_{y,Rk} = f_y * W_{pl,y}$	38,34	kNm		$M_{z,Rk} = f_y * W_{pl,z}$	38,34 kNm
$k_{yy} =$	0,975			$k_{zz} =$	1,933
$k_{yz} =$	1,160			$k_{zy} =$	0,585
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$ $\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$					
	0,782 +		0,018 +		0,021 =
	0,782 +		0,021 +		0,035 =
					0,821
					0,838

Úroveň	vzpěrná délka [mm]	průměr [mm]	tl. [mm]	plocha [mm ²]	λ	φ	χ	$N_{b,rd}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	využití [%]
Ježíš pod	3000	114	5	1712,17	1,02	1,10	0,653	397,02	26,7	6,7
A	4290	114	5	1712	1,46	1,69	0,392	238,21	45,20	19,0
B	4290	114	5	1712	1,46	1,69	0,392	238,21	89,90	37,7
C	4290	114	5	1712	1,46	1,69	0,392	238,21	134,80	56,6
D	4290	114	7	2353	1,48	1,73	0,381	317,91	157,50	49,5
E	4290	114	7	2353	1,48	1,73	0,381	317,91	180,30	56,7
F	4290	114	10	3267	1,52	1,79	0,364	422,37	227,20	53,8
G	4290	114	10	3267	1,52	1,79	0,364	422,37	276,80	65,5
H	4290	114	10	3267	1,52	1,79	0,364	422,37	330,30	78,2

Tab. č. 53.: Posouzení trubek okolo výtahové šachty na vzpěr

Úroveň	$M_{pI,rd}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Využití Y [%]	Využití Z [%]
Ježíš pod	21,09	4,8	13,4	22,8	63,5
A	21,09	2,40	5,90	11,4	28,0
B	21,09	2,00	1,80	9,5	8,5
C	21,09	1,90	1,70	9,0	8,1
D	28,51	2,00	1,70	7,0	6,0
E	28,51	1,70	1,70	6,0	6,0
F	38,34	1,50	1,40	3,9	3,7
G	38,34	1,10	1,10	2,9	2,9
H	38,34	0,70	0,70	1,8	1,8

Tab. č. 54.: Využití trubek okolo výtahové šachty v ohybu

Úroveň	kyy	kzz	kyz	kzy				Využití
								[%]
Ježíš pod	0,211	0,225	0,135	0,13	0,067	0,048	0,086	20,09
					0,067	0,031	0,143	24,07
A	0,461	0,606	0,363	0,276	0,190	0,052	0,102	34,39
					0,190	0,041	0,169	40,06
B	0,521	0,809	0,486	0,312	0,377	0,049	0,041	46,82
					0,377	0,046	0,069	49,25
C	0,581	1,014	0,608	0,349	0,566	0,052	0,049	66,73
					0,566	0,055	0,082	70,24
D	0,559	0,947	0,568	0,335	0,495	0,039	0,046	58,04
					0,495	0,054	0,076	62,57
E	0,581	1,027	0,616	0,349	0,567	0,035	0,050	65,15
					0,567	0,050	0,083	69,96
F	0,572	1,011	0,607	0,343	0,538	0,022	0,022	58,25
					0,538	0,024	0,037	59,86
G	0,610	1,144	0,687	0,366	0,655	0,017	0,020	69,25
					0,655	0,020	0,033	70,79
H	0,975	1,933	1,160	0,585	0,782	0,018	0,021	82,10
					0,782	0,021	0,035	83,85

Tab. č. 55.: Posouzení trubek okolo výtahové šachty na interakci tlaku a ohybu

5.16. Svislice výtahové

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1							
Svislice výtah H							
VNITŘNÍ SÍLY							
$N_{tlak,Ed} =$		2,0 kN			$N_{tah,Ed} =$		3,1 kN
$M_{y,Ed} =$		1,4 kNm					
$M_{z,Ed} =$		1,5 kNm					
$V_{y,Ed} =$		2,2 kN			$V_{z,Ed} =$		2,8 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY							
Materiálové charakteristiky							
Ocel S		355					
$f_y =$		355 MPa					
E =		210000 MPa			$\epsilon =$		0,814
G =		80700 MPa					
$\gamma_{m,0} =$		1,0					
Průřezové charakteristiky							
Rozměry		d		tl.			
TR		76		3,6 mm			
A =		819 mm ²					
$I_y =$		537837 mm ⁴			$I_z =$		537837 mm ⁴
d/t =		21,11 ≤		33,10			
třída průřezu		1					
$W_{ply} =$		18900 mm ³			$W_{pl,z} =$		18900 mm ³
$L_{cr,y} =$		995 mm			$L_{cr,z} =$		995 mm
POSUDEK							
Mezní Stav Únosnosti							
Posouzení na tlak				Posouzení na tah			
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		290,68 kN		$N_{pl,rd} =$		290,68 kN	
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,01 < 1		$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,01 < 1	
Posouzení ohybu				Posouzení smyku			
$M_{ply,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		6,71 kNm		$M_{pl,z,rd} = (W_{pl,z} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		6,71 kNm	
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$		0,21 < 1		$M_{z,Ed} / M_{pl,z,rd} =$		0,22 < 1	
$A_{y,vz} =$		521 mm ²		$A_{z,vz} =$		521 mm ²	
$V_{ply,rd} = (A_{y,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0})$		106,78 MPa		$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0})$		106,78 MPa	
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{ply,rd}) =$		0,04 < 1		$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{pl,z,rd}) =$		0,05 < 1	
Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno							

Posouzení vzpěru					
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")				Štíhlost Y (kolmo k ose "z")	
$\alpha =$	0,21	A		$\alpha =$	0,21 A
$N_{cr,y} = \pi^2 * EI_y / L_{cr,y}^2 =$	1125,96	MPa		$N_{cr,z} = \pi^2 * EI_z / L_{cr,z}^2 =$	1125,96 MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,y})} =$	0,51			$\lambda_z = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,z})} =$	0,51
$\varphi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	0,66			$\varphi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	0,66
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	0,922			$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	0,922
$N_{b,y,rd} = (\chi_y * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	267,93	MPa		$N_{b,z,rd} = (\chi_z * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	267,93 MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,01	<1		$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,01 <1
Interakce M+N					
	příloha B				
$M_{s,y} =$	-1,40	kNm		$M_{s,z} =$	-0,70 kNm
$M_{h,y} =$	1,40	kNm		$M_{h,z} =$	1,50 kNm
$\alpha_{s,y} = M_s / M_h$	-1,00			$\alpha_{s,z} = M_s / M_h$	-0,47
$C_{my} =$	0,200	$\geq 0,4$		$C_{mz} =$	0,413 $\geq 0,4$
$N_{Rk} = f_y * A$	290,68	kN			
$M_{y,Rk} = f_y * W_{pl,y}$	6,71	kNm		$M_{z,Rk} = f_y * W_{pl,z}$	6,71 kNm
$k_{yy} =$	0,401			$k_{zz} =$	0,416
$k_{yz} =$	0,250			$k_{zy} =$	0,241
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{yRk}} + k_{yz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{zRk}} \leq 1$ $\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{yRk}} + k_{zz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{zRk}} \leq 1$					
	0,007 +		0,084 +		0,056 =
	0,007 +		0,052 +		0,093 =
					0,147
					0,152

Úroveň	vzpěrná délka [mm]	průměr [mm]	tl. [mm]	plocha [mm ²]	λ	φ	χ	$N_{b,rd}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	využití [%]
Ježíš pod	995	101,6	5	965,00	0,43	0,62	0,944	323,50	2,50	0,8
A	995	76	5	1115	0,52	0,67	0,919	363,75	21,90	6,0
B	995	76	3,6	819	0,51	0,66	0,922	267,93	2,00	0,7
C	995	76	3,6	819	0,51	0,66	0,922	267,93	0,40	0,1
D	995	76	3,6	819	0,51	0,66	0,922	267,93	1,00	0,4
E	995	76	3,6	819	0,51	0,66	0,922	267,93	0,30	0,1
F	995	76	3,6	819	0,51	0,66	0,922	267,93	1,00	0,4
G	995	76	3,6	819	0,51	0,66	0,922	267,93	0,40	0,1
H	995	76	3,6	819	0,51	0,66	0,922	267,93	2,00	0,7

Tab. č. 56.: Posouzení výtahových svislic na vzpěr

Úroveň	$M_{pL,rd}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Využití Y [%]	Využití Z [%]
Ježíš pod	16,56	8,8	0,4	53,1	2,4
A	8,95	5,30	2,60	59,2	29,1
B	6,71	3,70	0,80	55,1	11,9
C	6,71	3,60	0,10	53,7	1,5
D	6,71	3,40	0,30	50,7	4,5
E	6,71	3,20	0,10	47,7	1,5
F	6,71	3,40	0,30	50,7	4,5
G	6,71	2,40	0,20	35,8	3,0
H	6,71	1,40	1,50	20,9	22,4

Tab. č. 57.: Využití výtahových svislic v ohybu

Úroveň	kyy	kzz	kyz	kzy				Využití
								[%]
Ježiš pod	0,401	0,603	0,362	0,240	0,008	0,213	0,016	23,619
					0,008	0,342	0,026	37,610
A	0,408	0,630	0,378	0,245	0,060	0,242	0,110	41,16
					0,060	0,224	0,183	46,74
B	0,401	0,604	0,362	0,241	0,007	0,221	0,043	27,17
					0,007	0,200	0,072	27,92
C	0,400	0,601	0,360	0,240	0,001	0,215	0,005	22,16
					0,001	0,193	0,009	20,38
D	0,400	0,602	0,361	0,240	0,004	0,203	0,016	22,28
					0,004	0,183	0,027	21,36
E	0,400	0,601	0,360	0,240	0,001	0,191	0,005	19,73
					0,001	0,172	0,009	18,19
F	0,400	0,602	0,361	0,240	0,004	0,203	0,016	22,28
					0,004	0,183	0,027	21,36
G	0,400	0,601	0,360	0,240	0,001	0,143	0,011	15,54
					0,001	0,129	0,018	14,83
H	0,401	0,416	0,250	0,241	0,007	0,084	0,056	14,69
					0,007	0,052	0,093	15,25

Tab. č. 58.: Posouzení výtahových svislic na interakci tlaku a ohybu

5.17. Propojky nárožníků (úrovně A,B,C)

POSUDEK PRVKU DLE ČSN EN 1993-1-1							
Propojky nárožníků A							
VNITŘNÍ SÍLY							
$N_{tlak,Ed} =$		13,5 kN			$N_{tah,Ed} =$		8,7 kN
$M_{y,Ed} =$		40,0 kNm					
$M_{z,Ed} =$		2,5 kNm					
$V_{y,Ed} =$		8,5 kN			$V_{z,Ed} =$		164,9 kN
MATERIÁLOVÉ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY							
Materiálové charakteristiky							
Ocel S		355					
$f_y =$		355 MPa					
E =		210000 MPa			$\epsilon =$		0,814
G =		80700 MPa					
$\gamma_{m,0} =$		1,0					
Průřezové charakteristiky							
Rozměry		d		tl.			
TR		168,3		10 mm			
A =		4973 mm ²					
$I_y =$		15639839 mm ⁴			$I_z =$		15639839 mm ⁴
d/t =		16,83 ≤		33,13			
třída průřezu		1					
$W_{ply} =$		250920 mm ³			$W_{pl,z} =$		250920 mm ³
$L_{cr,y} =$		300 mm			$L_{cr,z} =$		300 mm
POSUDEK							
Mezní Stav Únosnosti							
Posouzení na tlak				Posouzení na tah			
$N_{pl,rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		1765,47 kN		$N_{pl,rd} =$		1765,47 kN	
$N_{tlak,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,01 < 1		$N_{tah,Ed} / N_{pl,rd} =$		0,00 < 1	
Posouzení ohybu				Posouzení smyku			
$M_{ply,rd} = (W_{ply} \cdot f_y) / \gamma_{m,0} =$		89,0766 kNm		$A_{y,vz} =$		3160 mm ²	
$M_{y,Ed} / M_{ply,rd} =$		0,45 < 1		$V_{pl,z,rd} = (A_{z,vz} \cdot f_y) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{m,0}) =$		647,67 MPa	
$V_{y,Ed} / (0,5 \cdot V_{y,pl,rd}) =$		0,03 < 1		$V_{z,Ed} / (0,5 \cdot V_{z,pl,rd}) =$		0,51 < 1	
Spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno							

Posouzení vzpěru					
Štíhlost Z (kolmo k ose "y")				Štíhlost Y (kolmo k ose "z")	
$\alpha =$	0,21	A		$\alpha =$	0,21 A
$N_{cr,y} = \pi^2 * EI_y / L_{cr,y}^2 =$	360171,05	MPa		$N_{cr,z} = \pi^2 * EI_z / L_{cr,z}^2 =$	360171,05 MPa
$\lambda_y = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,y})} =$	0,07			$\lambda_z = \sqrt{(A * f_y / N_{cr,z})} =$	0,07
$\varphi_y = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$	0,49			$\varphi_z = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2]$	0,49
$\chi_y = 1 / (\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_y^2})$	1,028			$\chi_z = 1 / (\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_z^2})$	1,028
$N_{b,y,rd} = (\chi_y * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	1815,27	MPa		$N_{b,z,rd} = (\chi_z * A * f_y) / \gamma_{m,0} =$	1815,27 MPa
$N_{y,Ed} / N_{b,y,rd} =$	0,01	<1		$N_{z,Ed} / N_{b,z,rd} =$	0,01 <1
Interakce M+N					
	příloha B				
$M_{s,y} =$	-40,00	kNm		$M_{s,z} =$	-2,50 kNm
$M_{h,y} =$	22,30	kNm		$M_{h,z} =$	0,10 kNm
$\alpha_{s,y} = M_y / M_h$	-0,56			$\alpha_{s,z} = M_z / M_h$	-0,04
$C_{my} =$	0,377	≥0,4		$C_{mz} =$	0,584 ≥0,4
$N_{Rk} = f_y * A$	1765,47	kN			
$M_{y,Rk} = f_y * W_{pl,y}$	89,08	kNm		$M_{z,Rk} = f_y * W_{pl,z}$	89,08 kNm
$k_{yy} =$	0,400			$k_{zz} =$	0,584
$k_{yz} =$	0,350			$k_{zy} =$	0,240
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{yRk}} + k_{yz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{zRk}} \leq 1$ $\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{yEd} + \Delta M_{yEd}}{\chi_{LT} M_{yRk}} + k_{zz} \frac{M_{zEd} + \Delta M_{zEd}}{M_{zRk}} \leq 1$					
	0,007 +		0,179 +		0,010 =
	0,007 +		0,157 +		0,016 =
					0,197
					0,181

Úroveň	vzpěrná délka	průměr	tl.	plocha	λ	φ	χ	$N_{b,rd}$	N_{Ed}	využití
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]				[kN]	[kN]	[%]
Ježíš pod										
A	300	168,3	10	4973	0,07	0,49	1,028	1815,27	13,50	0,7
B	300	168,3	10	4973	0,07	0,49	1,028	1815,27	11,90	0,7
C	686	133	6,3	4973	0,16	0,51	1,009	1780,73	4,80	0,3
D										
E										
F										
G										
H										

Tab. č. 59.: Posouzení propojek nárožníků na vzpěr

Úroveň	$M_{pL,rd}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$	Využití Y	Využití Z
	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[%]	[%]
Ježíš pod					
A	0,45	2,50	8,50	556,7	1892,9
B	88,75	46,00	0,50	51,8	0,6
C	35,86	0,00	0,00	0,0	0,0
D					
E					
F					
G					
H					

Tab. č. 60.: Využití propojek nárožníků v ohybu

Úroveň	k _{yy}	k _{zz}	k _{yz}	k _{zy}				Využití
								[%]
Ježíš pod								
A	0,350	0,240	0,000	0,000	0,007	0,157	0,016	18,11
					0,000	0,000	0,000	0,00
B	0,350	0,240	0,000	0,000	0,007	0,182	0,003	19,15
					0,000	0,000	0,000	0,00
C	0,600	0,600	0,360	0,360	0,003	0,000	0,000	0,27
					0,003	0,000	0,000	0,27
D								
E								
F								
G								
H								

Tab. č. 61.: Posouzení propojek nárožníků na interakci tlaku a ohybu

6. Spoje

6.1. Kotvení vnitřního nárožníku (DET. 1)

Vnitřní síly:

$$N_{t,Ed} = 660,1 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2} = \sqrt{10,8^2 + 8,7^2} = 13,9 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{5,6^2 + 6,7^2} = 8,7 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů:

8x M24 (8.8)

$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$, mez pevnosti materiálu šroubu (8.8)

$f_u = 490 \text{ MPa}$, mez pevnosti spojovaných prvků

$$A = 452 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

Osová síla ve šroubu dle ČSN EN 1993-3-1:

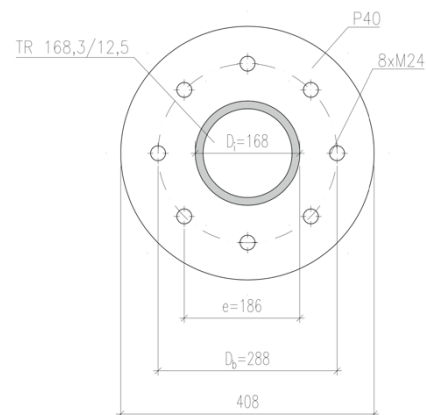
$$N_b = \frac{N \cdot k_p}{n} = \frac{N_{t,Ed} \cdot k_p}{n} + \frac{M_{Ed} \cdot k_p}{e} = \frac{660,1 \cdot 1,2}{8} + \frac{13,9}{0,186} \cdot 1,2 = 129 \text{ kN}$$

kde:

N , tahová síla v nárožníku

$k_p = 1,2$, součinitel páčení pro předepnuté šrouby

n , počet šroubů



Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 353 \cdot 800}{1,25} = 203 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 452 \cdot 800}{1,25} = 174 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,769 \cdot 26 \cdot 40 \cdot 490}{1,25} = 724 \text{ kN}$$

$$N_b \leq F_{t,Rd}$$

$$\mathbf{132 \leq 203 \text{ kN}}$$

$$\frac{V_{Ed}}{n} \leq \text{MIN}\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}$$

$$\frac{8,7}{8} \leq \text{MIN}\{147; 724\}$$

$$\mathbf{1,1 \leq 147 \text{ kN}}$$

Únosnost příruby na kružnici procházející dírami pro šrouby při kombinaci ohybu a smyku dle ČSN EN 1993-3-1:

$$M = \frac{N \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(n \cdot N_b) \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(8 \cdot 129) \cdot (0,298 - 0,168)}{2} = 62 \text{ kNm}$$

kde:

$N = n \cdot N_b$, tahová síla v nárožníku

D_b , průměr kružnice procházející středy děr pro šrouby

D_i , průměr nárožníku

$$M_{příruba,Rd} = \frac{1}{6} \cdot (l_{příruba} - n \cdot d_0) \cdot t^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{6} \cdot (905 - 8 \cdot 26) \cdot 40^2 \cdot \frac{355}{1,0} = 66 \text{ kNm}$$

kde:

$l_{příruba}$, obvod kružnice procházející dírami pro šrouby

n , počet šroubů

d_0 , díra pro šroub

t , tloušťka příruby

$$M \leq M_{příruba,Rd}$$

$$\mathbf{62 \leq 66 \text{ kNm}}$$

Posouzení svaru:

$$a_w = 7 \text{ mm}$$

$$A_{w,\perp} = \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} + \frac{D_i + a_w \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot a_w = \pi \cdot \left(\frac{168}{2} + \frac{168 + 7 \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot 7$$

$$= 3782 \text{ mm}^2$$

$$A_{w,\parallel} = \frac{2 \cdot A_{w,\perp}}{\pi} = \frac{2 \cdot 3782}{\pi} = 2408 \text{ mm}^2$$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_{w,\perp} \cdot \sqrt{2}} = \frac{8 \cdot 129}{3782 \cdot \sqrt{2}} = 192,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{\sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2}}{A_{w,\parallel}} = \frac{\sqrt{5,6^2 + 6,7^2}}{2408} = 3,6 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{192,7^2 + 3 \cdot (192,7^2 + 3,6^2)} = 385,5 \text{ MPa}$$

$$385,5 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 192,7 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar patní desky vyhoví.

Posouzení na únavu:

Dílčí součinitelé únavové pevnosti:

$$\gamma_{Mf,1} = 1,15, \text{ mírné důsledky porušení}$$

$$\gamma_{Mf,2} = 1,35, \text{ závažné důsledky porušení}$$

$$\gamma_{Ff} = 1,0$$

Poryvový součinitel G :

$$G = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot c_s c_d - 1 = [1 + 7 \cdot 0,148] \cdot 0,897 - 1 = 0,826$$

$T = 50 \text{ let}$, návrhová životnost konstrukce

Počet cyklů n_E :

$$n_E = \frac{T}{50} \cdot 10^5 = 10^5$$

Sklon S-N křivky pro $n_E < 5 \cdot 10^6 \rightarrow m = 3$

Součinitel ekvivalence λ :

$$\lambda = \left(\frac{n_E}{2 \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{m}} = 0,368$$

Součinitel střední hodnoty napětí γ_w :

$$\gamma_w = \frac{\sum F_{m,w}(z)}{\sum F_{t,w}(z)} = \frac{4,104}{7,494} = 0,55$$

kde:

$F_{m,w}(z)$, střední hodnota větru

$F_{t,w}(z)$, nárazové zatížení větrem

Svar patní desky a nárožníku

Napětí od nárazového zatížení větrem:

$$\Delta\sigma = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{8 \cdot 129}{4964} = 207,6 \text{ MPa}$$

$$\Delta\tau = \frac{\sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2}}{\frac{2 \cdot A}{\pi}} = \frac{\sqrt{5,6^2 + 6,7^2}}{\frac{2 \cdot 4964}{\pi}} = 2,8 \text{ MPa}$$

Rozkmit napětí:

$$\Delta\sigma_E = 1,1 \cdot \left(\Delta\sigma - \frac{G}{4} \cdot \Delta\sigma \cdot \gamma_w \right) = 1,1 \cdot \left(207,6 - \frac{0,826}{4} \cdot 207,6 \cdot 0,55 \right) = 202,6 \text{ MPa}$$

$$\Delta\tau_E = 1,1 \cdot \left(\Delta\tau - \frac{G}{4} \cdot \Delta\tau \cdot \gamma_w \right) = 1,1 \cdot \left(2,8 - \frac{0,826}{4} \cdot 2,8 \cdot 0,55 \right) = 2,7 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota rozkmitů jednotlivých napětí:

$$\Delta\sigma_{E,2} = \gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_E = 1,0 \cdot 1,35 \cdot 0,368 \cdot 202,6 = 100,7 \text{ MPa}$$

$$\Delta\tau_{E,2} = \gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf} \cdot \lambda \cdot \Delta\tau_E = 1,0 \cdot 1,35 \cdot 0,368 \cdot 2,7 = 1,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \sqrt{\Delta\sigma_{E,2}^2 + 3 \cdot \Delta\tau_{E,2}^2} = \sqrt{100,7^2 + 3 \cdot 1,3^2} = 100,8 \text{ MPa}$$

Pro kategorii detailu 40 je mez únavy při konstantní amplitudě:

$$\Delta\sigma_D = \left(\frac{2}{5} \right)^{1/3} \cdot \Delta\sigma_C = 0,737 \cdot 40 = 29,5 \text{ MPa}$$

a prahový rozkmit napětí:

$$\Delta\sigma_L = \left(\frac{5}{100} \right)^{1/5} \cdot \Delta\sigma_D = 0,549 \cdot 29,5 = 16,2 \text{ MPa}$$

Počet cyklů na mezi únavy pro:	$\sigma_d \geq \Delta\sigma_D$	$N_R = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\sigma_d} \right)^3$
	$\Delta\sigma_D > \sigma_d \geq \Delta\sigma_L$	$N_R = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\sigma_d} \right)^5$
	$\Delta\sigma_L > \sigma_d$	$N_R = \infty$

$$\rightarrow \sigma_d \geq \Delta\sigma_D$$

$$100,8 > 29,5 \text{ MPa} \rightarrow N_R = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{\Delta\sigma_D}{\sigma_d} \right)^3 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{29,5}{100,8} \right)^3 = 1,25 \cdot 10^5$$

Celkové poškození:

$$D_d = \frac{n_E}{N_R} = \frac{10^5}{1,25 \cdot 10^5} = 0,81 < 1,0$$

Svar patní desky a nárožníku vyhoví na únavu.

Posouzení předpjatých šroubů

Pro tento účel byl využit draft připravované normy prEn 1993-1-9:2023, příloha E

Napětí od nárazového zatížení větrem:

$$\Delta\sigma = \frac{F_B}{A} = \frac{38}{452} = 84,1 \text{ MPa}$$

kde:

F_B , tahová síla ve šroubu

$$F_B = \frac{\delta_c}{\delta_b + \delta_c} F_T = \frac{0,103}{\frac{0,247}{E} + \frac{0,103}{E}} \cdot 129 = 0,29 \cdot 129 = 38 \text{ kN}$$

kde:

δ_c , pružnost sevřených částí – příruby

δ_b , pružnost šroubu

$F_T = 129 \text{ kN}$, tahová síla ve šroubu

$$\delta_c = \frac{L}{A_p \cdot E} = \frac{L}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot \left(s + \frac{L}{10}\right)^2 - d_0^2\right) \cdot E} = \frac{108}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot \left(36 + \frac{108}{10}\right)^2 - 26^2\right) \cdot E} = \frac{0,103}{E}$$

kde:

L , celková tloušťka sevřených částí včetně podložek

$$L = 2 \cdot t_{\text{podložka}} + 2 \cdot t_{\text{příruba}} + t_{\text{vložka}} = 2 \cdot 4 + 2 \cdot 40 + 20 = 108 \text{ mm}$$

$E = 210 \text{ GPa}$, Youngův modul pružnosti

$s = 36 \text{ mm}$, geometrie šroubu

$d_0 = 26 \text{ mm}$, průměr otvoru

A_p , základní plocha stlačeného objemu sevřených součástí v důsledku předpětí

$$\delta_b = \frac{L_1}{1,1 \cdot A_s \cdot E} + \frac{L_2}{A \cdot E} = \frac{70}{1,1 \cdot 353 \cdot E} + \frac{30}{452 \cdot E} = \frac{0,247}{E}$$

kde:

$L_1 = 70 \text{ mm}$, délka části šroubu bez závitu

$L_2 = 30 \text{ mm}$, délka části šroubu se závitem

Rozkmit napětí:

$$\Delta\sigma_E = 1,1 \cdot \left(\Delta\sigma - \frac{G}{4} \cdot \Delta\sigma \cdot \gamma_w\right) = 1,1 \cdot \left(84,1 - \frac{0,826}{4} \cdot 84,1 \cdot 0,55\right) = 82 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota rozkmitů jednotlivých napětí:

$$\Delta\sigma_{E,2} = \gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf} \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_E = 1,0 \cdot 1,35 \cdot 0,368 \cdot 82 = 40,7 \text{ MPa}$$

$\Delta\sigma_c = 50$, pro kategorii detailu 50

$$\frac{\Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf,2}} \leq 1,0$$

$$\frac{40,7}{50 / 1,35} = 0,6 \leq 1,0$$

Šrouby vyhoví na únavu.

Výběr jakostního stupně materiálu:

Napětí pro mimořádnou kombinaci bude uvažováno jako pětina návrhového.

$$\frac{\psi_{1,0} \cdot \gamma_Q \cdot M_{\text{příruba,Ed}}}{\psi_{1,0} \cdot \gamma_Q \cdot M_{\text{příruba,Rd}}} = \frac{0,2 \cdot 1,0}{1,0 \cdot 1,4} \cdot 62 = \frac{1}{5} \cdot 62 = 0,13 \cdot f_y$$

Stanovení referenční teploty T_{Ed} dle ČSN EN 1991-1-10:

$$T_{Ed} = T_{md} + \Delta T_r + \Delta T_\sigma + \Delta T_R + \Delta T_\varepsilon + \Delta T_{\varepsilon cf} = -6 + (-5) + 0 + 0 + 0 + 0 = -11^\circ\text{C}$$

kde:

$T_{md} = -6^{\circ}\text{C}$, nejnižší návrhová provozní teplota vzduchu

$\Delta T_r = -5^{\circ}\text{C}$, největší ztráta vyzařováním, obecné doporučení

$\Delta T_{\sigma} = 0^{\circ}\text{C}$, korekce pro napětí a mez kluzu

$\Delta T_R = 0^{\circ}\text{C}$, požadavek bezpečnosti k zohlednění různé úrovně spolehlivosti pro různá použití

$\Delta T_{\varepsilon} = 0^{\circ}\text{C}$, korekce pro jinou rychlost růstu poměrné deformace než referenční rychlost poměrné deformace

$\Delta T_{ecf} = 0^{\circ}\text{C}$, korekce pro stupeň tvarování za studena

Tabulka 2.1– Největší přípustné tloušťky částí v mm

Třída oceli	Jakostní stupeň	Nárazová práce CVN		Referenční teplota T_{Ed} [$^{\circ}\text{C}$]																				
		při T [$^{\circ}\text{C}$]	J_{min}	$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$					$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$					$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$										
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	10	65	55	45	40	30	25	25	110	90	80	70	60	55	45
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100

Jakostní stupeň oceli S355JR vyhovuje do tloušťky 80mm.

Lamelární poškození:

$$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e = 3 + 5 + 8 + 0 + 0 = 16$$

kde:

Z_a , tloušťka svaru rozhodující pro poměrné protažení od smršťování svaru

Z_b , tvar a umístění svaru

Z_c , vliv tloušťky materiálu na omezení smršťování svaru

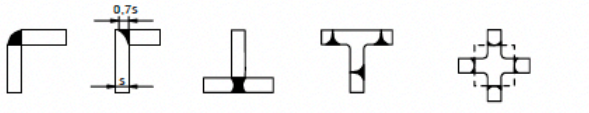
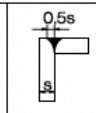
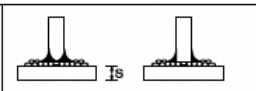
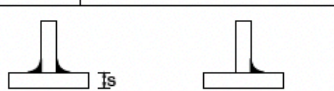
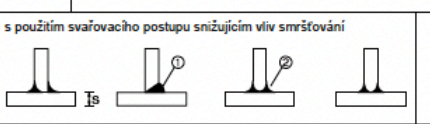
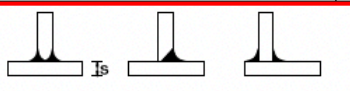

Z_d , nepřímé omezení smršťování po svařování jinou částí konstrukce

Z_e , vliv předehřevu

Požadovaná hodnota Z_{Ed} podle EN 1993-1-10	Třída jakosti (hodnota Z_{Rd} podle EN10164
$Z_{Ed} \leq 10$	- (nepožadována)
$10 < Z_{Ed} \leq 20$	Z15
$20 < Z_{Ed} \leq 30$	Z25
$Z_{Ed} > 30$	Z35

$$Z_{Rd} = Z15$$

Tabulka 3.2 – Kritéria ovlivňující cílovou hodnotu Z_{Ed}

a)	Tloušťka svaru rozhodující pro poměrné protažení od smršťování svaru	Učinná tloušťka svaru a_{eff} (viz obrázek 3.2) = tloušťka a nebezpečného průřezu koutového svaru		Z_1
		$a_{eff} \leq 7 \text{ mm}$	$a = 5 \text{ mm}$	$Z_a = 0$
		$7 < a_{eff} \leq 10 \text{ mm}$	$a = 7 \text{ mm}$	$Z_a = 3$
		$10 < a_{eff} \leq 20 \text{ mm}$	$a = 14 \text{ mm}$	$Z_a = 6$
		$20 < a_{eff} \leq 30 \text{ mm}$	$a = 21 \text{ mm}$	$Z_a = 9$
		$30 < a_{eff} \leq 40 \text{ mm}$	$a = 28 \text{ mm}$	$Z_a = 12$
		$40 < a_{eff} \leq 50 \text{ mm}$	$a = 35 \text{ mm}$	$Z_a = 15$
b)	Tvar a umístění svaru T, křížového a rohového ve spoji			$Z_b = -25$
		rohové spoje		$Z_b = -10$
		jednovrstvé koutové svary $Z_a=0$ nebo koutové svary se $Z_a > 1$ a s úkosy se svařovacím materiálem nízké pevnosti		$Z_b = -5$
		vícevrstvé koutové svary		$Z_b = 0$
		částečně a plně provažené svary	s použitím svařovacího postupu snižujícím vliv smršťování 	$Z_b = 3$
		částečně a plně provažené svary		$Z_b = 5$
		rohové spoje		$Z_b = 8$
c)	Vliv tloušťky materiálu s na omezení smršťování	$s \leq 10 \text{ mm}$	$Z_c = 2$	
		$10 < s \leq 20 \text{ mm}$	$Z_c = 4$	
		$20 < s \leq 30 \text{ mm}$	$Z_c = 6$	
		$30 < s \leq 40 \text{ mm}$	$Z_c = 8$	
		$40 < s \leq 50 \text{ mm}$	$Z_c = 10$	
		$50 < s \leq 60 \text{ mm}$	$Z_c = 12$	
		$60 < s \leq 70 \text{ mm}$	$Z_c = 15$	
d)	Nepřímé omezení smršťování po svařování jinou částí konstrukce	Nízké omezení: Volné smršťování umožněno (např. T-spoje)	$Z_d = 0$	
		Střední omezení: Volné smršťování omezeno (např. diafragma v komorových nosnících)	$Z_d = 3$	
		Vysoké omezení: Volné smršťování neumožněno (např. podélníky ortotropní desky)	$Z_d = 5$	
e)	Vliv přehřevu	Bez přehřevu	$Z_e = 0$	
		Přehřev $\geq 100 \text{ °C}$	$Z_e = -8$	
* Může být redukováno na 50 % pro nosný materiál, ve směru napříč tloušťkou, při tlaku od převažujícího statického zatížení.				

Vytržení kužele betonu:

Dle ČSN EN 1992-4:

$$N_{t,Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}}$$

kde:

 $N_{Rk,c}$, charakteristická únosnost kotvy

$$\gamma_{Mc} = 1,5$$

$$N_{t,Ed} = 660,1 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N}$$

kde:

 $N^0_{Rk,c}$, charakteristická únosnost samostatné kotvy umístěné v betonu a neovlivněné sousední kotvou nebo okrajem betonového prvku $\frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} = 1$, poměr skutečné plochy (stanovené s ohledem na přesahy betonových kuželů sousedících kotev) a referenční plochy kuželů $\psi_{s,N} = 1$, součinitel poruchy rozdělení napětí v betonu vlivem blízkosti okrajů betonového prvku $\psi_{re,N} = 1$, součinitel vyjadřující odloupení tenké vrstvy betonu $\psi_{ec,N} = 1$, součinitel vyjadřující vliv skupiny, pokud na jednotlivé kotvy skupiny působí rozdílná tahová zatížení $\psi_{M,N} = 1$, součinitel vyjadřující účinek tlakové síly mezi kotevní deskou a betonem

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 12,7 \cdot \sqrt{25} \cdot 650^{1,5}$$

kde:

$$k_1 = k_{ucr,N} = 12,7$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa, pro beton C25/30}$$

$$h_{ef} = 650 \text{ mm, výška kužele betonu}$$

$$660,1 \leq \frac{12,7 \cdot \sqrt{25} \cdot 650^{1,5}}{1,5}$$

$$\mathbf{660,1 \leq 701,5 \text{ kN}}$$

Navržená výška kužele vyhoví.

Délka zabetonované trubky – funkce smykové zarážky:

TR 168,3/12,5

Vnitřní síly:

$$R_v = 53,5 \text{ kN}$$

$$h \geq \frac{R_v}{b \cdot f_{cd}} = \frac{53,5}{168,3 \cdot 16,7}$$

$$h \geq 19 \text{ mm}$$

kde:

 $b = 168,3 \text{ mm}$, délka/ průměr zarážky $f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}$, pro beton C25/30

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{3888 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 797 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} \geq R_v$$

$$797 > 53,5 \text{ kN}$$

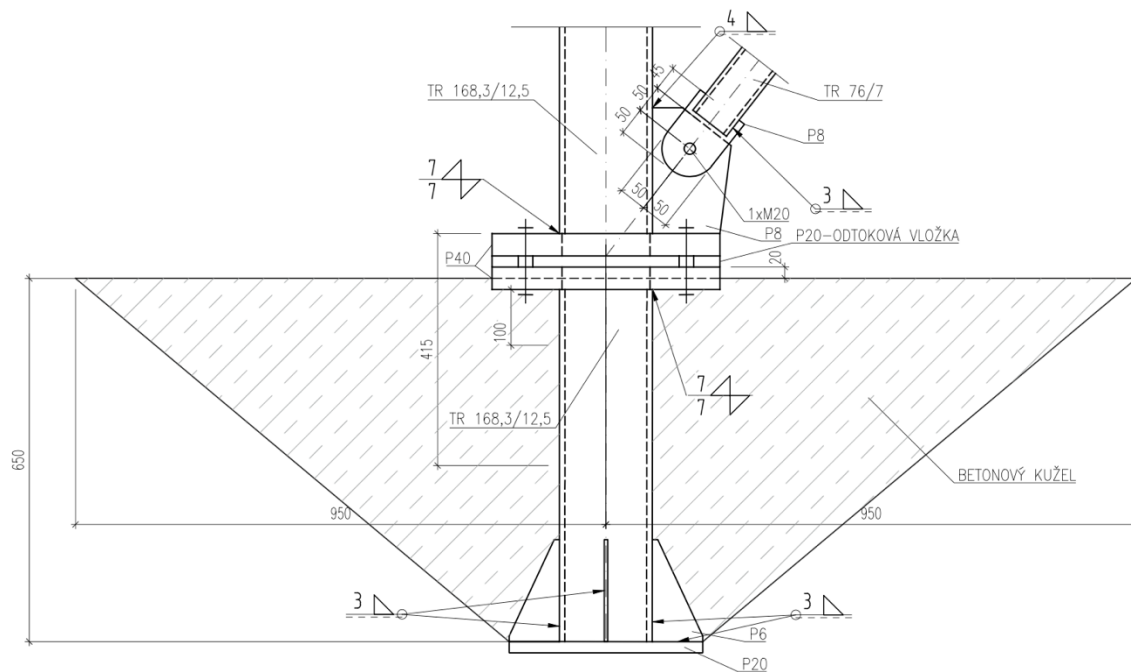
$$M_{Rd} = W_{pl} \cdot f_y = W_{pl} \cdot f_y = 303 \cdot 10^3 \cdot 355 = 107,6 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = R_v \cdot e = 53,5 \cdot 415 = 22,2 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$107,6 > 22,2 \text{ kN}$$

Je navržený profil TR 168,3/12,5 délky 650 mm.



6.1. Přírubový spoj vnitřní nárožník – vnitřní nárožník

6.1.1. Úroveň G (DET. 2)

Vnitřní síly:

$$N_{t,Ed} = 402,5 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{1,7^2 + 3,4^2} = 3,8 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů:

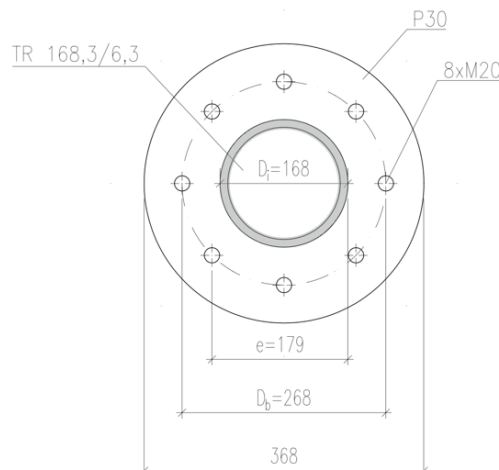
8x M20 (8.8)

$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$, mez pevnosti materiálu šroubu (8.8)

$f_u = 490 \text{ MPa}$, mez pevnosti spojovaných prvků

$A = 314 \text{ mm}^2$

$A_s = 245 \text{ mm}^2$



Osová síla ve šroubu dle ČSN EN 1993-3-1:

$$N_b = \frac{N \cdot k_p}{n} = \frac{N_{t,Ed} \cdot k_p}{n} + \frac{M_{Ed} \cdot k_p}{e} = \frac{402,5 \cdot 1,2}{8} + \frac{5}{0,179} \cdot 1,2 = 72 \text{ kN}$$

kde:

N , tahová síla v nárožníku

$k_p = 1,2$, součinitel páčení pro předepnuté šrouby

n , počet šroubů

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 314 \cdot 800}{1,25} = 141 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 245 \cdot 800}{1,25} = 121 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,758 \cdot 22 \cdot 30 \cdot 490}{1,25} = 445 \text{ kN}$$

$$N_b \leq F_{t,Rd}$$

$$72 \leq 141 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{n} \leq \text{MIN}\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}$$

$$\frac{3,8}{8} \leq \text{MIN}\{121; 445\}$$

$$0,5 \leq 121 \text{ kN}$$

Únosnost příruby na kružnici procházející dírami pro šrouby při kombinaci ohybu a smyku dle ČSN EN 1993-3-1:

$$M = \frac{N \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(n \cdot N_b) \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(8 \cdot 72) \cdot (0,268 - 0,168)}{2} = 29 \text{ kNm}$$

kde:

$N = n \cdot N_b$, tahová síla v nárožníku

D_b , průměr kružnice procházející středy děr pro šrouby

D_i , průměr nárožníku

$$M_{příruba,Rd} = \frac{1}{6} \cdot (l_{příruba} - n \cdot d_0) \cdot t^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{6} \cdot (842 - 8 \cdot 22) \cdot 30^2 \cdot \frac{355}{1,0} = 36 \text{ kNm}$$

kde:

$l_{příruba}$, obvod kružnice procházející dírami pro šrouby

n , počet šroubů

d_0 , díra pro šroub

t , tloušťka příruby

$$M \leq M_{příruba,Rd} \\ \mathbf{29 \leq 36 \text{ kNm}}$$

Posouzení svaru:

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

$$A_{w,\perp} = \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} + \frac{D_i + a_w \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot a_w = \pi \cdot \left(\frac{168}{2} + \frac{168 + 4 \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot 4 \\ = 2141 \text{ mm}^2$$

$$A_{w,\parallel} = \frac{2 \cdot A_{w,\perp}}{\pi} = \frac{2 \cdot 2141}{\pi} = 1363 \text{ mm}^2$$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_{w,\perp} \cdot \sqrt{2}} = \frac{8 \cdot 72}{2141 \cdot \sqrt{2}} = 189 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{\sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2}}{A_{w,\parallel}} = \frac{\sqrt{1,7^2 + 3,4^2}}{1363} = 2,8 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{189^2 + 3 \cdot (189^2 + 2,8^2)} = 378,1 \text{ MPa}$$

$$378,1 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 189 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví.

6.2. Přírubový spoj nárožník – nárožník

6.2.1. Úroveň G (DET. 3)

Vnitřní síly:

$$N_{t,Ed} = 451,5 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2} = \sqrt{15^2 + 13,2^2} = 20,0 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{7,5^2 + 8^2} = 11 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů:

8x M20 (8.8)

$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$, mez pevnosti materiálu šroubu (8.8)

$f_u = 490 \text{ MPa}$, mez pevnosti spojovaných prvků

$$A = 314 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

Osová síla ve šroubu dle ČSN EN 1993-3-1:

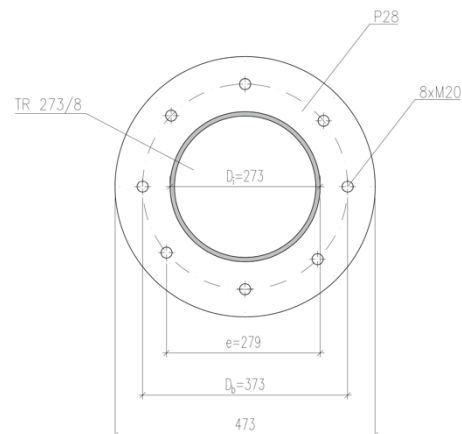
$$N_b = \frac{N \cdot k_p}{n} = \frac{N_{t,Ed} \cdot k_p}{n} + \frac{M_{Ed} \cdot k_p}{e} = \frac{451,5 \cdot 1,2}{8} + \frac{20}{0,279} \cdot 1,2 = 96 \text{ kN}$$

kde:

N , tahová síla v nárožníku

$k_p = 1,2$, součinitel páčení pro předepnuté šrouby

n , počet šroubů



Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 245 \cdot 800}{1,25} = 141 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 314 \cdot 800}{1,25} = 121 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,758 \cdot 22 \cdot 28 \cdot 490}{1,25} = 416 \text{ kN}$$

$$N_b \leq F_{t,Rd}$$

$$96 \leq 141 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{n} \leq \text{MIN}\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}$$

$$\frac{11}{8} \leq \text{MIN}\{121; 416\}$$

$$1,4 \leq 121 \text{ kN}$$

Únosnost příruby na kružnici procházející dírami pro šrouby při kombinaci ohybu a smyku dle ČSN EN 1993-3-1:

$$M = \frac{N \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(n \cdot N_b) \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(8 \cdot 96) \cdot (0,373 - 0,273)}{2} = 39 \text{ kNm}$$

kde:

$N = n \cdot N_b$, tahová síla v nárožníku

D_b , průměr kružnice procházející středy děr pro šrouby

D_i , průměr nárožníku

$$M_{příruba,Rd} = \frac{1}{6} \cdot (l_{příruba} - n \cdot d_0) \cdot t^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{6} \cdot (1172 - 8 \cdot 22) \cdot 28^2 \cdot \frac{355}{1,0} = 46 \text{ kNm}$$

kde:

$l_{příruba}$, obvod kružnice procházející dírami pro šrouby

n , počet šroubů

d_0 , díra pro šroub

t , tloušťka příruby

$$M \leq M_{příruba,Rd}$$

$$39 \leq 46 \text{ kNm}$$

Posouzení svaru:

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

$$A_{w,\perp} = \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} + \frac{D_i + a_w \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot a_w = \pi \cdot \left(\frac{273}{2} + \frac{273 + 4 \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot 4$$

$$= 3457 \text{ mm}^2$$

$$A_{w,\parallel} = \frac{2 \cdot A_{w,\perp}}{\pi} = \frac{2 \cdot 3457}{\pi} = 2201 \text{ mm}^2$$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_{w,\perp} \cdot \sqrt{2}} = \frac{8 \cdot 96}{3457 \cdot \sqrt{2}} = 157,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{\sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2}}{A_{w,\parallel}} = \frac{\sqrt{7,5^2 + 8^2}}{2201} = 5 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{157,9^2 + 3 \cdot (157,9^2 + 5^2)} = 315,8 \text{ MPa}$$

$$315,8 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 157,9 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví.

6.2.2. Úroveň A (DET. 4)

Vnitřní síly:

$$N_{t,Ed} = 176,5 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2} = \sqrt{18,1^2 + 33,75^2} = 38,3 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{16,4^2 + 8,8^2} = 18,6 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů:

6x M24 (8.8)

$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$, mez pevnosti materiálu šroubu (8.8)

$f_u = 490 \text{ MPa}$, mez pevnosti spojovaných prvků

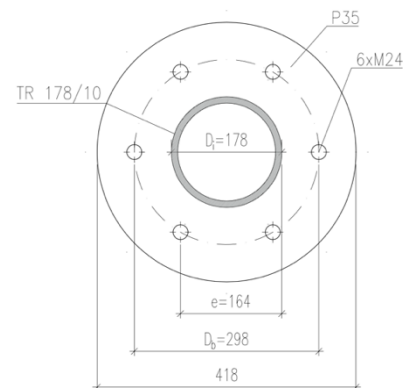
$A = 452 \text{ mm}^2$

$A_s = 353 \text{ mm}^2$

Osová síla ve šroubu dle ČSN EN 1993-3-1:

$$N_b = \frac{N \cdot k_p}{n} = \frac{N_{t,Ed} \cdot k_p}{n} + \frac{\frac{M_{Ed}}{e} \cdot k_p}{3} = \frac{176,5 \cdot 1,2}{6} + \frac{38,3}{0,164} \cdot 1,2$$

$$= 129 \text{ kN}$$



kde:

N , tahová síla v nárožníku

$k_p = 1,2$, součinitel páčení pro předepnuté šrouby

n , počet šroubů

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 353 \cdot 800}{1,25} = 203 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 452 \cdot 800}{1,25} = 174 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,769 \cdot 26 \cdot 35 \cdot 490}{1,25} = 633 \text{ kN}$$

$$N_b \leq F_{t,Rd}$$

$$129 \leq 203 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{n} \leq \text{MIN}\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}$$

$$\frac{18,6}{6} \leq \text{MIN}\{174; 633\}$$

$$3,1 \leq 121 \text{ kN}$$

Únosnost příruby na kružnici procházející dírami pro šrouby při kombinaci ohybu a smyku dle ČSN EN 1993-3-1:

$$M = \frac{N \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(n \cdot N_b) \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(6 \cdot 129) \cdot (0,298 - 0,178)}{2} = 46 \text{ kNm}$$

kde:

$N = n \cdot N_b$, tahová síla v nárožníku

D_b , průměr kružnice procházející středy děr pro šrouby

D_i , průměr nárožníku

$$M_{příruba,Rd} = \frac{1}{6} \cdot (l_{příruba} - n \cdot d_0) \cdot t^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{6} \cdot (936 - 6 \cdot 26) \cdot 35^2 \cdot \frac{355}{1,0} = 57 \text{ kNm}$$

kde:

$l_{příruba}$, obvod kružnice procházející dírami pro šrouby

n , počet šroubů

d_0 , díra pro šroub

t , tloušťka příruby

$$M \leq M_{příruba,Rd}$$

$$46 \leq 57 \text{ kNm}$$

Posouzení svaru:

$$a_w = 5 \text{ mm}$$

$$A_{w,\perp} = \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} + \frac{D_i + a_w \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot a_w = \pi \cdot \left(\frac{178}{2} + \frac{178 + 5 \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot 5$$

$$= 2837 \text{ mm}^2$$

$$A_{w,\parallel} = \frac{2 \cdot A_{w,\perp}}{\pi} = \frac{2 \cdot 2837}{\pi} = 1806 \text{ mm}^2$$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_{w,\perp} \cdot \sqrt{2}} = \frac{6 \cdot 129}{2837 \cdot \sqrt{2}} = 192,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{\sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2}}{A_{w,\parallel}} = \frac{\sqrt{16,4^2 + 8,8^2}}{1806} = 10,3 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{192,5^2 + 3 \cdot (192,5^2 + 10,3^2)} = 385,3 \text{ MPa}$$

$$385,3 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 192,5 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví.

6.3. Přípoj diagonály a horizontály k vnitřnímu nárožníku (DET. 5)

Úroveň G

6.3.1. Šroubový přípoj diagonály

Vnitřní síly:

$$N_{t,Ed} = 118,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = N_{t,Ed} \cdot \cos 38^\circ = 118,4 \cdot \cos 38^\circ = 93,3 \text{ kN}$$

$$F_{H,Ed} = N_{t,Ed} \cdot \sin 38^\circ = 118,4 \cdot \sin 38^\circ = 72,6 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů:

1x M20 (8.8)

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa, mez pevnosti materiálu šroubu (8.8)}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa, mez pevnosti spojovaných prvků}$$

$$A = 314 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 314 \cdot 800}{1,25} = 121 \text{ kN}$$

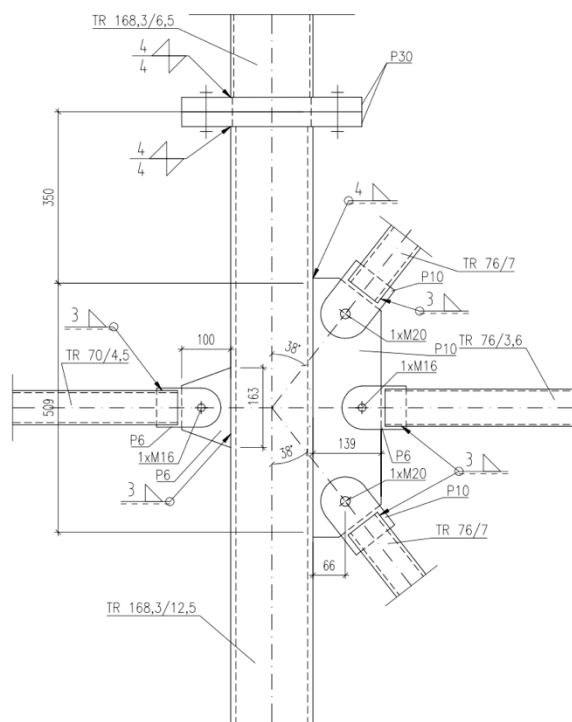
Únosnost jednoho šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,758 \cdot 22 \cdot 10 \cdot 490}{1,25} = 148 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} \leq \text{MIN}\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}$$

$$118,4 \leq \text{MIN}\{121; 148\}$$

$$118,4 \leq 121 \text{ kN}$$



6.3.2. Šroubový přípoj horizontály

Vnitřní síly:

$$N_{t,Ed} = 11,1 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů:

1x M16 (8.8)

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa, mez pevnosti materiálu šroubu (8.8)}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa, mez pevnosti spojovaných prvků}$$

$$A = 201 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 201 \cdot 800}{1,25} = 77 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,741 \cdot 18 \cdot 6 \cdot 490}{1,25} = 70 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} \leq \text{MIN}\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}$$

$$N_{t,Ed} \leq \text{MIN}\{77; 70\}$$

$$\mathbf{11,1 \leq 70 \text{ kN}}$$

Posouzení svaru:

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

$$L = 509 \text{ mm}$$

$$A_{w,\perp} = L \cdot a_w = 509 \cdot 2 \cdot 4 = 4072 \text{ mm}^2$$

$$W_w = \frac{2 \cdot a_w \cdot L^2}{6} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 509^2}{6} = 345,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Napětí ve svaru:

$$\begin{aligned} \sigma_{\perp} = \tau_{\perp} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{\text{horizontály},t,Ed} + F_{H,Ed} - F_{H,Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L} \right. \\ &\quad \left. + \frac{2 \cdot e \cdot F_{H,Ed}}{W_w} \right) \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{11,1 + 72,6 - 72,6}{2 \cdot 4 \cdot 509} + \frac{2 \cdot 45 \cdot 72,6}{345,4 \cdot 10^3} \right) \\ &= 14,6 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{v,Ed} \cdot 2}{2 \cdot a_w \cdot L} = \frac{93,3 \cdot 2}{2 \cdot 4 \cdot 509} = 45,9 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &= \sqrt{14,6^2 + 3 \cdot (14,6^2 + 45,9^2)} \\ &= 84,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$84,8 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 14,6 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví.

6.3.3. Šroubový přípoj hvězdicovitého ztužení

Vnitřní síly:

$$N_{t,Ed} = 16,7 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů:

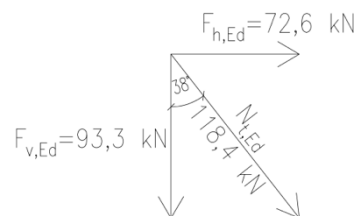
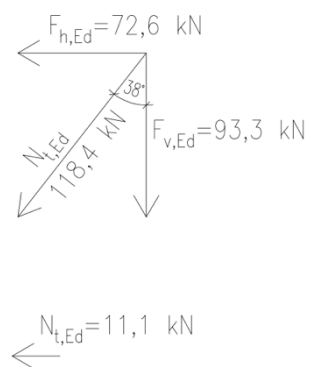
6x M16 (8.8)

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa, mez pevnosti materiálu šroubu (8.8)}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa, mez pevnosti spojovaných prvků}$$

$$A = 201 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$



Únosnost jednoho šroubu ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 201 \cdot 800}{1,25} = 77 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,741 \cdot 18 \cdot 6 \cdot 490}{1,25} = 70 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} \leq \text{MIN}\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}$$

$$N_{t,Ed} \leq \text{MIN}\{77; 70\}$$

$$\mathbf{16,7 \leq 70 \text{ kN}}$$

Posouzení svaru:

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$L = 163 \text{ mm}$$

$$A_{w,\perp} = L \cdot a_w = 163 \cdot 2 \cdot 3 = 1638 \text{ mm}^2$$

$$W_w = \frac{2 \cdot a_w \cdot L^2}{6} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 273^2}{6} = 74,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{t,Ed}}{A_{w,\perp}} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{8,8}{1638} \right) = 3,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{3,8^2 + 3 \cdot (3,8^2 + 0)} = 7,6 \text{ MPa}$$

$$7,6 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 3,8 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví.

6.4. Přípoj hvězdicovitého ztužení k nárožníku (DET. 6)

Úroveň H

Montážní přírubový spoj trubky ztužení

Vnitřní síly:

$$N_{t,Ed} = 21,9 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \sqrt{M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2} = \sqrt{1^2 + 0,1^2} = 1,0 \text{ kNm}$$

Posouzení šroubů:**6x M16 (8.8)** $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$, mez pevnosti materiálu šroubu (8.8) $f_u = 490 \text{ MPa}$, mez pevnosti spojovaných prvků $A = 201 \text{ mm}^2$ $A_s = 157 \text{ mm}^2$

Osová síla ve šroubu dle ČSN EN 1993-3-1:

$$N_b = \frac{N \cdot k_p}{n} = \frac{N_{t,Ed} \cdot k_p}{n} + \frac{M_{Ed} \cdot k_p}{e} = \frac{21,9 \cdot 1,2}{6} + \frac{1}{0,097} \cdot 1,2$$

$$= 9 \text{ kN}$$

kde:

 N , tahová síla v nárožníku $k_p = 1,2$, součinitel páčení pro předepnuté šrouby n , počet šroubů

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 157 \cdot 800}{1,25} = 90 \text{ kN}$$

$$N_b \leq F_{t,Rd}$$

$$9 \leq 90 \text{ kN}$$

Únosnost příruby na kružnici procházející dírami pro šrouby při kombinaci ohybu a smyku dle ČSN EN 1993-3-1:

$$M = \frac{N \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(n \cdot N_b) \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(6 \cdot 9) \cdot (0,182 - 0,102)}{2} = 2 \text{ kNm}$$

kde:

 $N = n \cdot N_b$, tahová síla v nárožníku D_b , průměr kružnice procházející středy děr pro šrouby D_i , průměr nárožníku

$$M_{příruba,Rd} = \frac{1}{6} \cdot (l_{příruba} - n \cdot d_0) \cdot t^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{6} \cdot (572 - 6 \cdot 18) \cdot 12^2 \cdot \frac{355}{1,0} = 4 \text{ kNm}$$

kde:

 $l_{příruba}$, obvod kružnice procházející dírami pro šrouby n , počet šroubů d_0 , díra pro šroub t , tloušťka příruby

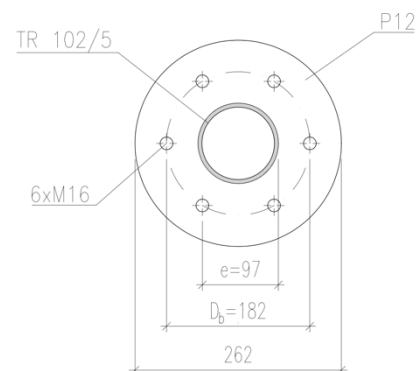
$$M \leq M_{příruba,Rd}$$

$$2 \leq 4 \text{ kNm}$$

Posouzení svaru: $a_w = 3 \text{ mm}$

$$A_{w,\perp} = \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} + \frac{D_i + a_w \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot a_w = \pi \cdot \left(\frac{102}{2} + \frac{102 + 3 \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot 3$$

$$= 976 \text{ mm}^2$$



$$A_{w,\parallel} = \frac{2 \cdot A_{w,\perp}}{\pi} = \frac{2 \cdot 976}{\pi} = 621 \text{ mm}^2$$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_{w,\perp} \cdot \sqrt{2}} = \frac{6 \cdot 9}{976 \cdot \sqrt{2}} = 37 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{\sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2}}{A_{w,\parallel}} = \frac{\sqrt{1^2 + 0,1^2}}{621} = 1,0 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{37^2 + 3 \cdot (37^2 + 1^2)} = 74,1 \text{ MPa}$$

$$74,1 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 37 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví.

Svar trubky ztužení k nárožníku

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$A_{w,\perp} = \pi \cdot D_i \cdot a_w = \pi \cdot 102 \cdot 3 = 961 \text{ mm}^2$$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_{w,\perp} \cdot \sqrt{2}} = \frac{6 \cdot 9}{961 \cdot \sqrt{2}} = 37,6 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{37,6^2 + 3 \cdot (37,6^2 + 0^2)} = 75,2 \text{ MPa}$$

$$75,2 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 37,6 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví.

6.5. Přípoj hvězdicového ztužení a horizontál (DET. 7)

Úroveň G

6.5.1. Montážní přírubový spoj trubky ztužení

Vnitřní síly:

$$N_{t,Ed} = 16,7 \text{ kN}$$

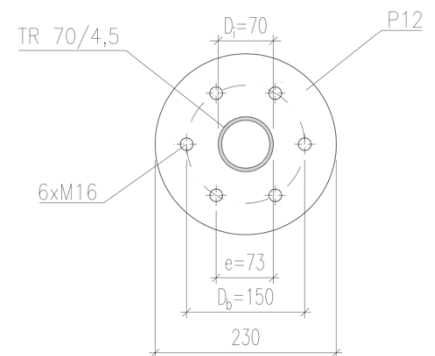
$$M_{Ed} = \sqrt{M_{y,Ed}^2 + M_{z,Ed}^2} = \sqrt{0^2 + 0,6^2} = 0,6 \text{ kNm}$$

Posouzení šroubů:**6x M16 (8.8)** $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$, mez pevnosti materiálu šroubu (8.8) $f_u = 490 \text{ MPa}$, mez pevnosti spojovaných prvků $A = 201 \text{ mm}^2$ $A_s = 157 \text{ mm}^2$

Osová síla ve šroubu dle ČSN EN 1993-3-1:

$$N_b = \frac{N \cdot k_p}{n} = \frac{N_{t,Ed} \cdot k_p}{n} + \frac{M_{Ed} \cdot k_p}{e} = \frac{16,7 \cdot 1,2}{6} + \frac{1}{0,073} \cdot 1,2$$

$$= 7 \text{ kN}$$



kde:

 N , tahová síla v nárožníku $k_p = 1,2$, součinitel páčení pro předepnuté šrouby n , počet šroubů

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 157 \cdot 800}{1,25} = 90 \text{ kN}$$

$$N_b \leq F_{t,Rd}$$

$$7 \leq 90 \text{ kN}$$

Únosnost příruby na kružnici procházející dírami pro šrouby při kombinaci ohybu a smyku dle ČSN EN 1993-3-1:

$$M = \frac{N \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(n \cdot N_b) \cdot (D_b - D_i)}{2} = \frac{(6 \cdot 7) \cdot (0,150 - 0,07)}{2} = 2 \text{ kNm}$$

kde:

 $N = n \cdot N_b$, tahová síla v nárožníku D_b , průměr kružnice procházející středy děr pro šrouby D_i , průměr nárožníku

$$M_{příruba,Rd} = \frac{1}{6} \cdot (l_{příruba} - n \cdot d_0) \cdot t^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{6} \cdot (471 - 6 \cdot 18) \cdot 12^2 \cdot \frac{355}{1,0} = 3,1 \text{ kNm}$$

kde:

 $l_{příruba}$, obvod kružnice procházející dírami pro šrouby n , počet šroubů d_0 , díra pro šroub t , tloušťka příruby

$$M \leq M_{příruba,Rd}$$

$$2 \leq 3,1 \text{ kNm}$$

Posouzení svaru: $a_w = 3 \text{ mm}$

$$A_{w,\perp} = \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} + \frac{D_i + a_w \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot a_w = \pi \cdot \left(\frac{70}{2} + \frac{70 + 3 \cdot \cos(45) \cdot 2}{2} \right) \cdot 3 = 675 \text{ mm}^2$$

$$A_{w,\parallel} = \frac{2 \cdot A_{w,\perp}}{\pi} = \frac{2 \cdot 675}{\pi} = 429 \text{ mm}^2$$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_{w,\perp} \cdot \sqrt{2}} = \frac{6 \cdot 7}{675 \cdot \sqrt{2}} = 41,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{\sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2}}{A_{w,\parallel}} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,6^2}}{429} = 1,4 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{41,7^2 + 3 \cdot (41,7^2 + 1,4^2)} = 83,4 \text{ MPa}$$

$$83,4 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 41,7 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví.

6.5.2. Šroubový přípoj hlavní horizontály

Vnitřní síly:

$$N_{t,Ed} = 8,8 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů:

1x M16 (8.8)

$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$, mez pevnosti materiálu šroubu (8.8)

$f_u = 490 \text{ MPa}$, mez pevnosti spojovaných prvků

$A = 201 \text{ mm}^2$

$A_s = 157 \text{ mm}^2$

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 201 \cdot 800}{1,25} = 77 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,741 \cdot 18 \cdot 6 \cdot 490}{1,25} = 70 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} \leq \text{MIN}\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\}$$

$$N_{t,Ed} \leq \text{MIN}\{77; 70\}$$

$$\mathbf{8,8 \leq 70 \text{ kN}}$$

Posouzení svaru:

$a_w = 3 \text{ mm}$

$L = 273 \text{ mm}$

$A_{w,\perp} = L \cdot a_w = 273 \cdot 2 \cdot 3 = 1638 \text{ mm}^2$

$W_w = \frac{2 \cdot a_w \cdot L^2}{6} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 273^2}{6} = 74,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{N_{t,Ed}}{A_{w,\perp}} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{8,8}{1638} \right) = 3,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{3,8^2 + 3 \cdot (3,8^2 + 0)} = 7,6 \text{ MPa}$$

$$7,6 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 3,8 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví.

Posouzení svaru trubek hvězdicového ztužení:

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$A_{w,\perp} = \pi \cdot D_i \cdot a_w = \pi \cdot 70 \cdot 3 = 660 \text{ mm}^2$$

Napětí ve svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_{w,\perp} \cdot \sqrt{2}} = \frac{6 \cdot 7}{660 \cdot \sqrt{2}} = 42,6 \text{ MPa}$$

Posudek napětí:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{42,6^2 + 3 \cdot (42,6^2 + 0^2)} = 85,2 \text{ MPa}$$

$$75,2 \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 42,6 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví.

7. Posouzení rozhledny na MSP

Norma neuvádí mezní hodnotu pro výchylku ve vrcholu věží. Byla stanovena orientační hodnota $\frac{h}{200}$ pro posouzení.

Úroveň	Výška	Výška panelu	Deformace	Stanovený limit
	z	h _i	U _{total}	z/200
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]
Ježíš	74,060	8000		
Ježíš pod	66,060	6000	183,4	330,3
A	60,060	8580	101,1	300,3
B	51,480	8580	105,1	257,4
C	42,900	8580	83,7	214,5
D	34,320	4290	67,9	171,6
E	30,030	4290	58,7	150,15
F	25,740	8580	47,5	128,7
G	17,160	8580	26,2	85,8
H	8,580	8580	10,2	42,9

Pro zvolenou limitní deformaci $\frac{h}{200}$ rozhledna vyhoví.

8. Použité programy

SCIA Engineer 21 studentská verze

AutoCAD 2021 studentská verze

MS Word Office 365

MS Excel Office 365

9. Použité normy, literatura a ostatní zdroje

Normy:

- [1] ČSN EN 1991-1-1 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, březen 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-4 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, duben 2013.
- [3] EN 1991-1-5: Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-5: General actions – Thermalactions. The European Union Per Regulation, March 2003.
- [4] Anejo Nacional AN/UNE-EN 1991-1-5, Eurocódigo 1: Acciones en estructuras, Parte 1-5: Acciones generales. Acciones térmicas .
- [5] ČSN EN 1993-1-1 ed. 2 (731401): Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, červenec 2011.
- [6] ČSN EN 1993-3-1 (731431): Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 3-1: Stožáry a komíny - Stožáry. Praha: Český normalizační institut, září 2008.
- [7] CEN/TC 250/SC 3/WG 14 N 47, Final draft of EN 1993-3. Berlin, 04-2021.
- [8] ČSN EN 1992-4 (73 1220) Eurokód 2: Návrhová betonových konstrukcí – Část 4: Navrhování kotvení do betonu. Praha: Český normalizační institut, listopad 2021.
- [9] ČSN EN 1993-1-9 ed. 2 (731401): Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2013.
- [10] CEN/TC 250/SC 3 N 3751, prEN 1993-1-9 with corrected figures, 02-2022.
- [11] ČSN EN ISO 12944-1 (03 8241): Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 1: Obecné zásady. Praha: Český normalizační institut, září 2018.
- [12] ČSN EN ISO 12944-9 (03 8241): Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 9: Ochranné nátěrové systémy a laboratorní metody zkoušení jejich odolnosti pro konstrukce vystavené přímořským a obdobným podmínkám. Praha: Český normalizační institut, únor 2020.

[13] ČSN EN 1090-2 (73 2601): Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce. Praha: Český normalizační institut, únor 2019.

[14] Norma Brasileira ABNT NBR 6123:1988, Forças devidas ao vento em edificações. Comitê Brasileiro de Construção Civil, maio 3013.

Ostatní zdroje:

[15] SOKOL, Zdeněk a František WALD. Ocelové konstrukce: tabulky. V Praze: České vysoké učení technické, 2017. ISBN 978-80-01-06032-2.

[16] *Dlubal Software: Oblasti zatížení sněhem, větrem a zemětřesením* [online]. [cit. 2022-09-10]. Dostupné z: <https://www.dlubal.com/cs/reseni/online-sluzby/oblasti-zatizeni-snehem-vetrem-a-zemetresenim>

Seznam obrázků:

Obrázek 1.: Umístění na mapě	4
Obrázek 2.: Bližší umístění na mapě	4
Obrázek 3.: Vizualizace rozhledny	5
Obrázek 4.: Schéma rozhledny	6
Obrázek 5.: Maximální teploty pro Španělsko dle EN 1991-1-5, španělská národní příloha	9
Obrázek 6.: Klimatické zóny Španělska dle EN 1991-1-5, španělská národní příloha	10
Obrázek 7.: Minimální teploty vzduchu pro klimatické zóny dle EN 1991-1-5, španělská národní příloha	10
Obrázek 8.: Schéma směru větru na konstrukci	11
Obrázek 9.: Délky prvků v díle H.	17
Obrázek 10.: Schéma k výpočtu součinitele plnosti konstrukce	19
Obrázek 11.: Schéma pro výpočet návětrné plochy schodiště	21
Obrázek 12.: Zjednodušená geometrie pro určení rozměrů l a b.	23
Obrázek 13.: ČSN EN 1993-3-1, tabulkou B.2.1	26
Obrázek 14.: Redukční součinitele pro celkový tvarový součinitel osamělého příslušenství	26
Obrázek 15.: Určení kategorie terénu a třídy konstrukce dle ABNT NBR 6123:1988	30
Obrázek 16.: Tabulka pro určení skupiny konstrukce	31
Obrázek 17.: Stanovení pravděpodobnosti překročení	31
Obrázek 18.: Tabulka pro stanovení dynamických efektů	32
Obrázek 19.: Stanovení dynamického součinitele pro terén kategorie II	32
Obrázek 20.: ZS2	37
Obrázek 21.: ZS3/ZS4	37
Obrázek 22.: ZS2	39
Obrázek 23.: ZS3	40
Obrázek 24.: ZS4	40
Obrázek 25.: ZS2	41
Obrázek 26.: ZS3	42
Obrázek 27.: ZS4	42

Seznam tabulek:

<i>Tab. č. 1: Zatížení vlastní tíhou malé plošiny</i>	<i>7</i>
<i>Tab. č. 2: Zatížení vlastní tíhou velké plošiny</i>	<i>7</i>
<i>Tab. č. 3: Zatížení vlastní tíhou výtahové šachty</i>	<i>7</i>
<i>Tab. č. 4: Zatížení vlastní tíhou schodiště</i>	<i>8</i>
<i>Tab. č. 5: Zatížení vlastní tíhou schodišťové podesty</i>	<i>8</i>
<i>Tab. č. 6: Užité zatížení</i>	<i>8</i>
<i>Tab. č. 7: Parametry pro výpočet součinitele expozice</i>	<i>13</i>
<i>Tab. č. 8.: Hmotnost prvků</i>	<i>14</i>
<i>Tab. č. 9.: Hodnoty pro výpočet logaritmického dekrementu aerodynamického útlumu</i>	<i>14</i>
<i>Tab. č. 10.: Délky prvků na běžný metr</i>	<i>18</i>
<i>Tab. č. 11.: Reynoldsovo číslo</i>	<i>18</i>
<i>Tab. č. 12.: Průměty ploch prvků</i>	<i>19</i>
<i>Tab. č. 13.: Součinitel plnosti konstrukce</i>	<i>19</i>
<i>Tab. č. 14.: Tvarový součinitel konstrukčních prvků</i>	<i>20</i>
<i>Tab. č. 15.: Celkový tvarový součinitel konstrukčních prvků pro směr větru 0°</i>	<i>20</i>
<i>Tab. č. 16.: Celkový tvarový součinitel konstrukčních prvků pro směr větru 22,5°</i>	<i>21</i>
<i>Tab. č. 17.: Návětrná plocha schodiště</i>	<i>21</i>
<i>Tab. č. 18.: Reynoldsovo číslo schodišťových prvků</i>	<i>22</i>
<i>Tab. č. 19.: Tvarový součinitel</i>	<i>22</i>
<i>Tab. č. 20.: Návětrné plochy vyhlídkových plošin</i>	<i>22</i>
<i>Tab. č. 21.: Celkový tvarový součinitel liniového příslušenství pro směr větru 0°</i>	<i>24</i>
<i>Tab. č. 22.: Celkový tvarový součinitel liniového příslušenství pro směr větru 22,5°</i>	<i>25</i>

Tab. č. 23.: Tvarové součinitele osamělého příslušenství	25
Tab. č. 24.: Celkový tvarový součinitel pro směr větru 0°	27
Tab. č. 25.: Celkový tvarový součinitel pro směr větru 22,5°	27
Tab. č. 26.: parametry pro ověření platnosti ekvivalentní statické metody	28
Tab. č. 27.: Střední zatížení větrem ve směru 0°	28
Tab. č. 28.: Střední zatížení větrem ve směru 22,5°	29
Tab. č. 29.: Ekvivalentní nárazové zatížení stožáru ve směru 0°	29
Tab. č. 30.: Ekvivalentní nárazové zatížení stožáru ve směru 22,5°	30
Tab. č. 31.: Maximální dynamický tlak větru	33
Tab. č. 32.: Zatížení větrem ve směru 0°	33
Tab. č. 33.: Zatížení větrem ve směru 22,5°	33
Tab. č. 34.: Výpis zatěžovacích stavů	34
Tab. č. 35.: Posouzení nárožníků na vzpěr	53
Tab. č. 36.: Využití nárožníků v ohybu	53
Tab. č. 37.: Posouzení nárožníků na interakci tlaku a ohybu	54
Tab. č. 38.: Posouzení vnitřních nárožníků na vzpěr	55
Tab. č. 39.: Využití vnitřních nárožníků v ohybu	55
Tab. č. 40.: Posouzení vnitřních nárožníků na interakci tlaku a ohybu	56
Tab. č. 41.: Posouzení hvězdicového ztužení na vzpěr	57
Tab. č. 42.: Využití hvězdicového ztužení v ohybu	57
Tab. č. 43.: Posouzení hvězdicového ztužení na interakci tlaku a ohybu	58
Tab. č. 44.: Posouzení hlavních horizontál na vzpěr	59
Tab. č. 45.: Využití hlavních horizontál v ohybu	59
Tab. č. 46.: Posouzení hlavních horizontál na interakci tlaku a ohybu	60
Tab. č. 47.: Posouzení diagonál na vzpěr	61
Tab. č. 48.: Využití diagonál v ohybu	61
Tab. č. 49.: Posouzení diagonál na interakci tlaku a ohybu	62
Tab. č. 50.: Posouzení schodišťových svislic na vzpěr	63
Tab. č. 51.: Využití schodišťových svislic v ohybu	63
Tab. č. 52.: Posouzení schodišťových svislic na interakci tlaku a ohybu	64
Tab. č. 53.: Posouzení trubek okolo výtahové šachty na vzpěr	65
Tab. č. 54.: Využití trubek okolo výtahové šachty v ohybu	65
Tab. č. 55.: Posouzení trubek okolo výtahové šachty na interakci tlaku a ohybu	66
Tab. č. 56.: Posouzení výtahových svislic na vzpěr	67
Tab. č. 57.: Využití výtahových svislic v ohybu	67
Tab. č. 58.: Posouzení výtahových svislic na interakci tlaku a ohybu	68
Tab. č. 59.: Posouzení propojek nárožníků na vzpěr	69
Tab. č. 60.: Využití propojek nárožníků v ohybu	69
Tab. č. 61.: Posouzení propojek nárožníků na interakci tlaku a ohybu	70

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

VÝKRESOVÁ ČÁST



OCELOVÁ KONSTRUKCE PŘÍHRADOVÉ ROZHLEDNY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala:

Bc. Kristýna Mouchová

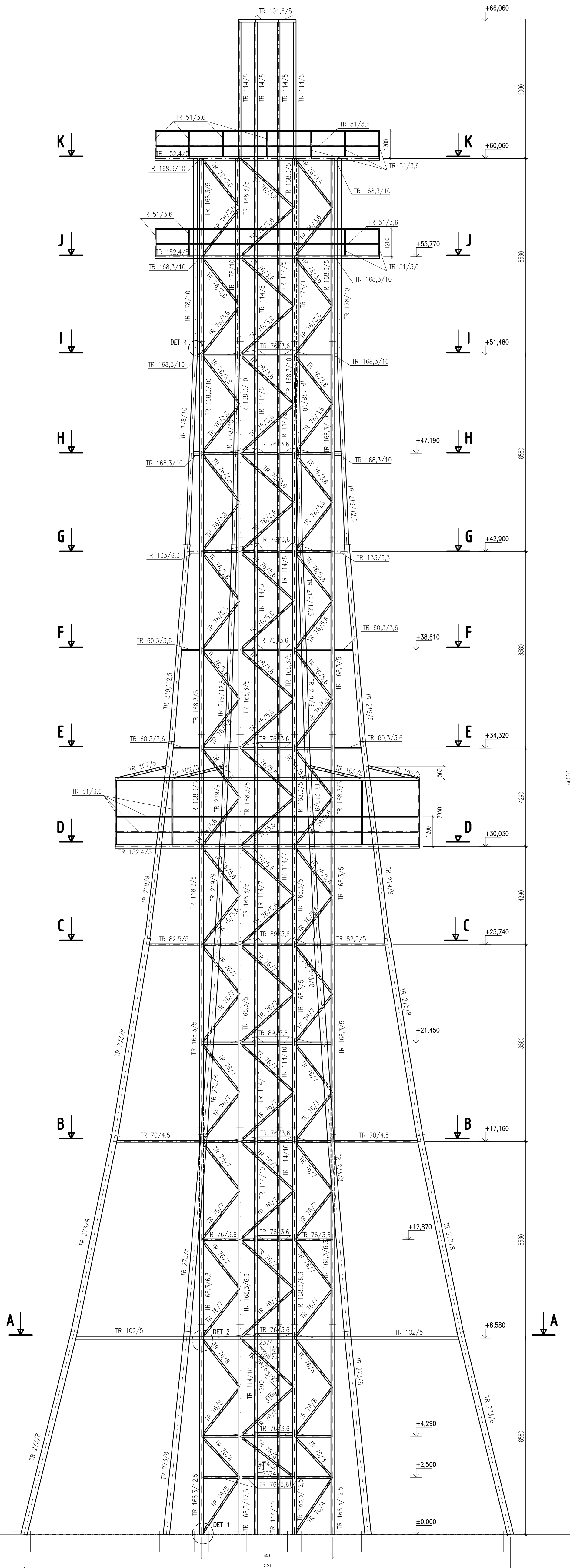
Vedoucí práce:

prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

2022/2023

POHLED 1

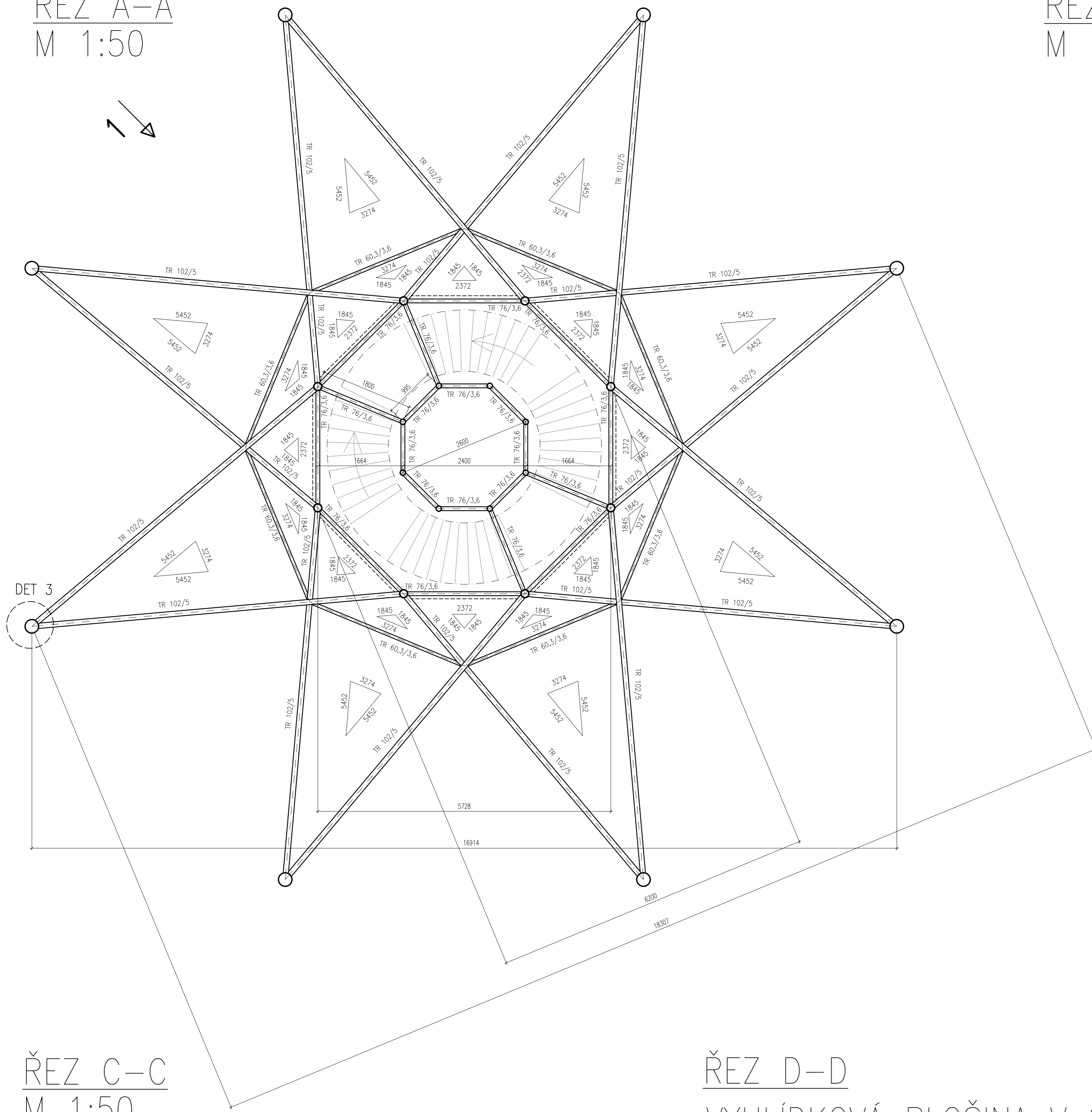
M1:100



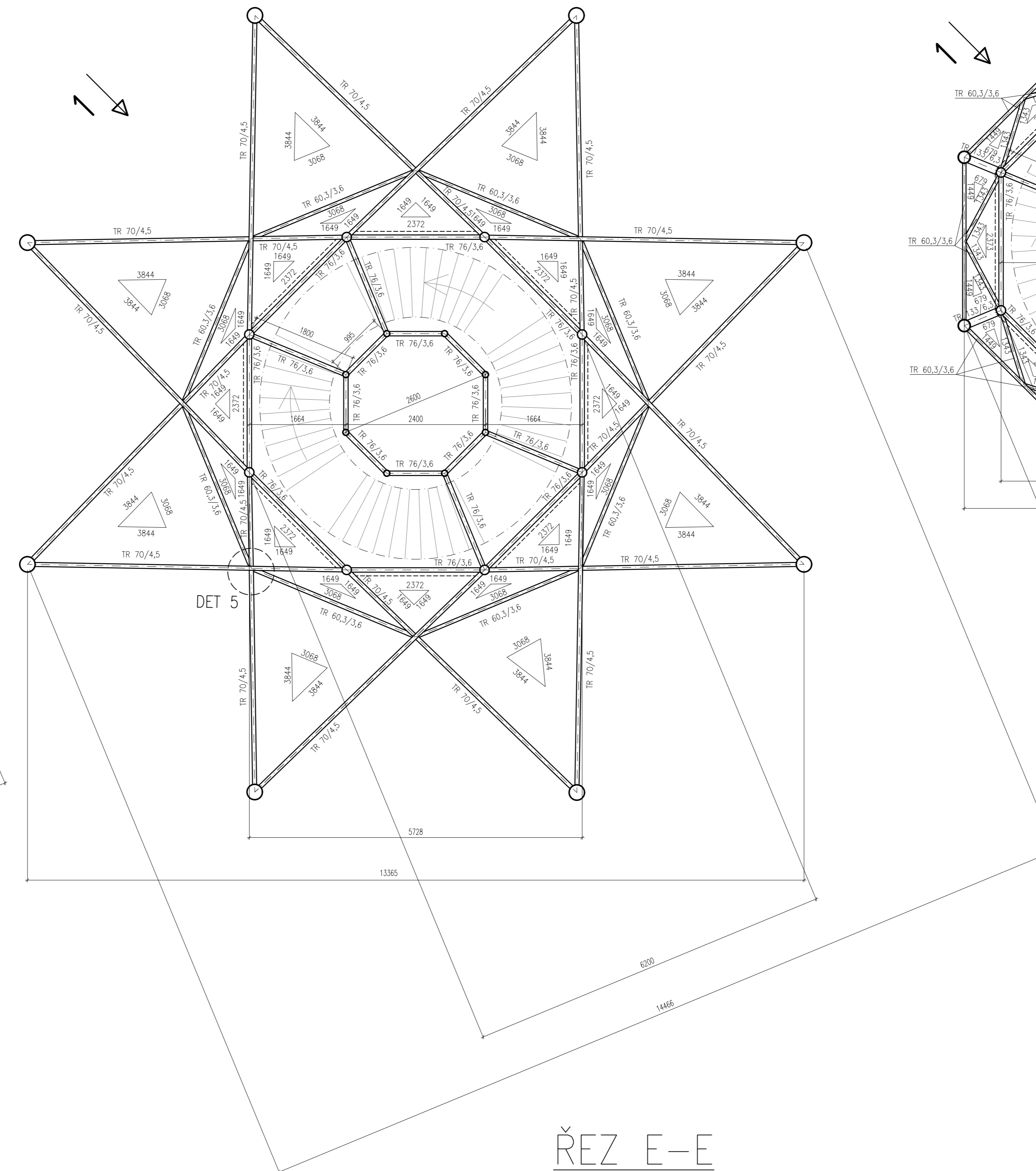
- POZNÁMKY:**
- 1) MATERIÁL: OCEĽ S355JR
 - 2) TŘÍDA PROVEDENÍ "EXC3" DLE ČSN EN 1090-2
 - 3) ŠROUBY KVALITY 8.8, PŘEDEPNUTÉ
 - 4) KONSTRUKCI ŽÁROVĚ ZINKOVAT
 - 5) DIMENZOVÁNÍ SPODNÍ STAVBY NENÍ SOUČÁSTÍ PROJEKTU

VYPRACOVALA	VEDOUcí PRÁCE	SEMESTR	ŠK. ROK	ČVUT v Praze Fakulta stavební
Bc. Mouchová	prof. Ing. M. Jandera, Ph.D.	LETNÍ	2022/23	
OCEĽOVÁ KONSTRUKCE PŘÍHRADOVÉ ROZHLEDNÝ				FORMÁT: A2
POHLED 1				MĚŘÍTKO: 1:100
				ÚČEL: DP Č.: 1

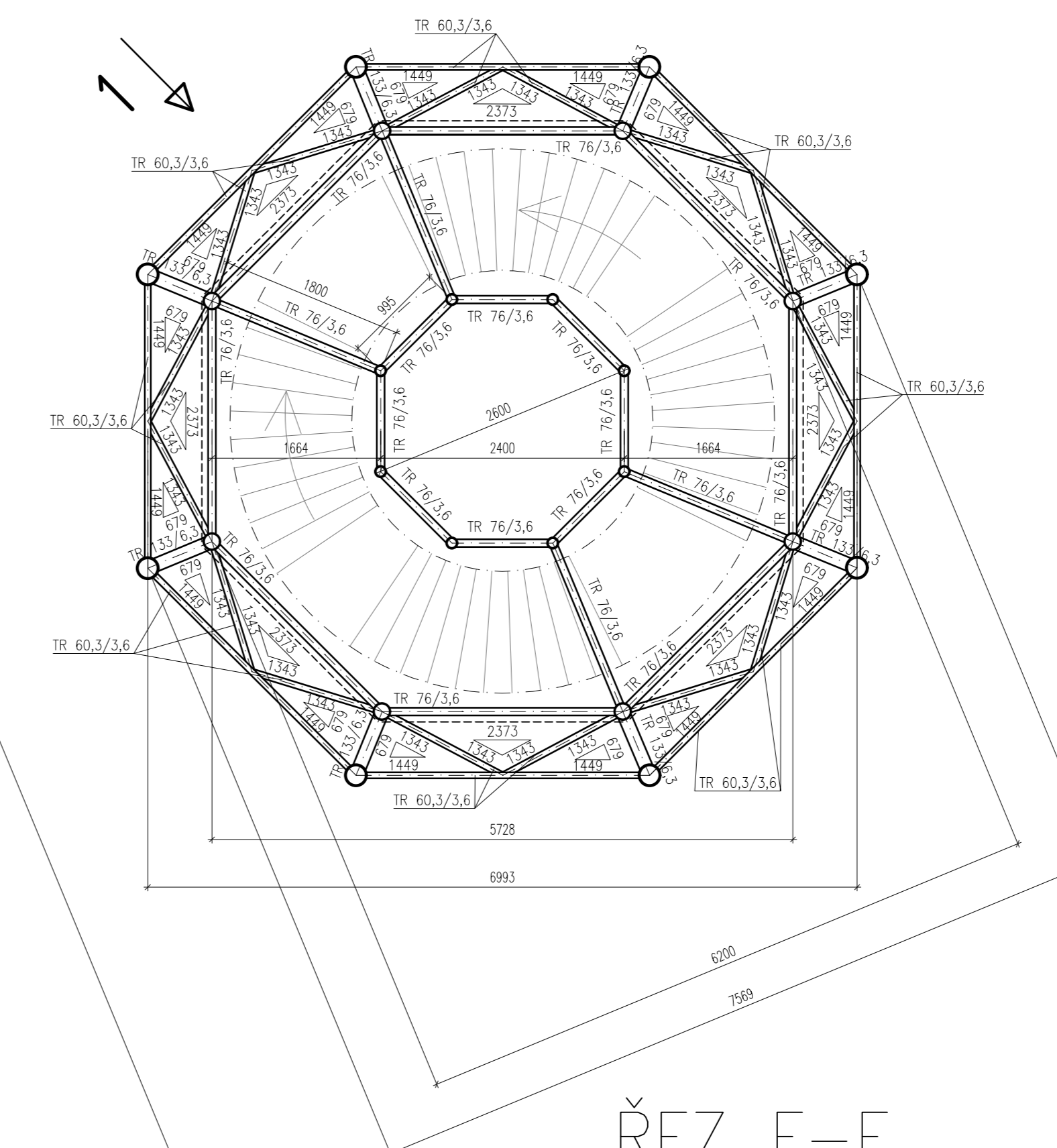
ŘEZ A-A
M 1:50



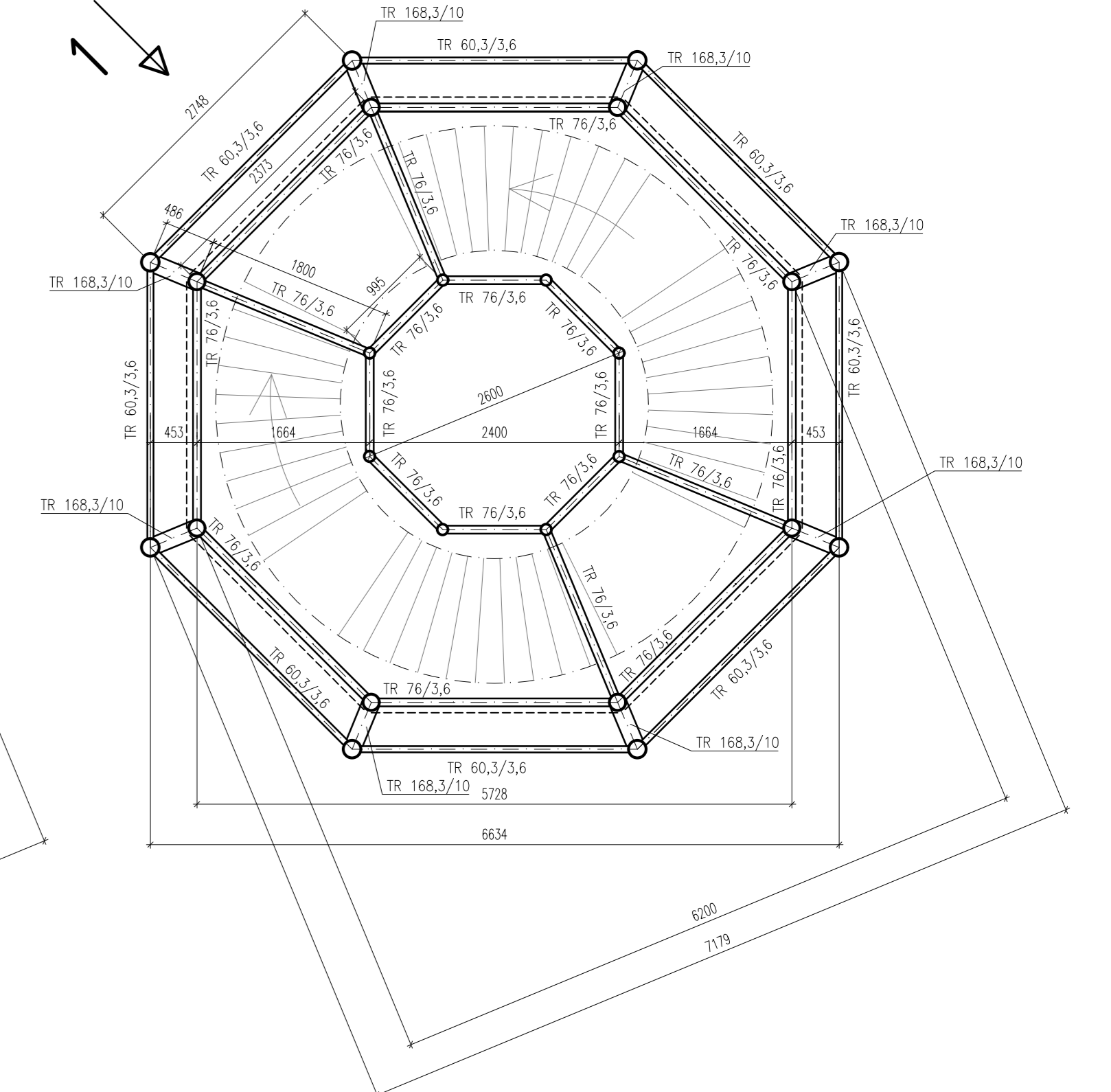
ŘEZ B-B
M 1:50



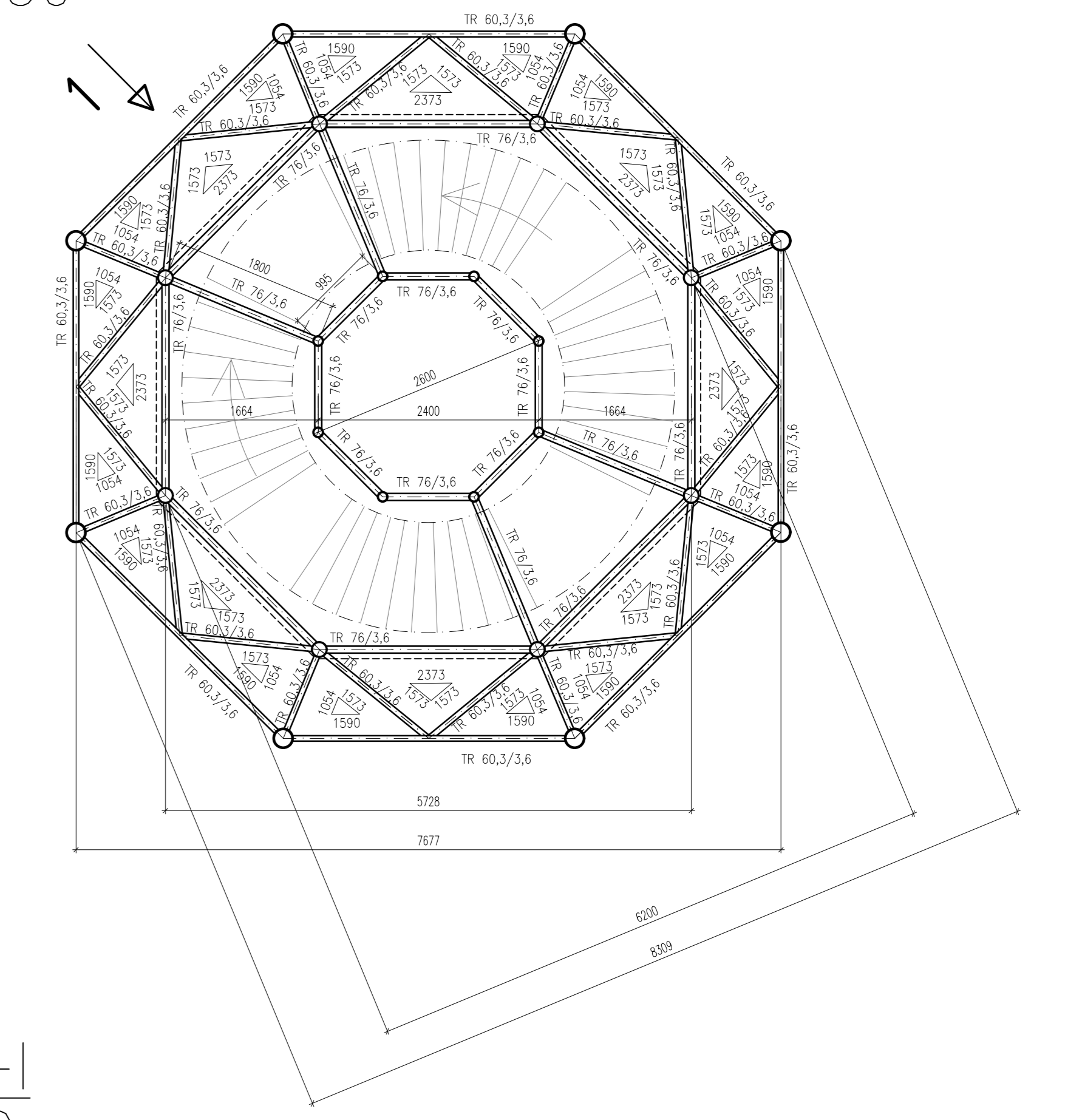
ŘEZ G-G
M 1:50



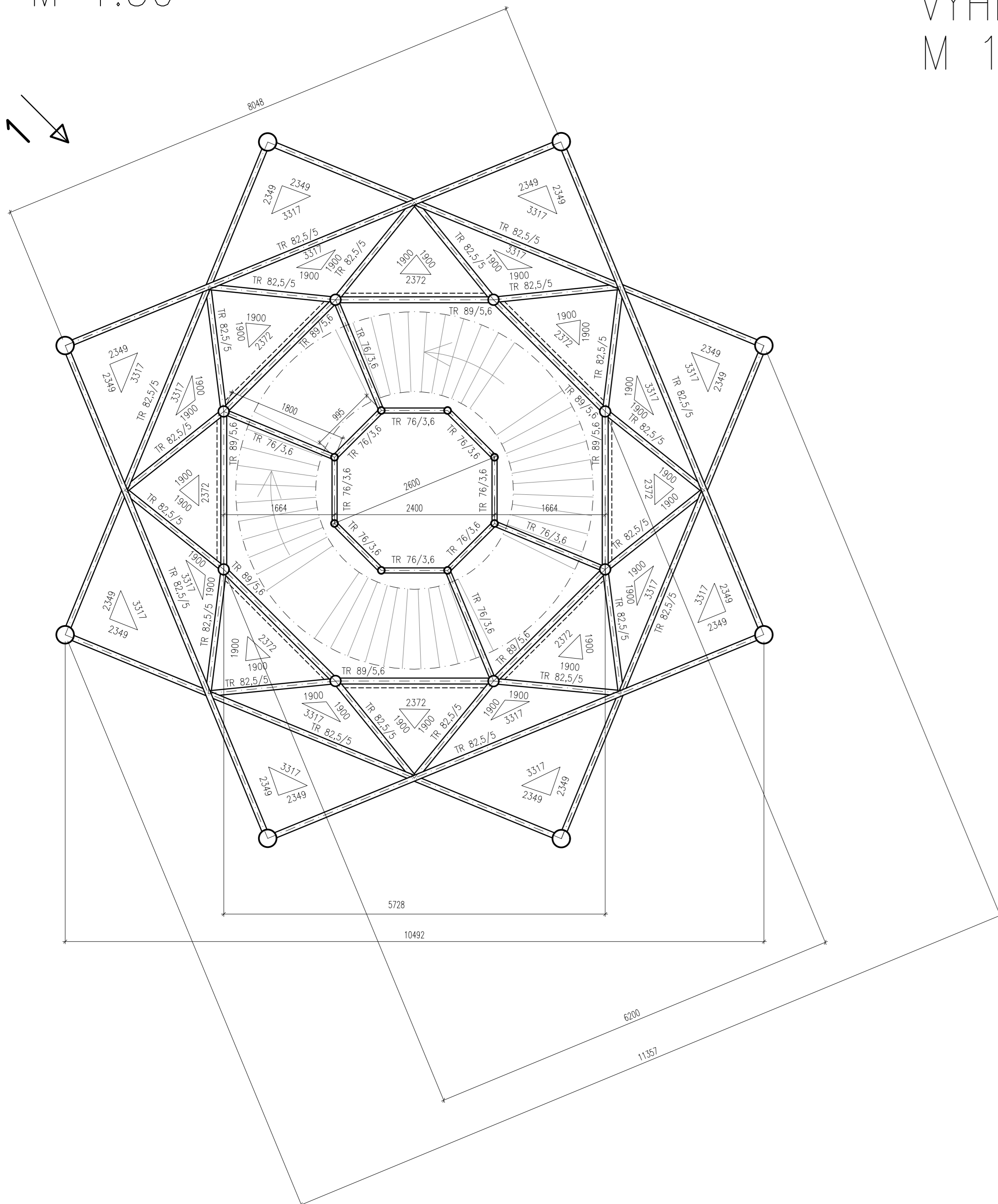
ŘEZ H-H
M 1:50



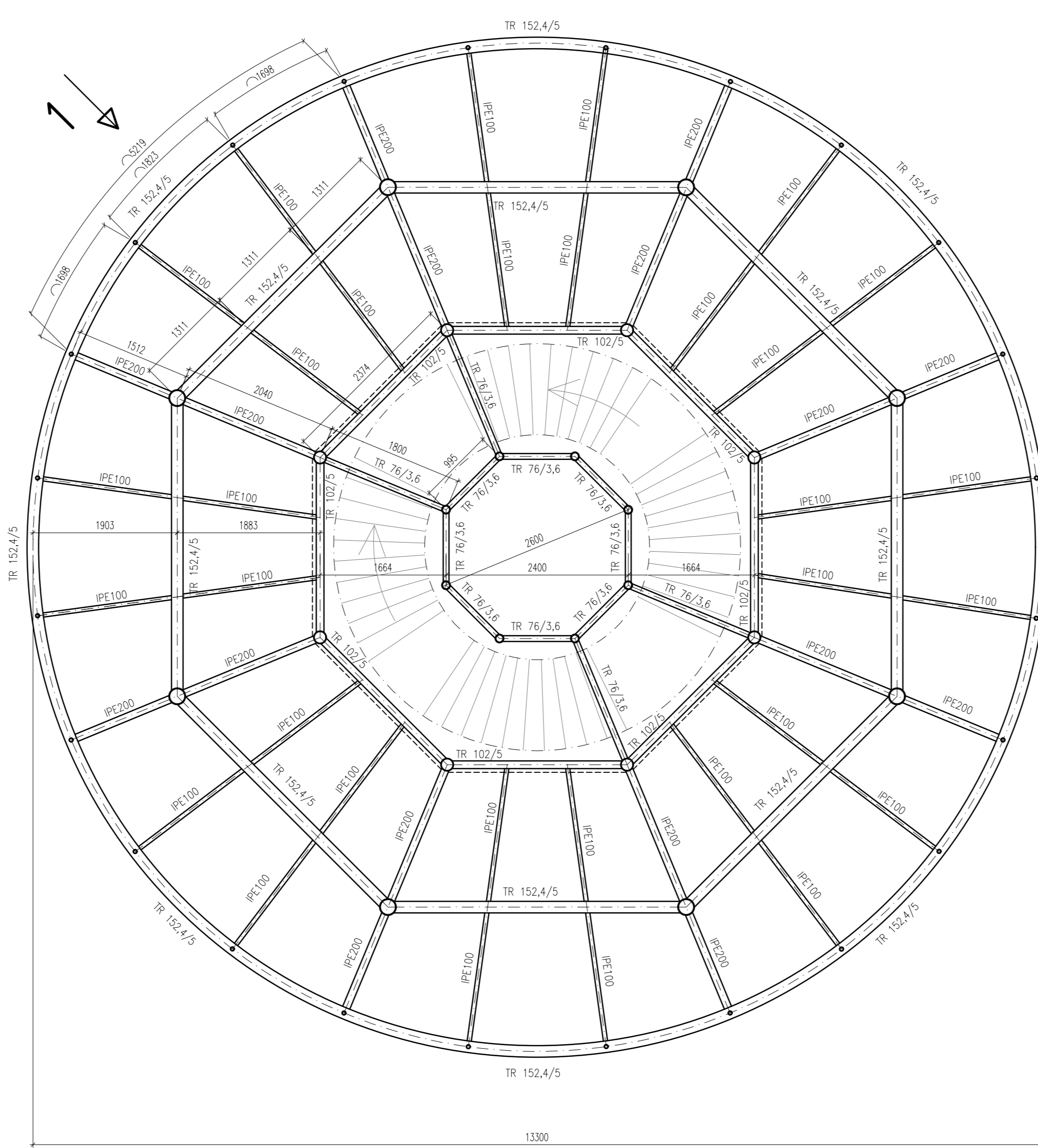
ŘEZ F-F
M 1:50



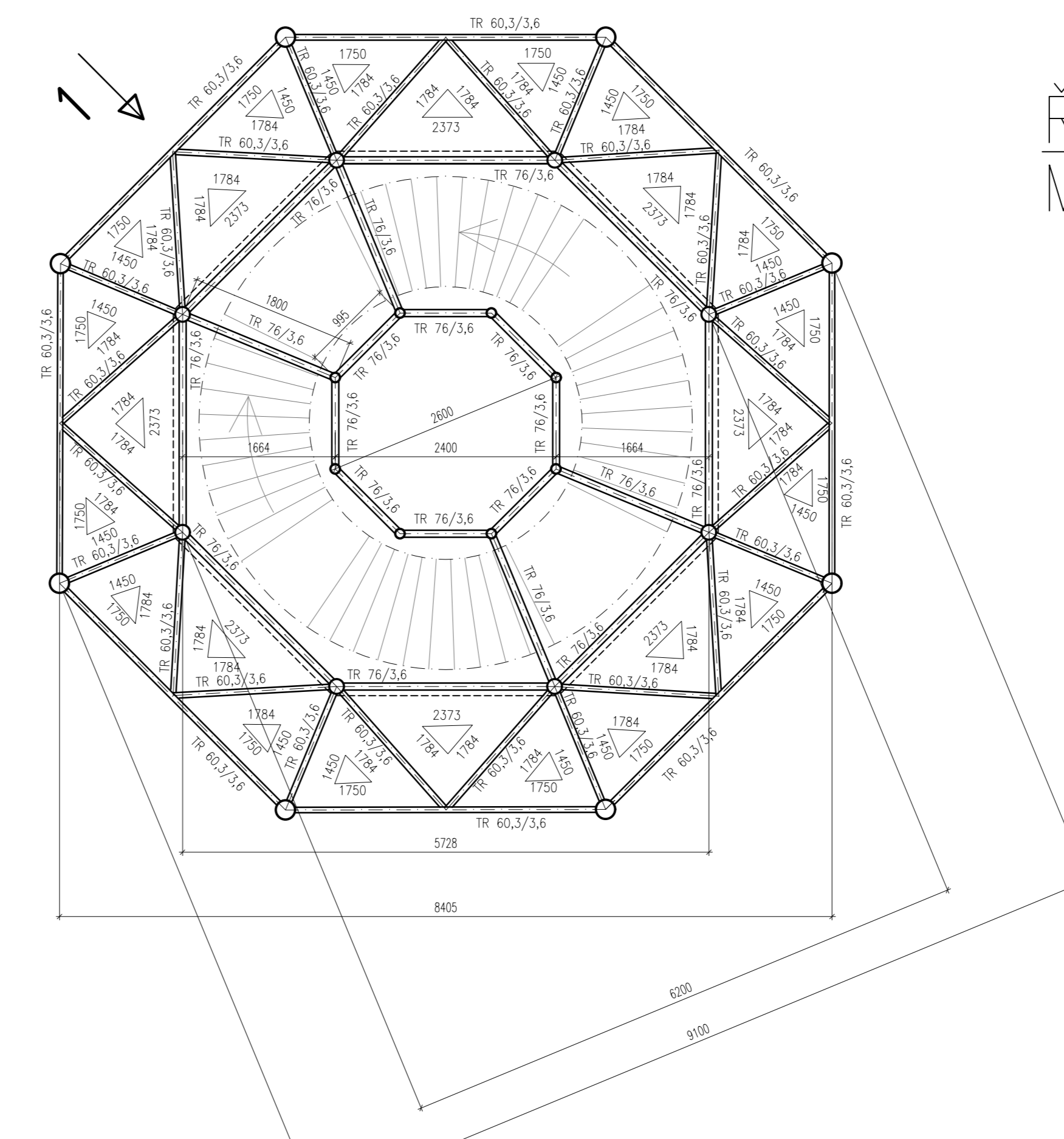
ŘEZ C-C
M 1:50



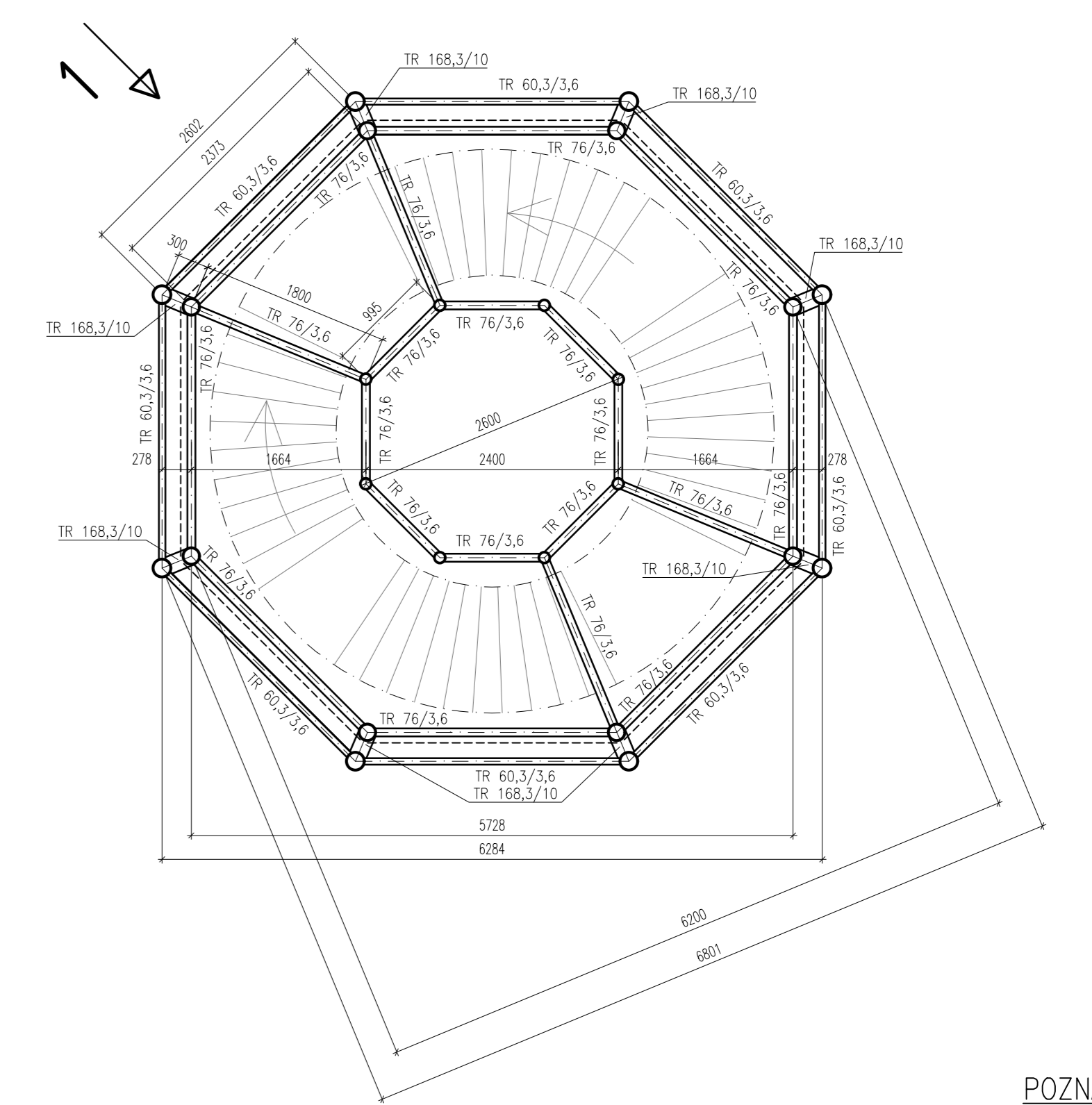
ŘEZ D-D
VYHLÍDKOVÁ PLOŠINA V ÚROVNI +30,03
M 1:50



ŘEZ E-E
M 1:50



ŘEZ I-I
M 1:50

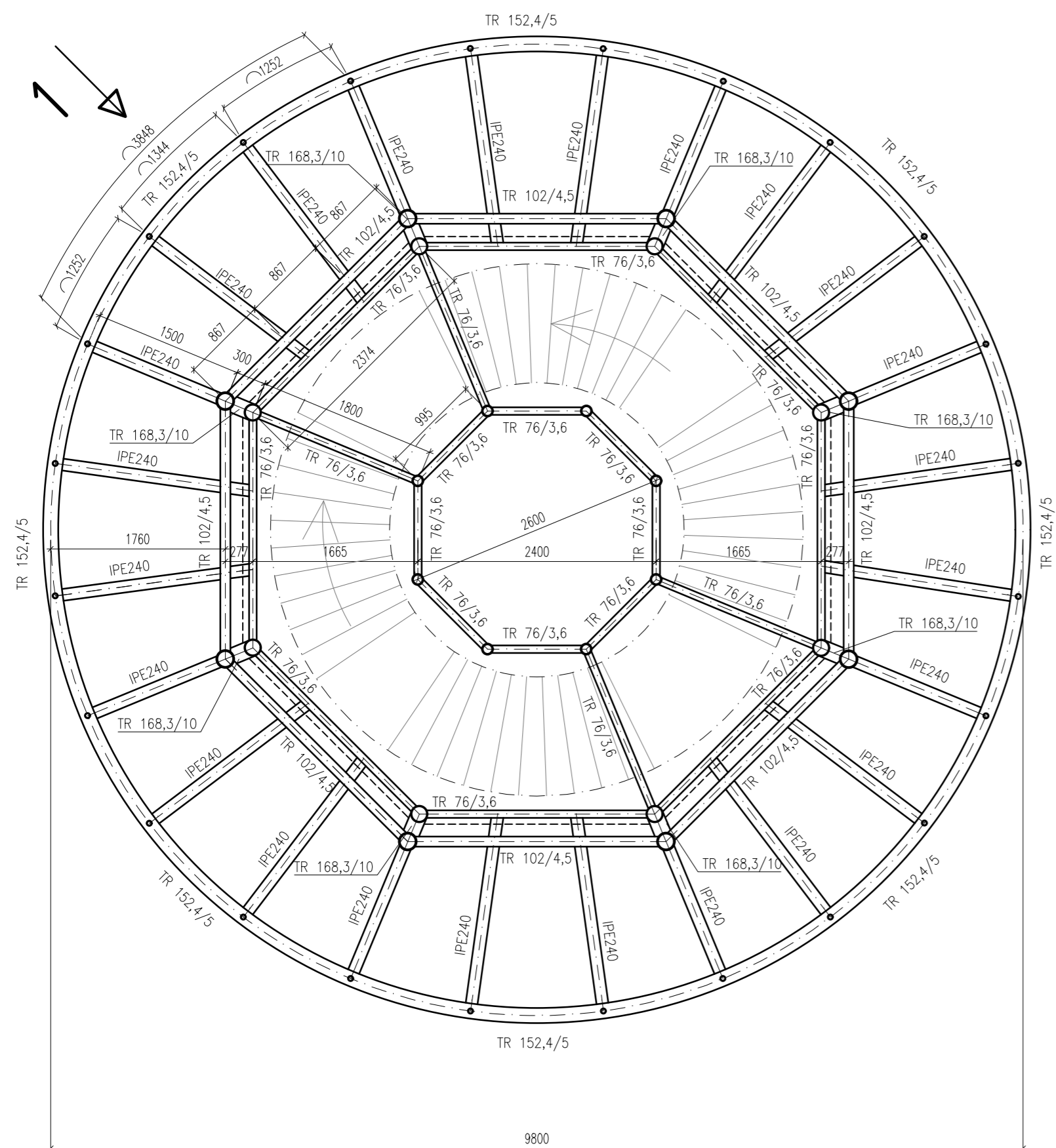


- POZNÁMKY:
- 1) MATERIÁL: OCEĽ S355JR
 - 2) TRUSI PRŮVHĚD 12x123 DLE ČSN EN 1090-2
 - 3) ŠROUBY KVALITY 8.8 PŘEDPRAVUJE
 - 4) KONSTRUKCE: JINÉHO ZNĚNÍ

VYPRACOVALA	VEDOUcí PRÁCE	SEMESTR	ŠK.	ROK	Dot. a Práve
Bc. Mošková	prof. Ing. M. Jandera, Ph.D.	LETNÍ	2022/23		Práve
OCEĽOVÁ KONSTRUKCE PŘÍHRADOVÉ ROZHLADY					FORMÁT: A0
ŘEZY A,B,C,D,E,F,G,H,I					MĚŘÍTKO: 1:50
					ČÍSLO: 2

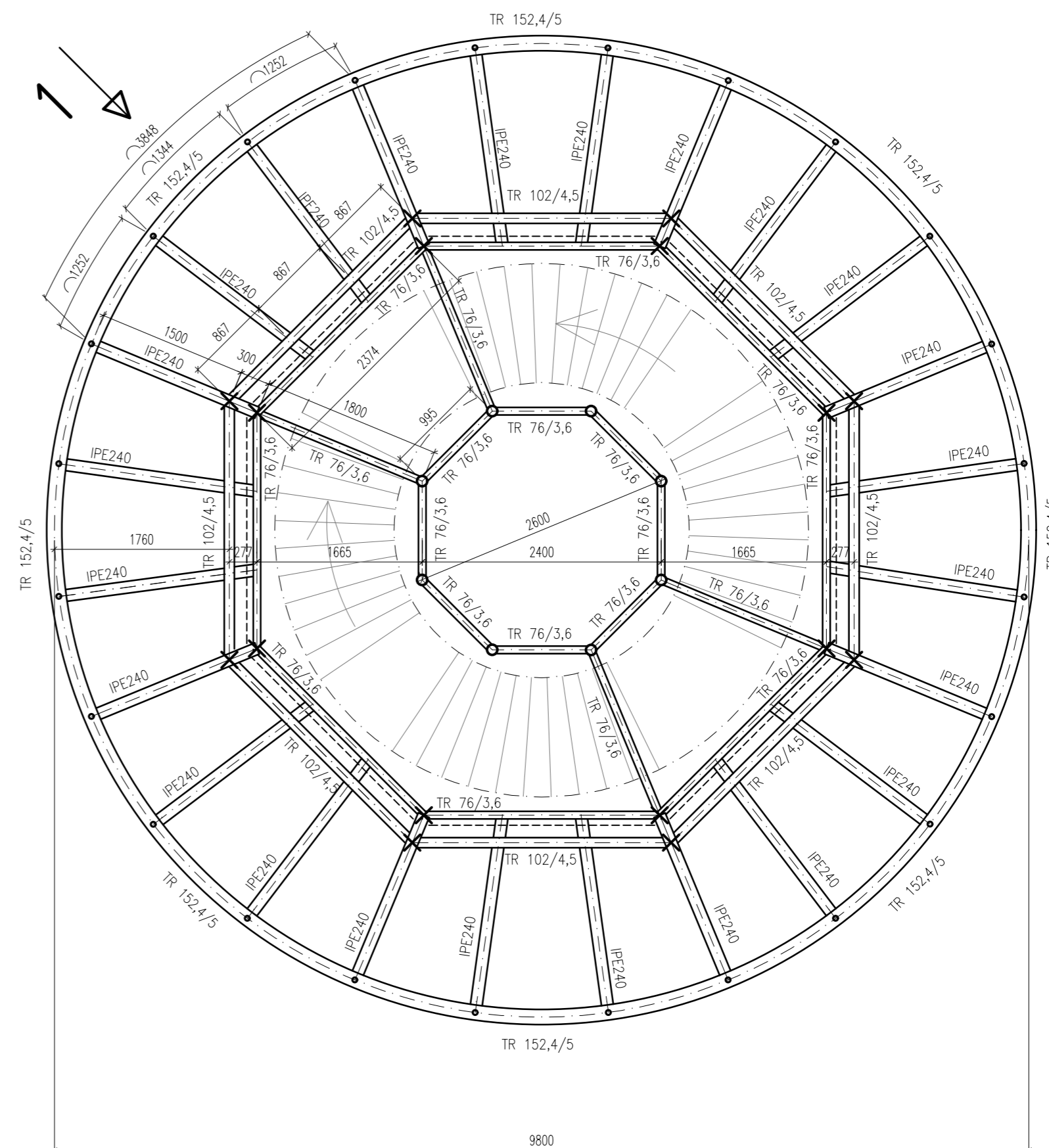
ŘEZ J-J

VYHLÍDKOVÁ PLOŠINA V ÚROVNI +55,77
M 1:50



ŘEZ K-K

VYHLÍDKOVÁ PLOŠINA V ÚROVNI +60,06
M 1:50



POZNÁMKY:

- 1) MATERIÁL: OCEL S355JR
- 2) TŘÍDA PROVEDENÍ "EXC3" DLE ČSN EN 1090-2
- 3) ŠROUBY KVALITY 8.8, PŘEDEPNUTÉ
- 4) KONSTRUKCI ŽÁROVĚ ZINKOVAT

VYPRACOVALA	VEDOUcí PRÁCE	SEMESTR	ŠK. ROK	ČVUT v Praze Fakulta stavební
Bc. Mouchová	prof. Ing. M. Jandera, Ph.D.	LETNÍ	2022/23	
OCELOVÁ KONSTRUKCE PŘIHRADOVÉ ROZHLEDNY				FORMÁT: A2
ŘEZY J,K				MĚŘITKO: 1:50
				ÚČEL: DP Č.: 3

