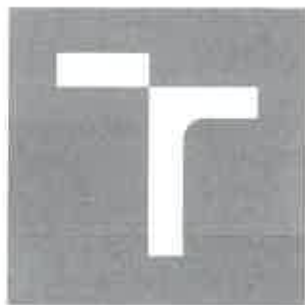




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

BUSINESS CENTRUM

BUSINESS CENTRE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ivo Dušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Ivo Dušek
Název	Business centrum
Vedoucí práce	Ing. Milan Pilgr, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Požadavky na architektonické a dispoziční řešení

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zadání a cíle:

Vypracujte variantní návrh nosné ocelové konstrukce business centra ve středově symetrickém půdorysném uspořádání o max. půdorysných rozměrech 100 × 100 m. Dispozici navrhnete v souladu s architektonickými požadavky; klimatická zatížení uvažujte pro lokalitu Brno.

Požadované výstupy:

Technická zpráva s odůvodněním zvolené varianty řešení

Statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce

Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím diplomové práce

Výkaz spotřeby materiálu pro zvolenou variantu řešení

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Milan Pilgr, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem nosné ocelové prutové konstrukce vícepodlažní administrativní budovy. Jde o šestnáctipatrovou budovu s ocelovou konstrukcí v rotačně symetrickém půdoryse. O maximálních rozměrech 100x100m. Statický výpočet je kombinací ručního výpočtu a výpočtu pomocí programu RFEM od společnosti Dlubal. Statický výpočet obsahuje výpočet: stropnic, průvlaků, sloupů, ztužidel, vaznic, příhradových vazníků a dalších prutů konstrukce včetně jejich spujů. Součástí práce je výkresová dokumentace a technická zpráva.

Klíčová slova

administrativní budova, vícepodlažní budova, nosná ocelová konstrukce, stropnice, spřažený nosník, průvlak, sloup, ztužidlo, příhradový vazník, vaznice, konzola, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, vnitřní síly, zatížení, statický výpočet, kotvení, šroubový spoj, svar, čepový spoj

Abstract

This Master thesis was about calculation and design of supporting steel bar structure multi storey administrative building. Steel structure with rotation symmetric floor plan has sixteen storey. Maximal size of building is 100x100m. Structural design report is made by a combination of manual calculations and calculations using software RFEM by Dlubal. Structural design report includes calculations of secondary beam, primary beam, column, bracing, purin, truss girder and others part of structure with their connections. Thesis includes drawing documentation and report.

Keywords

office building, multi-storey building, steel structure, secondary beam, composite beam, primary beam, column, bracing, truss girder, purin, cantilever, ultimate limit state, service limit state, internal forces, load, structure desing report, column anchorage, bolted connection, weld, pin connection

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 12. 2017

Bc. Ivo Dušek
autor práce



Bibliografická citace VŠKP

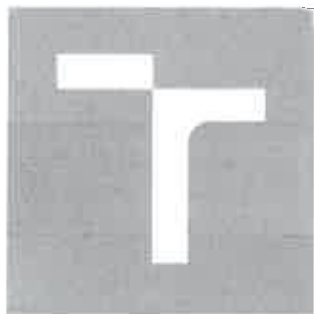
Bc. Ivo Dušek *Business centrum*. Brno, 2018. 175 s., 137 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

Poděkování patří mému vedoucímu diplomové práce Ing. Milanu Pilgrovi, Ph.D. za trpělivost, schovívavost, ochotu a cenné rady při zpracování diplomové práce. Dále mým rodičům za podporu při studiu. A hlavně mé přítelkyni za trpělivost a podporu při studiu.

Bc. Ivo Dušek

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

1. Povinná část
2. Varianta A
3. Technická zpráva – Var. A
4. Statický výpočet – var. A
5. Varianta B
6. Technická zpráva – Var. B
7. Statický výpočet – Var. B
8. Porovnání variant
9. Seznam použitých zdrojů
10. Seznam zkratk a symbolů
11. Seznam příloh
12. Přílohy



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VARIANTA A

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

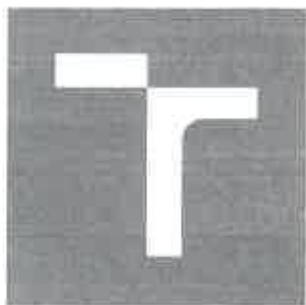
Bc. Ivo Dušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA – Varianta A

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ivo Dušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

BRNO 2018

1	ÚVOD.....	3
2	ZATÍŽENÍ.....	3
2.1	Zatížení stálé.....	3
2.2	Zatížení proměnné.....	3
3	ZÁSADY NÁVRHU KONSTRUKCE.....	4
4	POPIS KONSTRUKCE A KONSTRUKČNÝCH PRVKŮ.....	4
4.1	Dispoziční řešení, popis konstrukce.....	5
4.1.1	Administrativní budova.....	5
4.1.1.1	Sloupy.....	6
4.1.1.2	Průvlaky.....	6
4.1.1.3	Stropnice.....	6
4.1.1.4	Stropní konstrukce.....	6
4.1.1.5	Svislá ztužidla.....	6
4.1.1.6	Konzoly atrie.....	6
4.1.1.7	Konstrukce atrie.....	6
4.1.1.8	Schodiště.....	6
4.1.1.9	Střešní plášť.....	7
4.1.1.10	Obvodový plášť.....	7
4.1.2	Zastřešení atrie.....	7
4.1.2.1	Střešní plášť.....	7
4.1.2.2	Vaznice.....	7
4.1.2.3	Příhradový nosník.....	7
4.2	Kotvení.....	7
4.2.1	Kotvení administrativní části.....	7
4.2.2	Kotvení atrie.....	8
5	MATERIÁL.....	8
6	POVRCHOVÁ ÚPRAVA KONSTRUKCE.....	8
7	VÝROBA, DOPRAVA, MONTÁŽ.....	8
8	VÝKAZ MATERIÁLU.....	9
9	EKONOMICKÉ HLEDISKO.....	9
10	ZÁVĚŘ.....	9

1 ÚVOD

V diplomové práci je vypracován návrh a posouzení prutové ocelové konstrukce budovy pro administrativní účely v Brně. Maximální půdorysné roměry byly stanoveny na 100x100 m z důvodu velikosti možného pozemku. Půdorys budovy je rotačně symetrický. Budova má 16 nadzemních podlaží. Celková výška objektu je 79,115 m. Ztužení objektu zajišťují svislá ztužidla. V rovině stropu je ztužení zajištěno pomocí spráženého ocelobetonového stropu.

POUŽITÉ NORMATIVNÍ DOKUMENTY:

- ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
 ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení -
 Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
 ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení -
 Zatížení sněhem
 ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení -
 Zatížení větrem
 ČSN EN 1991-1-6, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení -
 Zatížení během provádění
 ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná
 pravidla a pravidla pro pozemní stavby
 ČSN EN 1993-1-8, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8:
 Navrhování styčníků
 ČSN EN 1994-1-1, Eurokód 4: Navrhování sprážených ocelobetonových konstrukcí -
 Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby

2 ZATÍŽENÍ

Statická analýza prutové ocelové konstrukce byla provedena v programu RFEM od společnosti Dlubal. Byl vytvořen prostorový model na němž byly vypočteny účinky stálého a proměnného zatížení konstrukce pomocí metody II. řádu. Zatížení stanoveno dle ČSN EN 1991. Zatížení je podrobněji rozebráno ve statickém výpočtu.

2.1 Zatížení stálé

Vlastní tíha konstrukce	=> počítána programem RFEM
Strop - administrativní část	=> $g_k = 3,944 \text{ kNm}^{-2}$
Střešní kce - administrativní část	=> $g_k = 4,931 \text{ kNm}^{-2}$
Střešní konstrukce - atrium	=> $g_k = 1,00 \text{ kNm}^{-2}$
Pochozí plocha atria	=> $g_k = 1,00 \text{ kNm}^{-2}$
Opláštění administrativní části	=> $g_k = 1,00 \text{ kNm}^{-2}$
Opláštění atria	=> $g_k = 0,70 \text{ kNm}^{-2}$
Tíha kce schodiště	=> $g_k = 0,60 \text{ kNm}^{-2}$
Atika se zábradlím pochozí střechy	=> $g_k = 2,5 \text{ kNm}^{-1}$
Zábradlí pochozí plochy atria	=> $g_k = 1,00 \text{ kNm}^{-1}$

2.2 Zatížení proměnné

Užitné dle ČSN EN 1991-1-1	
administrativní část	=> $q_k = 3,3 \text{ kNm}^{-2}$
pochozí střecha	=> $q_k = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$
pochozí plocha atria	=> $q_k = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$
schodiště	=> $q_k = 3,0 \text{ kNm}^{-2}$

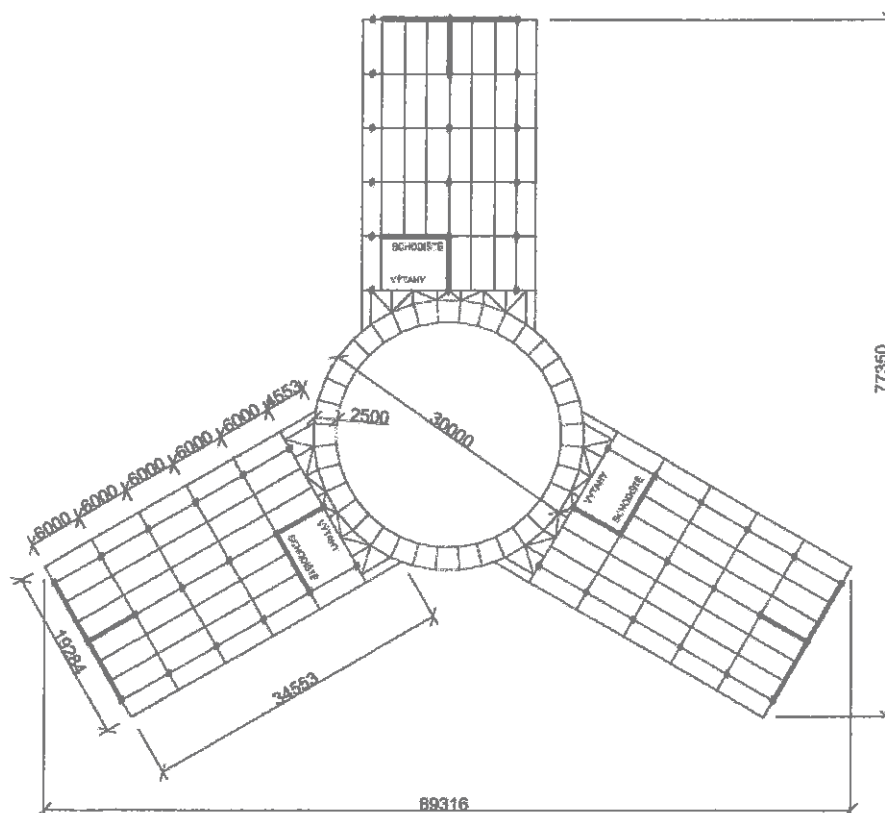
Zatížení sněhem	dle ČSN EN 1991-1-3 lokalita Brno, sněhová oblast II char. hodnota zatížení sněhem $s_k = 1 \text{ kNm}^{-2}$
Zatížení větrem	dle ČSN EN 1991-1-4 lokalita Brno, větrová oblast výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ ms}^{-1}$
Montážní zatížení	dle ČSN EN 1991-1-6 soustředné $\Rightarrow q_k = 1,5 \text{ kNm}^{-2}$ rovnoměrné $\Rightarrow q_k = 0,75 \text{ kNm}^{-2}$

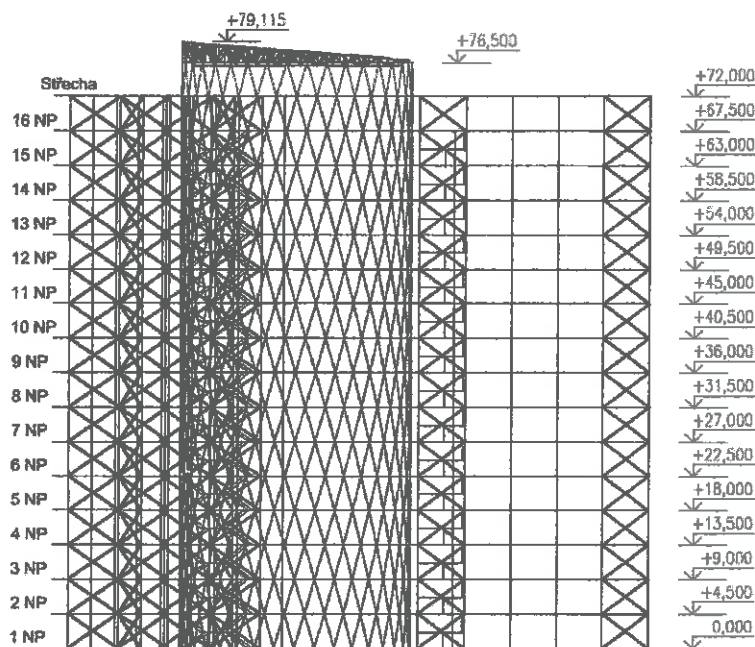
3 ZÁSADY NÁVRHU KONSTRUKCE

Statické posouzení konstrukce bylo provedeno pro:

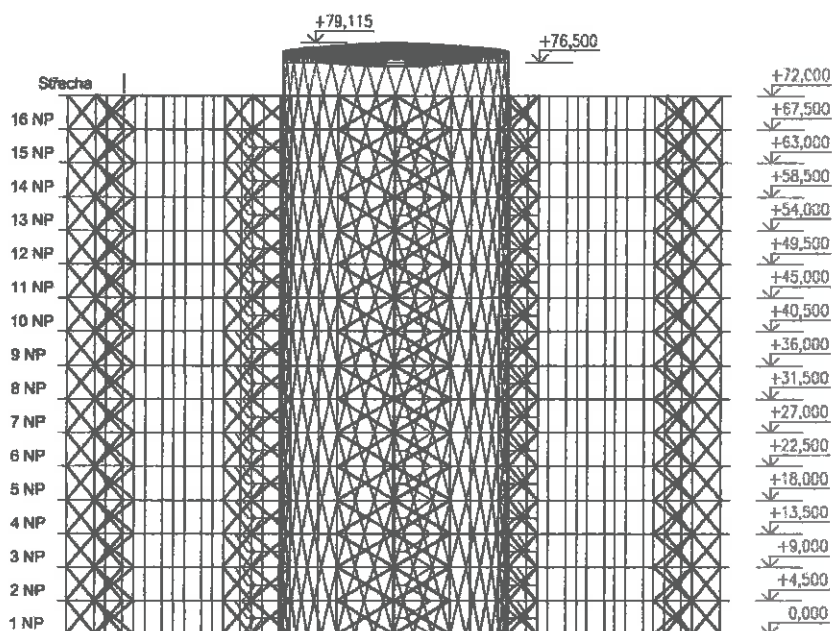
- I. Mezní stav únosnosti MSÚ - nejnepříznivější kombinace dle 6.10 ČSN EN 1990
- II. Mezní stav použitelnosti MSP - nejnepříznivější kombinace dle 6.1 4.a ČSN EN 1990

4 POPIS KONSTRUKCE A KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ





Schématický pohled Y



Schématický pohled X

4.1 Dispoziční řešení, popis konstrukce

4.1.1 Administrativní budova

Půdorys budovy je rotačně symetrický s rozměry 77,35 x 89,3 m. Tvar a rozměry jsou po výšce konstatní. Objekt se skládá z kruhového příhradového atria ke kterému přiléhají tři křídla administrativních částí. Atrium má uvnitř po obvodu vyložen na konzolách pochozí prstenec, který umožňuje pohyb mezi jednotlivými křídly. Konstrukce administrativní části má sloupy rozmístěny v rastru 6 x 7,5 m. Budova má celkem 16 podlaží. Konstrukční výška jednoho patra je 4,5 m. Nad stropem posledního patra je konstrukce pochozí střechy. Po obvodu je atika se zábradlím. V nejbližším poli k atriu se nachází schodiště a místo pro šachty výtahů. Tuhost konstrukce je ve vodorovném směru zajištěna spřaženými ocelobetonovými stropy. V příčném a podélném směru je ztužení zajištěno ztužidly na koncích podélného směru. Všechny stropy jsou spřažené. Kei tvoří stropnice se spřahovacími trny přes trapézový plech tvořící ztracené bednění betonové desky.

4.1.1.1 Sloupy

Krajní sloupy jsou navrženy jako kyvné stojky na jedno patro. Vnitřní sloupy jsou navrženy přes dvě patra. Montážní styky jsou provedeny pomocí čelních desek přivařených koutovými svary a zajištěny šrouby M20 8.8. Kotvení je kloubové. Krajní sloupy jsou oboustranně přichyceny k průvlakům spojenými šrouby M12 8.8 k pásnici průvlaku. Průřezy sloupů jsou válcované HEB profily odstupňované po 1 až 2 patrech. V 1. patře je kombinace HEB650 a HEB500 ve 2. HEB 600 HEB500. 3. a 4. patro HEB500. 5. a 6. patro HEB 450. V 7. a 8. patře HEB400. 9. a 10. patro HEB 300. 11 12. patro HEB260. 13. a 14. patro HEB240 a v 15. a 16. patře HEB200.

4.1.1.2 Průvlaky

Průvlaky jsou tvořeny prostými nosníky s převýslím koncem o délce 9,642 m. V poli délka 7,5 m a konzolová část 2,142 m. Jsou situovány v příčném směru. Na jednom konci kloubově přichycen k vnitřnímu sloupu šrouby M12 8.8 a ke krajním sloupům kloubově taktéž šrouby M12 8.8. Pod sloupy v krajní části jsou vevařeny výstuhy s plechu tloušťky korespondující k tloušťce pásnic sloupu nad průvlakem. Průvlaky jsou navrženy z profilů IPE 450 z oceli S235 a krajní průvlaky z profilu IPE 360. Průvlaky jsou konstrukčně spřaženy s betonovou stropní deskou.

4.1.1.3 Stropnice

Stropnice tvoří prosté nosníky o délce 6m. Běžná rozteč je 2,5 m. U krajních sloupů je rozteč stropnic 2,321 m a 2,142 m. Jsou spřaženy s betonovou deskou pomocí spřahovacích tmů. Tmy jsou provedeny skrz trapézový plech. Stropnice jsou oboustranně kloubově připojeny k stojnám průvlaku a sloupů. Horní část pásnice je vyřízlá z důvodu spojení s průvlakem. Jsou navrženy z profilu IPE240. V krajních polích jsou stropnice profilu IPE 180, IPE 200 a IPE220 dle zatížení.

4.1.1.4 Stropní konstrukce

Stropy tvoří spřažená ocelobetonová konstrukce. Na stropnice a průvlaky je položen trapézový plech TR 50/250 tloušťky 1 mm v pozitivní poloze. Směr žeber je kolmý ke stropnicím. Skrze plech jsou přivařeny spřahovací tmy s hlavou. Tmy mají délku 100mm a průměr 19 nebo 22 mm. Celková tloušťka desky je 120mm (50vlna + 70deska). Betonová deska bude doplněna výstuží která není řešena v diplomové práci.

4.1.1.5 Svislá ztužidla

Ztužidla jsou tvořena zkříženými pruty. Nejsou spojeny každý působí jednotlivě a to pouze v tahu. Profil ztužidel je v 1. až 8. patře RD40 a v 9. až 16. profil RD30. Jsou oboustranně kloubově připojena ke sloupům pomocí čepového spoje o průměru 50mm resp. 35mm. Styčnickový plech je přivařen k pásnici sloupu. Ztužidla budou osazena napínáky které budou mít stejnou únosnost jako profil ztužidla. Kratší díl ztužidla levý závit, delší část pravý závit.

4.1.1.6 Konzoly atria

Jsou tvořeny profily HEA 260 a jsou vetknuty do konstrukce atria se kterou tvoří tuhý spoj. Délka konzoly je 2,5 m. Konce konzol jsou propojeny nosníky UPE 200 které stabilizují konzolu z roviny a slouží k uchycení zábradlí. Profil je natočen o 90° takže je ohýbán na měkkou osu a nedochází ke klopení.

4.1.1.7 Konstrukce atria

Konstrukce tvoří plochu válce o průměru 30 m. Je tvořena z profilu CHS 255,5 x 10. Je odstupňovaná po výšce pomocí profilů CHS 255,5 x 8 a CHS 255,5 x 6. Styčnický jsou tuhé aby přenášely ohybové momenty z konzoly do konstrukce. Na konstrukci je upevněna fasáda ze skleněných tabulí které jsou bodově uchyceny do konstrukce.

4.1.1.8 Schodiště

Nosné prvky schodiště byly navrženy konstrukčně. Tvoří zalomené nosníky a v diplomové práci nejsou řešeny, byly použity pouze na aplikaci zatížení. Schodnice jsou tvořeny profily UPE 300.

4.1.1.9 Střešní plášť

Střešní plášť tvoří plochá pochozí střecha se sklonem $1,5^\circ$. Spádová vrstva je tvořena perlit betonem. Izolace je z tuhých desek. Hydroizolaci tvoří PVC folie. Atika je 750 mm vysoká, vyzděná z cihel porotherm a je osazena zábradlím. Skladba střechy je osazena i s atikou na ocelobetonový strop posledního patra.

4.1.1.10 Obvodový plášť

Obvodový plášť tvoří hliníkový kazetový fasádní systém s prosklenými tabulemi v rámech. Orientace nosných rámtů je svislá a uvažuje se uchycení mezi krajními stropnicemi a průvlaky.

4.1.2 Zastřešení atria

Je provedeno šesti příhradovými vazníky na kterých jsou uloženy vaznice.

4.1.2.1 Střešní plášť

Uvažuje se že střešní plášť bude tvořen skleněnými tabulemi, které budou uchyceny bodově na konstrukci vaznic a vazníků. Bude použito trojsklo s pojistnými lany proti zřícení skla v případě porušení.

4.1.2.2 Vaznice

Vaznice jsou prosté nosníky oboustraně kloubově uloženy na vazníky pomocí žiletek a šrouby M12 6.8. Jsou bodově zatíženy od střešního pláště. Délka je různá od 7,5m po ± 1 m. Jsou použity profily RHS s pevností S235

4.1.2.3 Příhradový nosník

Příhradový vazník má proměnou výšku, je v jednom spádu 5° . Všechny vazníky tvoří šikmou rovinu proto jsou jejich výšky rozdílné.

Homí pás: Profil CHS 273x6 a CHS 273x5. Délka horního pásu je 29,641 m. Délka mezijednotlivými styčníky je 1,411 m. Vzpěrná délka je rovna této vzdálenosti pro oba směry, jelikož je v každém styčníku připojena vaznice.

Dolní pás: Profil CHS 219.1x8 a CHS 219.1x4 délka pásu je 26,73 m Délka mezi styčníky je 1,407 m. Vzpěrná délka v rovině je 1,407 m. a z roviny je vazník stabilizován táhly po cca. 5m. Táhla nejsou řešena v diplomové práci, protože jejich zatížení je minimální.

Svislice: Jsou tvořeny profily CHS 114.3x4. Délky svislic jsou proměnné. Max. délka je 3m. Kloubově připojeny k hornímu a dolnímu pásu.

Diagonály: 1. tlačená diagonála má profil CHS 114.3x5. Zbytek diagonál je tvořen o profiem CHS 114.3x4 mají různou systémovou délku. Max. délka je 3,212 m. Kloubově připojeny k hornímu a dolnímu pásu.

4.2 Kotvení

4.2.1 Kotvení administrativní části

Kotvení je navrženo jako kloubové. Sloup je přivařen koutovým svařem k patnímu plechu který je z oceli S355. Plechy jsou tloušťky 40mm. Podlité je 40 mm Základové patky jsou z betonu třídy C20/25. Kotevní šrouby jsou navrženy konstrukčně jako 2x závitová tyč M20. Tolerance provádění ± 20 mm.

Kotevní plech je opatřen smykovou zarážkou k přenosu smykových sil. Zarážka je z úpalu profilu HEB 200 délky 240mm a je připojen k patnímu plechu koutovým obvodovým svařem.

4.2.2 Kotvení atrie

Kotvení je navrženo jako kloubové. Nosníky jsou přivařeny koutovými obvodovými svary k patnímu plechu který je z oceli S355. Plechy jsou tloušťky 25mm. Podlité je 40 mm. Základové patky jsou z betonu třídy C20/25. Kotevní šrouby jsou navrženy konstrukčně jako 2x závitová tyč M20. Tolerance provádění ± 20 mm.

Kotevní plech je opatřen smykovou zarážkou k přenosu smykových sil. Zarážka je z úpalku profilu HEB 260 délky 300mm a je připojen k patnímu plechu koutovým obvodovým svarem.

5 MATERIÁL

Sloupy	ocel S355 JR
Stropní konstrukce	oceli S235 JR, S320 GD
	beton C 30/37
Diagonály ztužidel	ocel S355 JR
Konstrukce atrie	ocel S235 JR
Konstrukce zastřešení	ocel S235 JR
Základové konstrukce	C20/25

Spřáhovací tmy s pevností 360 MPa

Spojovací materiál - šrouby 8.8 a 6.8

Kotevní šrouby předem zabetonovane S235

6 POVRCHOVÁ ÚPRAVA KONSTRUKCE

Ocelovou konstrukci je nutno chránit proti korozi. Povrchová ochrana bude provedena pomocí nátěru v souladu s platnými normami ČSN EN ISO 129 44 Nátěrové hmoty - protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy. Všechny ocelové prvky budou opatřeny antikorozi. Antikorozi nátěrový systém dle stupně korozi agresivity prostředí C2 (zaklad. 80 μ m a vrchní nátěr 80 μ m).

7 VÝROBA, DOPRAVA, MONTÁŽ

Dílenské spoje jsou svařované a budou provedeny ve výrobě. Výroba bude dle ČSN EN 1990-2 Provádění ocelových konstrukcí. Prvky musí být z výroby dodány tvarově neporušené a s neporušeným základním nátěrem. Třída provedení EXC2
Doprava konstrukce bude probíhat po jednotlivých prvcích.

Postup montáže:

Montáž konstrukce bude probíhat po jednotlivých patrech. Začne se montáží 1. a 2. patra konstrukce atrie na již připravené únosné základy. poté se osadí vnitřní sloupy a krajní sloupy 1. patra. Zajistí se jejich vertikální poloha a osadí se průvlaky. Následují stropnice 1. patra. Poté krajní sloupy 2. patra a osazení průvlaků se stropnicemi 2. patra. Osadí se ztužidla. Za probíhající montáže 3. a 4. patra atrie se mohou osadit trapézové plechy 1. a 2. patra zajistí se bodovými svary ke stropnicím. Montáž konstrukce schodiště. Při montáži dalších pater se postupuje stejným způsobem až se dojde do posledního patra. Na poslední patro atrie se osadí vazníky zajistí se táhly proti vybočení a osadí se vaznice.



8 VÝKAZ MATERIÁLU

Výkaz materiálu vybraných prvků jsou ve výkresech

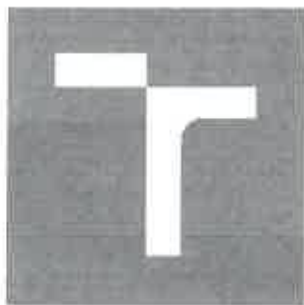
9 EKONOMICKÉ HLEDISKO

Celková přibližná hmotnost konstrukce	1 954 910 t
Zastavěná plocha	2644,5 m ²
Obestavěný prostor	190 404 m ³

Průměrná hmotnost je 739,24 kg m⁻² a 10,26 kg m⁻³

10 ZÁVĚR

Konstrukce je navržena dle platných norem a vyhovuje na I. a II. mezní stav.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

STATICKÝ VÝPOČET – Varianta A

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ivo Dušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

BRNO 2018

OBSAH

1. ÚVOD.....	6
2. GEOMETRIE.....	7
3. VÝPOČTOVÝ MODEL.....	9
4. ZATÍŽENÍ.....	12
4.1 ZATÍŽENÍ STÁLÉ.....	12
4.1.1 Vlastní tíha konstrukce.....	12
4.1.2 Strop – administrativní část.....	12
4.1.3 Střešní konstrukce – administrativní část.....	12
4.1.4 Střešní konstrukce – atrium.....	12
4.1.5 Pochozí plocha atria.....	13
4.1.6 Opláštění administrativní části.....	13
4.1.7 Opláštění atria.....	13
4.1.8 Tíha konstrukce schodiště.....	13
4.1.9 Atika se zábradlím pochozí střechy.....	13
4.1.10 Zábradlí pochozí plochy atria.....	14
4.2 ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ.....	14
4.2.1 Užitné – administrativní část.....	14
4.2.2 Užitné – střecha výchozí.....	14
4.2.3 Užitné – pochozí plocha atria.....	14
4.2.4 Užitné – schodiště.....	14
4.2.5 Zatížení sněhem.....	14
4.2.6 Zatížení větrem.....	14
4.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY.....	16
4.3.1 ZS 1 – Vlastní tíha.....	16
4.3.2 ZS 2 – Stropní kce administrativní části.....	16
4.3.3 ZS 3 – Střešní kce administrativní části.....	16
4.3.4 ZS 4 – Atika střechy administrativní části.....	17
4.3.5 ZS 5 – Pochozí plocha atria + zábradlí.....	17
4.3.6 ZS 6 – Střešní konstrukce atria.....	18
4.3.7 ZS 7 – Schodiště.....	20
4.3.8 ZS 8 – Obvodový plášť administrativní části.....	20
4.3.9 ZS 9 – Obvodový plášť atria.....	21
4.3.10 ZS 10 – Užitné – Kancelářské – Plné.....	21
4.3.11 ZS 11 – Užitné – Kancelářské – Šach 1.....	22
4.3.12 ZS 12 – Užitné – Kancelářské – Šach 2.....	22
4.3.13 ZS 13 – Užitné – Střecha.....	23



4.3.14	ZS 14 – Užitné - atrium.....	23
4.3.15	ZS 15 – Užitné – schodiště.....	24
4.3.16	ZS 16 – Sníh.....	24
4.3.17	ZS 17 – Sníh – návěj.....	27
4.3.18	ZS 18 – Vítr A.....	27
4.3.19	ZS 19 – Vítr B.....	37
4.4	KOMBINACE.....	41
4.4.1	Mezní stav únosnosti – MSÚ.....	41
4.4.2	Mezní stav použitelnosti – MSP.....	42
5.	POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ.....	43
5.1	SPŘAŽENA STROPNICE.....	43
5.1.1	Zatížení.....	44
5.1.2	Posouzení trapézového plechu.....	44
5.1.3	Posouzení – ohyb – fáze 1.....	46
5.1.4	Posouzení – smyk – fáze 2.....	46
5.1.5	Posouzení – ohyb – fáze 2.....	46
5.1.6	Návrh spřažení.....	47
5.1.7	Posouzení průhybů – fáze 1.....	49
5.1.9	Posouzení průhybů – fáze 2.....	49
5.2	SPŘAŽENÝ PRŮVLAK.....	58
5.2.1	Zatížení.....	59
5.2.2	Posouzení – ohyb - fáze 1.....	60
5.2.3	Posouzení – smyk - fáze 2.....	60
5.2.4	Posouzení – ohyb – fáze 2.....	61
5.2.5	Návrh spřažení.....	62
5.2.6	Posouzení průhybu – fáze 1.....	64
5.2.7	Posouzení průhybu – fáze 2.....	64
5.3	SLOUPY.....	67
5.3.1	Zatížení.....	67
5.3.2	Posouzení – vzpěr.....	68
5.4	ZTUŽUJÍCÍ PRUTY V NAPOJENÍ.....	74
5.4.1	Zatížení a vnitřní síly.....	74
5.4.2	Posouzení – Ohyb a osový tlak.....	74
5.5	KONSTRUKCE ATRIA.....	76
5.5.1	Zatížení a vnitřní síly.....	76
5.5.2	Posouzení – Ohyb a osový tlak – patra 1-4.....	76

5.5.3	Posouzení – Ohyb a osový tlak – patra 5-9 + prstence.....	79
5.5.4	Posouzení – Ohyb a osový tlak – patra 10 - 16.....	81
5.6	KONZOLA.....	84
5.6.1	Zatížení a vnitřní síly.....	84
5.6.2	Posouzení – ohyb a osový tlak.....	85
5.6.3	Posouzení – průhyb.....	85
5.7	PRSTENEC.....	86
5.7.1	Zatížení a vnitřní síly.....	86
5.7.2	Posouzení – ohyb a osový tlak.....	86
5.8	VAZNÍKY.....	89
5.8.1	Zatížení a vnitřní síly.....	89
5.8.2	Posouzení – Horní pás, část 1.....	89
5.8.3	Posouzení – Horní pás, část 2.....	92
5.8.4	Posouzení – Dolní pás, část 1.....	94
5.8.4	Posouzení – Dolní pás, část 2.....	95
5.8.6	Posouzení – 1.tlačená diagonála.....	95
5.8.7	Posouzení – diagonály a svislice vazníku.....	96
5.8.8	Posouzení – Vazník 1 – Průhyb.....	98
5.8.9	Posouzení – Vazník 2.....	98
5.8.10	Posouzení – Vazník 3.....	99
5.9	VAZNICE IV.....	101
5.9.1	Zatížení a vnitřní síly.....	101
5.9.2	Posouzení – Smyk.....	102
5.9.3	Posouzení – dvouosý ohyb.....	103
5.9.4	Posouzení průhybu.....	103
5.9.5	Porovnání výsledků.....	104
5.10	VAZNICE I.....	109
5.10.1	Zatížení a vnitřní síly.....	109
5.10.2	Posouzení – ohyb a osový tlak.....	109
5.11	ZTUŽIDLA ADMINISTRATIVNÍ ČÁSTI.....	113
5.11.1	Zatížení a vnitřní síly.....	113
5.11.2	Posouzení – Tah – Ztužidla v podlažích 1-8.....	113
5.11.3	Posouzení – Tah – Ztužidla v podlažích 9-16.....	113
6	POSOUZENÍ SPOJŮ.....	114
6.1	SPOJ STROPNICE – PRŮVLAK.....	114
6.1.1	Posouzení – stříh.....	115
6.1.2	Posouzení – otláčení.....	115



6.1.3	Posouzení – styčnickového plechu.....	115
6.1.4	Posouzení – Svaru plech – průvlak.....	116
6.2	SPOJ PRŮVLAK SLOUP.....	117
6.2.1	Posouzení – stříh.....	118
6.2.2	Posouzení – otláčení.....	118
6.2.3	Posouzení – Tah.....	118
6.2.4	Posouzení – protlačení.....	118
6.2.5	Posouzení – čelní desky.....	119
6.2.6	Posouzení – svaru stojna – čelní deska.....	119
6.3	SPOJ ZTUŽIDLO – SLOUP 1-8 patro.....	120
6.4	SPOJ ZTUŽIDLO - SLOUP 9-16 patro.....	122
6.5	SPOJ VAZNICE VAZNÍK.....	124
6.5.1	Posouzení – stříh.....	125
6.5.2	Posouzení – Otláčení.....	125
6.5.3	Posouzení – styčnickového plechu.....	125
6.5.4	Posouzení – svaru plech – prvek.....	126
6.6	ČEPOVÝ SPOJ VAZNÍKU S ATRIEM.....	127
6.7	SPOJ PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU.....	129
6.8	STYČNÍK ATRIA.....	131
6.9	KOTVENÍ.....	132
6.10	KOTVENÍ – ATRIUM.....	134
7	POSOUZENÍ MSP.....	136

1 ÚVOD

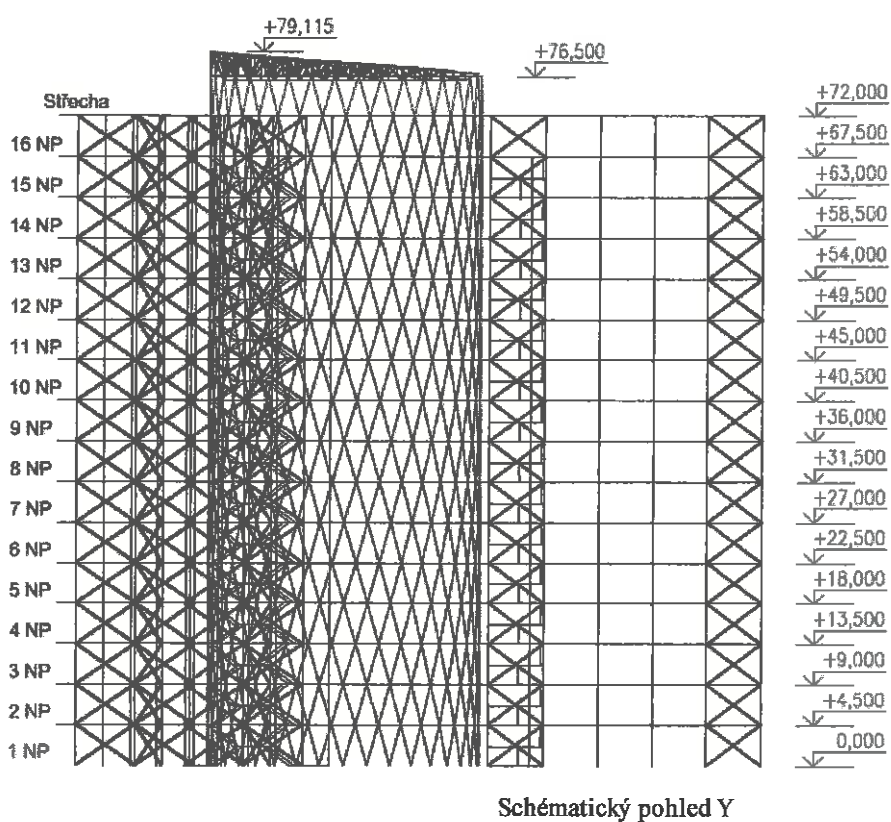
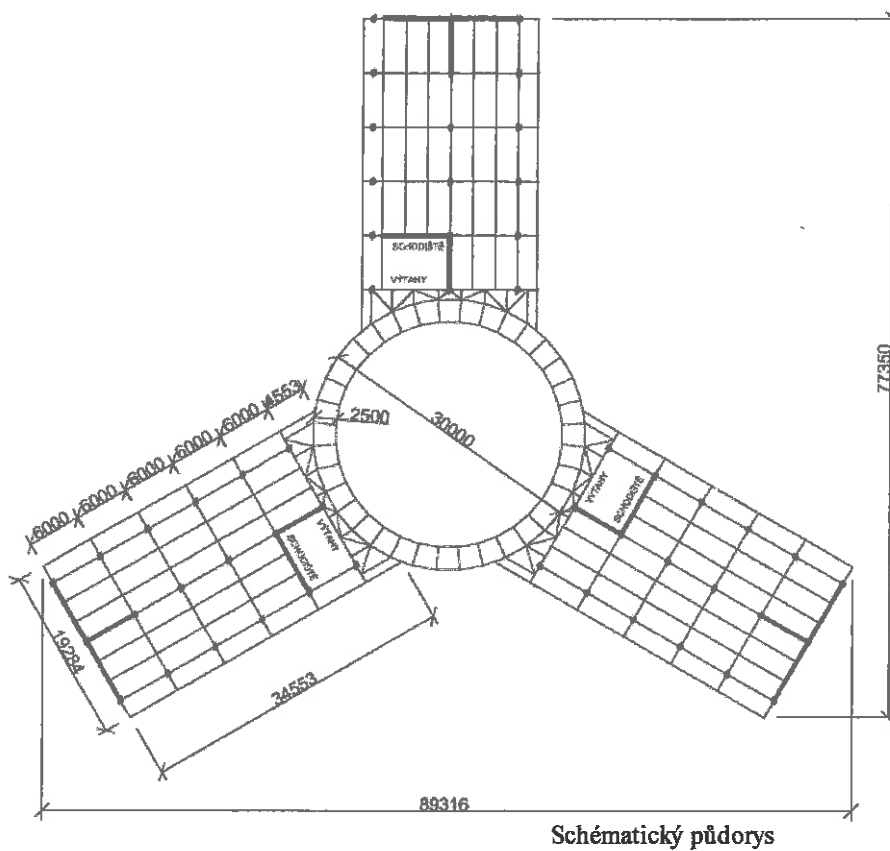
V diplomové práci je vypracován návrh a posouzení ocelové konstrukce budovy pro administrativní účely v Brně. Maximální půdorysné rozměry byly stanoveny na 100x100 m z důvodu velikosti možného pozemku. Půdorys budovy je rotačně symetrický. Budova má 16 nadzemních podlaží. Celková výška objektu je 79,115 m. Ztužení objektu zajišťují svislá ztužidla. V rovině stropu je ztužení zajištěno pomocí spřaženého ocelobetonového stropu.

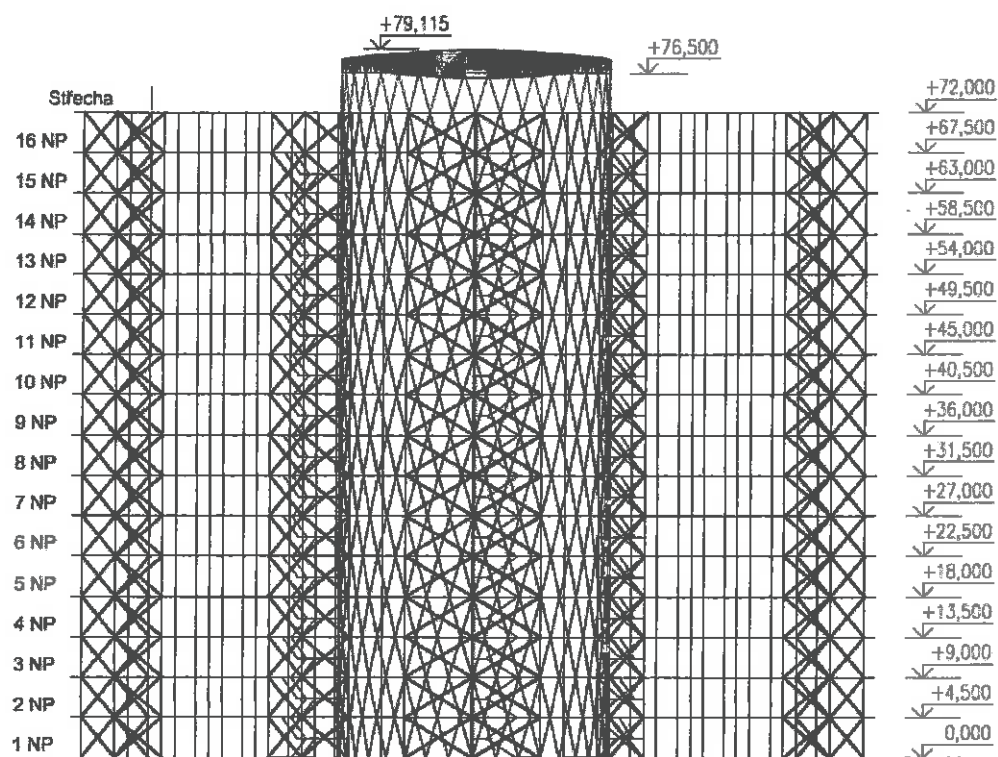
Statická analýza ocelové konstrukce byla provedena v programu RFEM od společnosti Dlubal. Byl vytvořen prostorový model na němž byly vypočteny účinky stálého a proměnného zatížení konstrukce pomocí metody II. řádu. Zatížení stanoveno dle ČSN EN 1991. Zatížení je podrobněji rozebráno ve statickém výpočtu.

POUŽITÉ NORMATIVNÍ DOKUMENTY:

- ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- ČSN EN 1991-1-6, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení - Zatížení během provádění
- ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-8, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnic
- ČSN EN 1994-1-1, Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby

2 GEOMETRIE

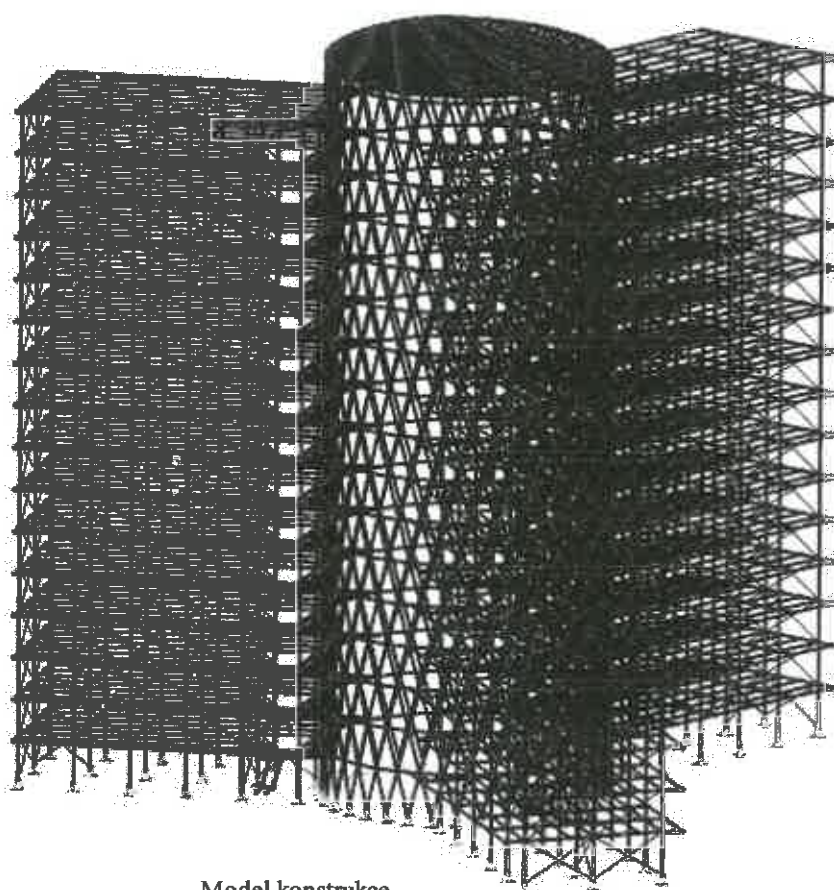




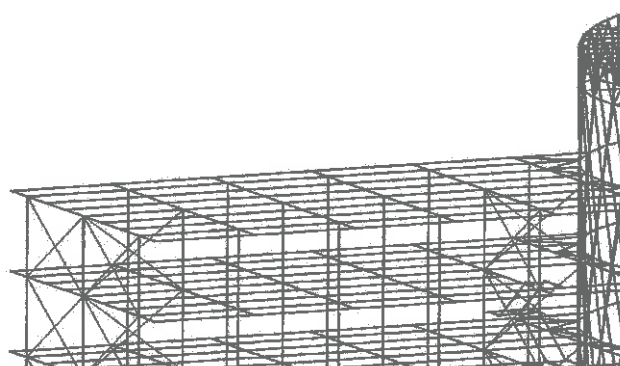
Schématický pohled X

3 VÝPOČTOVÝ MODEL

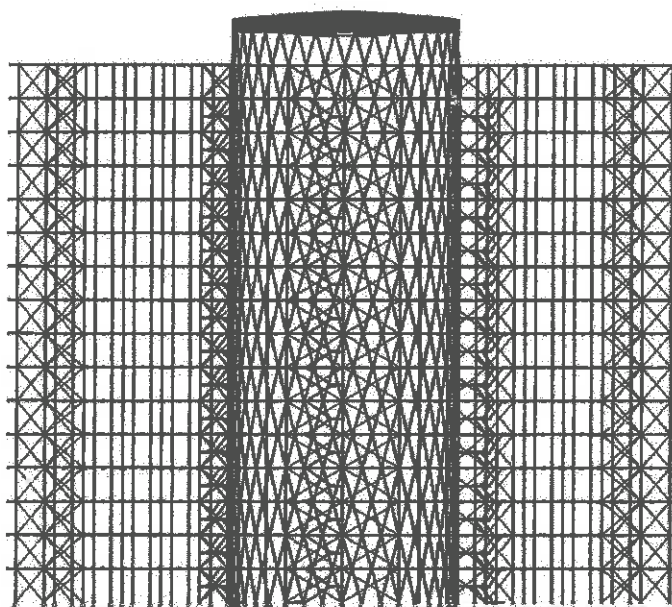
Vytvořen pomocí programu RFEM jako prostorová konstrukce. Podpory jsou modelovány jako pevné kloubové. Sloupy modelovány jako kyvné stojky na krajích konstrukce, ve středu konstrukce jsou pruty průběžné přes víc pater. Stropnice a průvlaky jsou uloženy kloubově. Sloupy, stropnice, průvlaky, pruty atrie, vaznice a vazníky jsou modelovány jako prvky typu Nosník. Ztužidla jsou modelovány jako prvky typu Tahový prut. Ztužení v rovine stropní kce je modelováno ekvivalentním příhradovým ztužením pomocí prutu s nulovou hmotností. Příhradové vazníky zastřešení atrie jsou uloženy kloubově. Pruty příhradového vazníku také kloubově spojeny s pruty dolního a horního pasu.



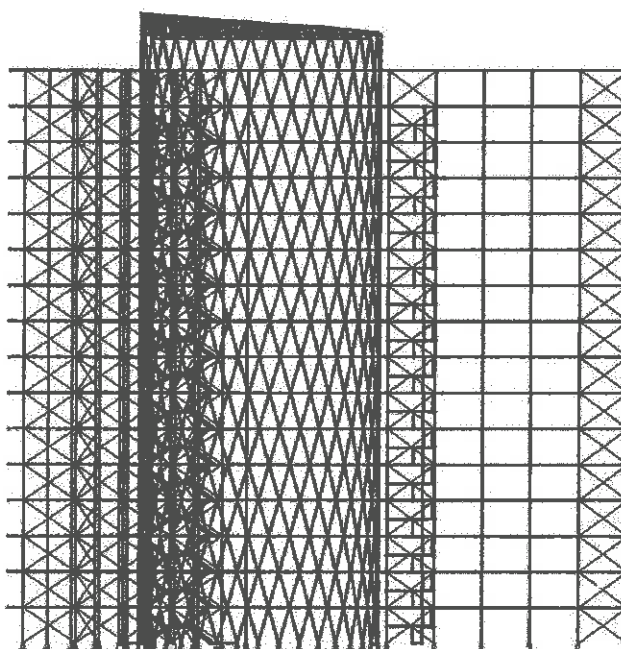
Model konstrukce



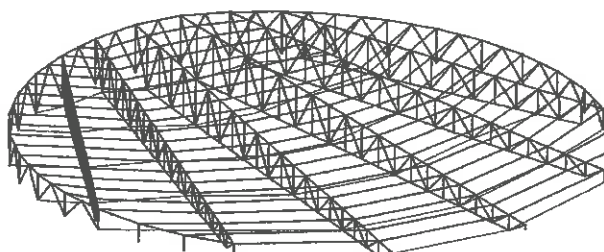
detail



Smer x



Směr y

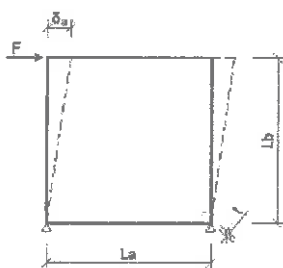


Zastřešení atria

EKVIVALENTNÍ VODOROVNÉ ZTUŽIDLO:

Stropy jsou tvořeny spráženou deskou betonovanou do trapézového plechu. Účinky tohoto ztužení jsou do modelu vloženy pomocí příhradového ztužidla které je tvořeno prutem jehož průřez je vypočítán níže.

TUHÁ STROPNÍ DESKA



$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$E_{cm} = 31 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

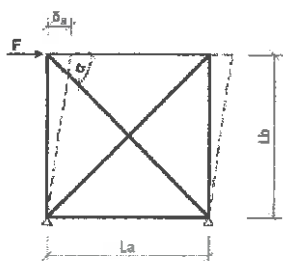
$$G = 0.42 \cdot E_{cm} = 0.42 \cdot (31 \cdot 10^6)$$

$$G = 1.302 \times 10^7 \text{ kPa}$$

$$t = 87 \text{ mm} \quad (\text{průměrná tloušťka desky})$$

$$a = \sqrt{\frac{G \cdot t \cdot (L_a^2 + L_b^2)^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot L_a \cdot L_b \cdot E}}$$

EKVIVALENTNÍ VODOROVNÉ ZTUŽIDLO



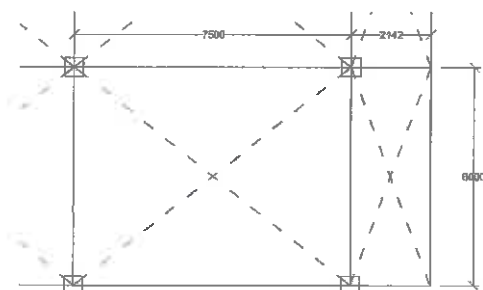
Pole 7,5x6 m

$$L_a = 7.500 \text{ m} \quad L_b = 6 \text{ m}$$

$$a = \sqrt{\frac{G \cdot t \cdot (L_a^2 + L_b^2)^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot L_a \cdot L_b \cdot E}} = \sqrt{\frac{0.42 \cdot (31 \cdot 10^6) \cdot 0.087 \cdot (7.500^2 + 6^2)^{\frac{3}{2}}}{(2 \cdot 7.500 \cdot 6) \cdot (210 \cdot 10^6)}}$$

$$a = 0.23 \text{ m}$$

$$a = 230 \text{ mm} \Rightarrow \text{použit profil } 230 \times 230 \text{ mm}$$



Pole 6x2,114 m

$$L_a = 6 \text{ m} \quad L_b = 2.142 \text{ m}$$

$$a = \sqrt{\frac{G \cdot t \cdot (L_a^2 + L_b^2)^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot L_a \cdot L_b \cdot E}} = \sqrt{\frac{0.42 \cdot (31 \cdot 10^6) \cdot 0.087 \cdot (6^2 + 2.142^2)^{\frac{3}{2}}}{(2 \cdot 6 \cdot 2.142) \cdot (210 \cdot 10^6)}}$$

$$a = 0.233 \text{ m}$$

$$a = 233 \text{ mm} \Rightarrow \text{použit profil } 240 \times 240 \text{ mm}$$

4 ZATÍŽENÍ

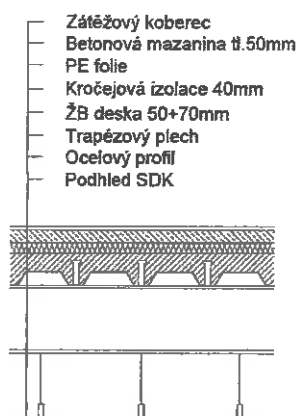
4.1 ZATÍŽENÍ STÁLÉ

4.1.1 Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha je automaticky generována programem RFEM, u sprážených stropů se generuje pouze vlastní tíha ocelového nosníku a betonová deska je zahrnuta v zatěžovacím stavu.

4.1.2 Strop - administrativní část

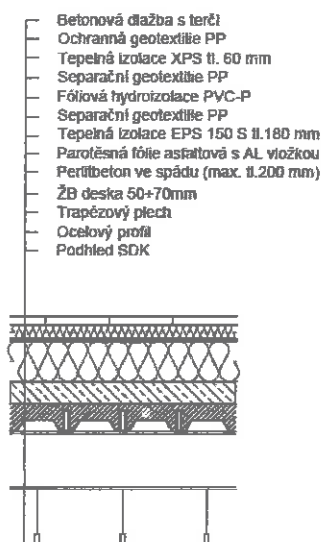
Ocelobetonová sprážená konstrukce.



Vrstva	tloušťka (mm)	objem tíha (kN/m³)	g _k (kN/m²)
Koberec	10	2,5	0,025
Betonová mazanina	50	25	1,25
Kročejová izolace	40	1,15	0,046
ŽB deska	70	25	1,75
ŽB vlny plechu 4x – A=4,225*10 ⁻³ m²	50	25	0,423
Trapézový plech TR 50/250 – 1,00			0,1
Ocelový nosník			
IZB, osvětlení			0,2
SDK podhled			0,15
Celkem			3,944

4.1.3 Střešní konstrukce - administrativní část

Plochá střecha na ocelobetonovém spráženém stropu.



Vrstva	tloušťka (mm)	objem tíha (kN/m³)	g _k (kN/m²)
Betonová dlažba s terčí	40	25	1
Ochrana geotextilie PP 500 g/m²	2	2,5	0,005
Tepelná izolace XPS	60	3	0,19
Separální geotextilie PP 300 g/m	2	1,5	0,003
Fóliová hydroizolace PVC-P	1,5	12	0,018
Separální geotextilie PP 300 g/m²	2	1,5	0,003
Tepelná izolace EPS 150 S	180	2,5	0,047
Parotěsná fólie asfaltová s AL vložkou	2	1,15	0,042
Betonová mazanina – Perlitbeton max. tl. 200mm	200	5	1
ŽB deska	70	25	1,75
ŽB vlny plechu 4x – A=4,225*10 ⁻³ m²	50	25	0,423
Trapézový plech TR 50/250 – 1,00			0,1
Ocelový nosník			
IZB, osvětlení			0,2
SDK podhled			0,15
Celkem			4,931

4.1.4 Střešní konstrukce - atrium

Střešní plášť atria je tvořen skleněnými panely upevněnými pomocí tzv. "point fix" systémem s uvažovanou tíhou:

$$g_k = 1.00 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

4.1.5 Pochozí plocha atria

Podlaha pochozí části atria je uvažována jako sleněná a uvažované zatížení je odhadnuto na:

$$g_k = 1.00 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

4.1.6 Opláštění administrativní části

Opláštění administrativní části bude pomocí kazetového systému z hliníkových rámců a izolačního trojskla. V DP není podrobně řešen výrobce a typ fasádního systému proto by proveden odhad zatížení od opláštění

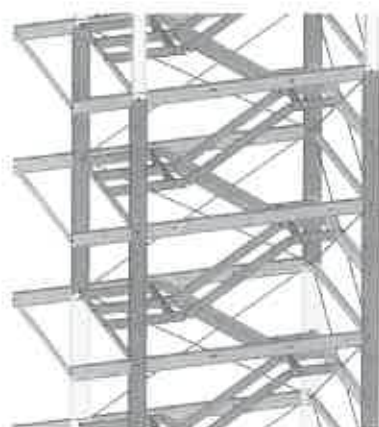
Odhad zatížení byl stanoven na:

$$g_k = 1.00 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

4.1.7 Opláštění atria

Opláštění atria bude provedeno pomocí skleněné fasády s uchyty "point fix" Výrobce ani typ nebyl určen a proto byl proveden odhad zatížení na:

$$g_k = 0.70 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

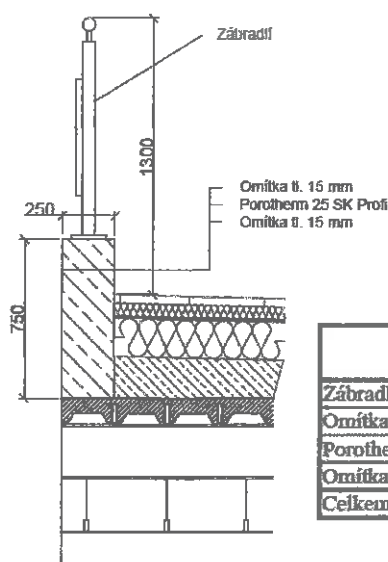


4.1.8 Tíha konstrukce schodiště

Konstrukce schodiště je z profilů UPE 300 a ocelových roštů a schodišťových stupňů z pororoštu. V DP nebyla kce podrobně řešena. Šířka schodiště je uvažována 1200mm.

Odhad zatížení od roštů by stanoven na:

$$g_k = 0.60 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$



4.1.9 Atika se zábradlím pochozí střechy

Atika je vyzděna z tvárnice Porotherm na kterou je přichyceno zábradlí

Vrstva	tloušťka (mm)	výška (m)	objem tíha (kN/m ³)	g_k (kN/m)
Zábradlí	-	-	-	0,5
Omlítka	15	0,750	20	0,225
Porotherm 25 Profi	250	0,750	8,3	1,556
Omlítka	15	0,750	20	0,225
Celkem				2,500

4.1.10 Zábradlí pochozí plochy atria

Konstrukce zábradlí je obsahuje ocelové sloupky, ocelové madlo a skleněnou výplň. Tíha zábradlí je odhadnuta na:

$$g_k = 1.00 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

4.2 ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

4.2.1 Užitné - administrativní část

Kategorie ploch B - kancelářské plochy $\Rightarrow q_k = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$

Přemístitelné přčky s vlastní tíhou do $2,0 \text{ kNm}^{-1} \Rightarrow q_k = 0,8 \text{ kNm}^{-2}$

4.2.2 Užitné - střecha pochozí

Kategorie ploch I - střechy přístupné viz kategorie A $\Rightarrow q_k = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$

4.2.3 Užitné - pochozí plocha atria

Kategorie ploch B - kancelářské plochy $\Rightarrow q_k = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$

4.2.4 Užitné - schodiště

Administrativní budova - schodiště viz kategorie A $\Rightarrow q_k = 3,0 \text{ kNm}^{-2}$

4.2.5 Zatížení sněhem

Lokalita - Brno $\Rightarrow$ sněhová oblast II.

Charakteristická hodnota zatížení sněhem	$s_k = 1,0 \text{ kN m}^{-2}$
Součinitel expozice	$C_e = 1,0$
Tepelný součinitel	$C_t = 1,0$
Zatížení sněhem na střeše	$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$
	$s = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,0$
	$s = 0,8 \text{ kN m}^{-2}$

4.2.6 Zatížení větrem

Lokalita - Brno $\Rightarrow$ větrová oblast II.

Základní rychlost větru	$v_{b,0} = 25 \text{ m s}^{-1}$
Součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,0$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1,0$
Kategorie terénu II	$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$
Součinitel ortografie	$c_0(z) = 1,0$
Parametry drsnosti terénu	$z_0 = 1 \text{ m}$
	$z_{min} = 10 \text{ m}$
	$z_{max} = 200 \text{ m}$
Součinitel turbulence	$k_1 = 1,0$
Hmotnost vzduchu	$\rho = 1,25 \text{ kg m}^{-3}$

Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1.00 \cdot 1.00 \cdot 25$$

$$v_b = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Součinitel terénu:

$$k_T = 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.19 \cdot \left(\frac{1}{0.05} \right)^{0.07}$$

$$k_T = 0.234$$

Součinitel drsnosti terénu:

$z = 63 \text{ m}$

$$c_T = k_T \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0.2343 \cdot \ln \left(\frac{63}{1} \right)$$

$$c_T = 0.971$$

Střední rychlost větru ve výšce z nad terénem:

$$v_m = c_T \cdot c_0 \cdot v_b = 0.971 \cdot 1.0 \cdot (1.00 \cdot 1.00 \cdot 25)$$

$$v_m = 24.275 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Intenzita turbulence ve výšce z:

$$I_v = \frac{k_1}{c_0 \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1.0}{\left(1.0 \cdot \ln \left(\frac{63}{1} \right) \right)}$$

$$I_v = 0.241$$

Maximální dynamický tlak:

$$q_p = \left(1 + 7 \cdot I_v \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = \left(1 + 7 \cdot 0.241 \right) \cdot \left(\frac{1}{2} \right) \cdot 1.25 \cdot 24.275^2$$

$$q_p = 989.615 \text{ kPa}$$

Tlak větru:

$$w_e = q_p \cdot C_{pe}$$

viz. ZS18 a ZS19 v části 4.3.18 resp. 4.3.19

4.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY

4.3.1 ZS 1 - Vlastní tíha

Automaticky programem RFEM

4.3.2 ZS 2 - Stropní kce administrativní části

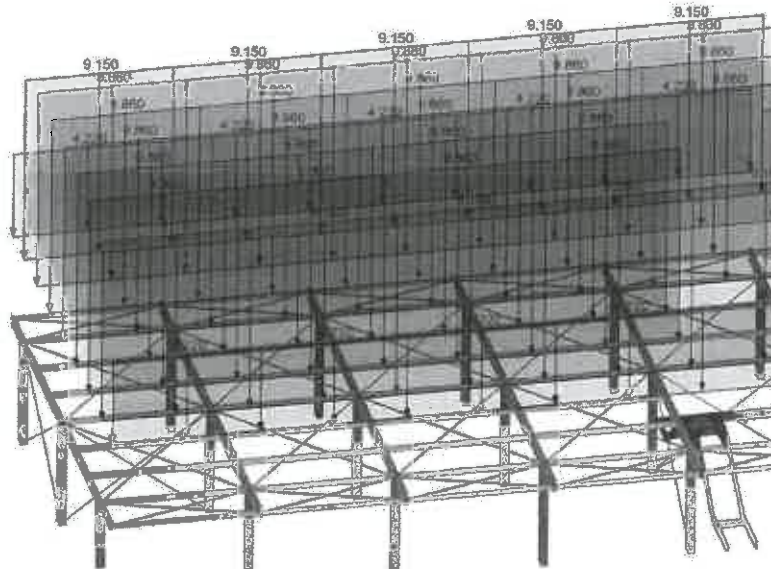
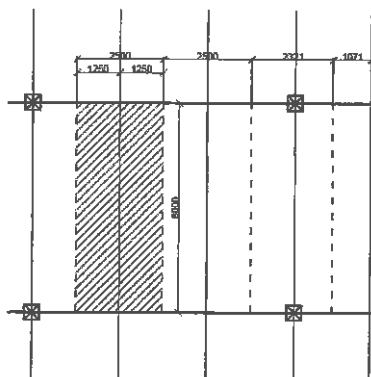
Zatížení je aplikováno pouze na stropnice pomocí zatěžovacích šířek.

$$g_k = 3,944 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$\text{Z.Š. } 2,5 \text{ m} \quad g_k = 9,86 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\text{Z.Š. } 2,321 \text{ m} \quad g_k = 9,15 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\text{Z.Š. } 1,071 \text{ m} \quad g_k = 4,22 \text{ kNm}^{-1}$$



4.3.3 ZS 3 - Střešní kce administrativní části

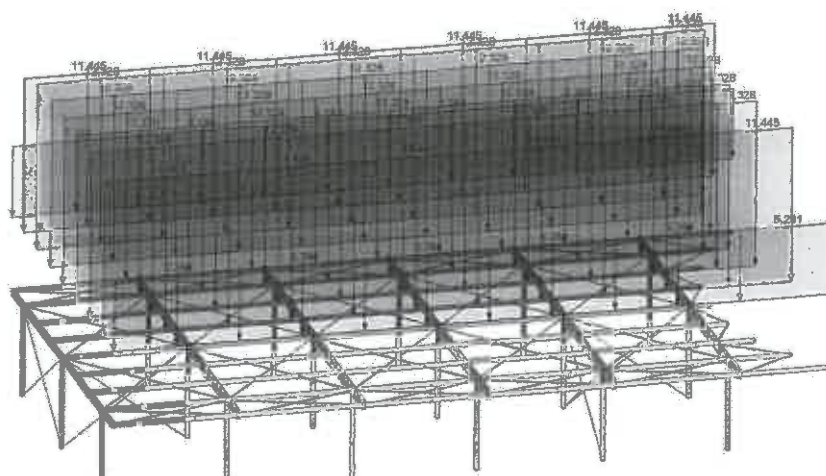
Zatížení je aplikováno pouze na stropnice pomocí zatěžovacích šířek.

$$g_k = 4,931 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$\text{Z.Š. } 2,5 \text{ m} \quad g_k = 12,33 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\text{Z.Š. } 2,321 \text{ m} \quad g_k = 11,44 \text{ kNm}^{-1}$$

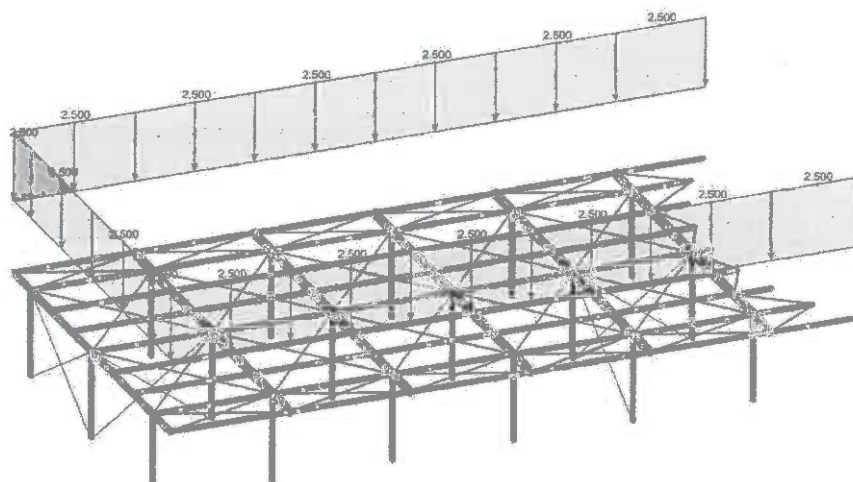
$$\text{Z.Š. } 1,071 \text{ m} \quad g_k = 5,28 \text{ kNm}^{-1}$$



4.3.4 ZS 4 - Atika střechy administrativní části

Zatížení je aplikováno na krajní stropnice a krajní průvlak

$$g_k = 2.500 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$



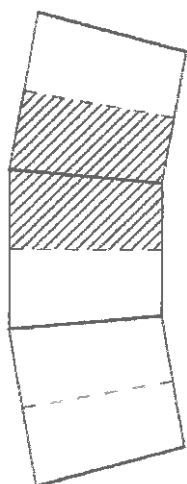
4.3.5 ZS 5 - Pochozí plocha atria + zábradlí

Bylo spočítáno zatížení na jednu konzolu, díky symetrii se zatížení opakuje u všech ostatních konzol.

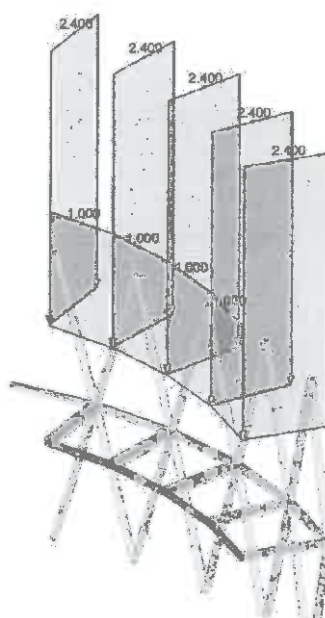
$$g_{k, \text{plocha}} = 1.00 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$g_{k, \text{zábradlí}} = 1.00 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$A = 5,97 \text{ m}^2 \Rightarrow (A \cdot g_{k, \text{plocha}}) / L = g_k = 2,4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$



$$A = 5,97 \text{ m}^2$$

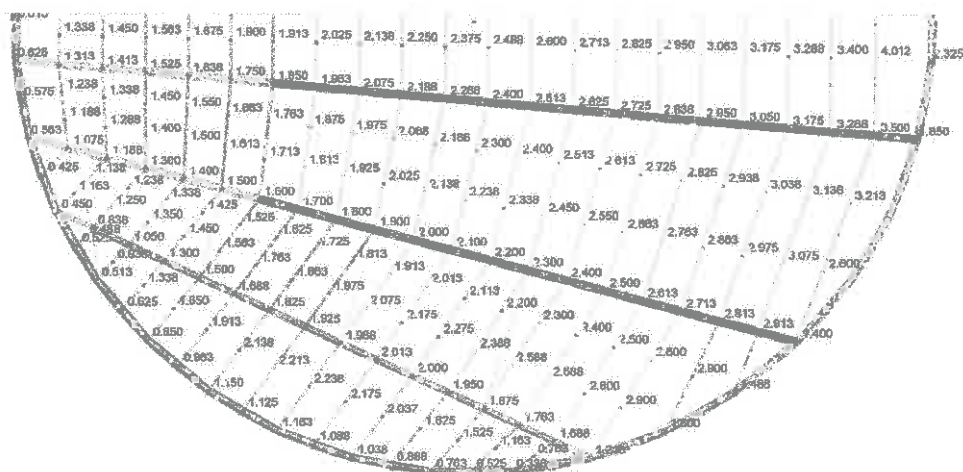
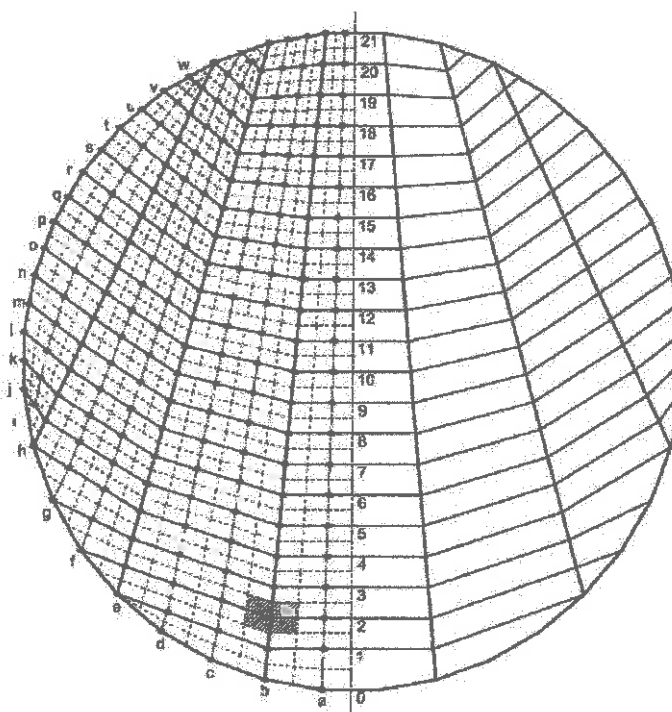


4.3.6 ZS 6 - Střešní konstrukce atria

Byl vynesén půdorys konstrukce zastřešení atria a spočítány zatěžovací plochy které připadají na jednotlivé upevňovací body střešního pláště

$$g_k = 1.00 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$A \cdot g_k = G_k \text{ kN}$$

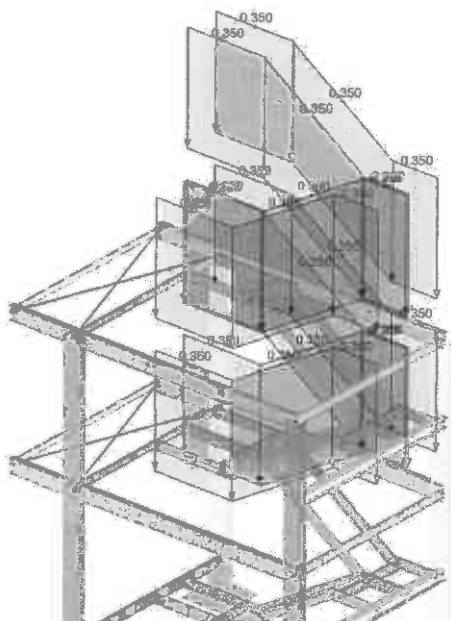




Sloupec a			Sloupec b			Sloupec c			Sloupec d			Sloupec e		
	A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)
a-21	0,62	0,62	b-21	0,62	0,62	c-21	0,57	0,57	d-21	0,56	0,56	e-21	0,42	0,42
a-20	1,34	1,34	b-20	1,31	1,31	c-20	1,24	1,24	d-20	1,18	1,18	e-20	0,94	0,94
a-19	1,45	1,45	b-19	1,42	1,42	c-19	1,34	1,34	d-19	1,29	1,29	e-19	1,19	1,19
a-18	1,57	1,57	b-18	1,53	1,53	c-18	1,45	1,45	d-18	1,40	1,40	e-18	1,29	1,29
a-17	1,68	1,68	b-17	1,64	1,64	c-17	1,55	1,55	d-17	1,50	1,50	e-17	1,40	1,40
a-16	1,79	1,79	b-16	1,75	1,75	c-16	1,66	1,66	d-16	1,61	1,61	e-16	1,50	1,50
a-15	1,91	1,91	b-15	1,86	1,86	c-15	1,77	1,77	d-15	1,71	1,71	e-15	1,60	1,60
a-14	2,02	2,02	b-14	1,97	1,97	c-14	1,87	1,87	d-14	1,82	1,82	e-14	1,70	1,70
a-13	2,14	2,14	b-13	2,07	2,07	c-13	1,98	1,98	d-13	1,92	1,92	e-13	1,80	1,80
a-12	2,25	2,25	b-12	2,18	2,18	c-12	2,08	2,08	d-12	2,03	2,03	e-12	1,90	1,90
a-11	2,37	2,37	b-11	2,29	2,29	c-11	2,19	2,19	d-11	2,13	2,13	e-11	2,00	2,00
a-10	2,48	2,48	b-10	2,40	2,40	c-10	2,30	2,30	d-10	2,24	2,24	e-10	2,10	2,10
a-9	2,60	2,60	b-9	2,51	2,51	c-9	2,40	2,40	d-9	2,34	2,34	e-9	2,20	2,20
a-8	2,71	2,71	b-8	2,62	2,62	c-8	2,51	2,51	d-8	2,45	2,45	e-8	2,30	2,30
a-7	2,83	2,83	b-7	2,73	2,73	c-7	2,61	2,61	d-7	2,55	2,55	e-7	2,41	2,41
a-6	2,94	2,94	b-6	2,84	2,84	c-6	2,72	2,72	d-6	2,66	2,66	e-6	2,51	2,51
a-5	3,06	3,06	b-5	2,95	2,95	c-5	2,83	2,83	d-5	2,76	2,76	e-5	2,61	2,61
a-4	3,17	3,17	b-4	3,06	3,06	c-4	2,93	2,93	d-4	2,87	2,87	e-4	2,71	2,71
a-3	3,28	3,28	b-3	3,18	3,18	c-3	3,04	3,04	d-3	2,97	2,97	e-3	2,81	2,81
a-2	3,40	3,40	b-2	3,29	3,29	c-2	3,14	3,14	d-2	3,08	3,08	e-2	2,91	2,91
a-1	4,02	4,02	b-1	3,50	3,50	c-1	3,22	3,22	d-1	2,60	2,60	e-1	1,40	1,40
a-0	2,32	2,32	b-0	1,85	1,85	c-0	1,65	1,65	d-0	1,05	1,05			

Sloupec f			Sloupec g			Sloupec h			Sloupec i			zbytek krajních bodů		
	A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)
f-20	0,584	0,584	g-20	0,944	0,944	h-19	0,523	0,523	i-18	0,482	0,482	w-18	0,181	0,181
f-19	0,902	0,902	g-19	1,159	1,159	h-18	0,838	0,838	i-17	0,940	0,940	-v-17	0,516	0,516
f-18	1,140	1,140	g-18	1,353	1,353	h-17	1,052	1,052	i-16	1,340	1,340	u-16	0,628	0,628
f-17	1,333	0,097	g-17	1,456	1,456	h-16	1,296	1,296	i-15	1,650	1,650	t-15	0,856	0,856
f-16	1,430	0,194	g-16	1,662	0,103	h-15	1,506	1,506	i-14	1,913	1,913	s-14	0,959	0,959
f-15	1,527	0,291	g-15	1,765	0,206	h-14	1,682	1,682	i-13	2,137	2,137	r-13	1,156	1,156
f-14	1,624	0,388	g-14	1,868	0,309	h-13	1,821	1,821	i-12	2,215	2,215	q-12	1,121	1,121
f-13	1,721	0,485	g-13	1,971	0,412	h-12	1,923	1,923	i-11	2,233	2,233	p-11	1,159	1,159
f-12	1,818	0,582	g-12	2,074	0,515	h-11	1,986	1,986	i-10	2,179	2,179	o-10	1,088	1,088
f-11	1,915	0,679	g-11	2,177	0,618	h-10	2,013	2,013	i-9	2,036	2,036	n-9	1,041	1,041
f-10	2,012	0,776	g-10	2,280	0,721	h-9	1,998	1,998	i-8	1,821	1,821	m-8	0,884	0,884
f-9	2,109	0,873	g-9	2,383	0,824	h-8	1,950	1,950	i-7	1,525	1,525	l-7	0,757	0,757
f-8	2,206	0,970	g-8	2,486	0,927	h-7	1,876	1,876	i-6	1,163	1,163	k-6	0,523	0,523
f-7	2,303	1,067	g-7	2,589	1,030	h-6	1,759	1,759	i-5	0,763	0,763	j-5	0,340	0,340
f-6	2,400	1,164	g-6	2,692	1,133	h-5	1,683	1,683						
f-5	2,497	1,261	g-5	2,795	1,236	h-4	1,218	1,218						
f-4	2,594	1,358	g-4	2,898	1,339									
f-3	2,899	2,899	g-3	1,603	1,603									
f-2	1,493	1,493												

4.3.7 ZS 7 - Schodiště



Zatížení tíhou konstrukce

$$g_k = 0.60 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

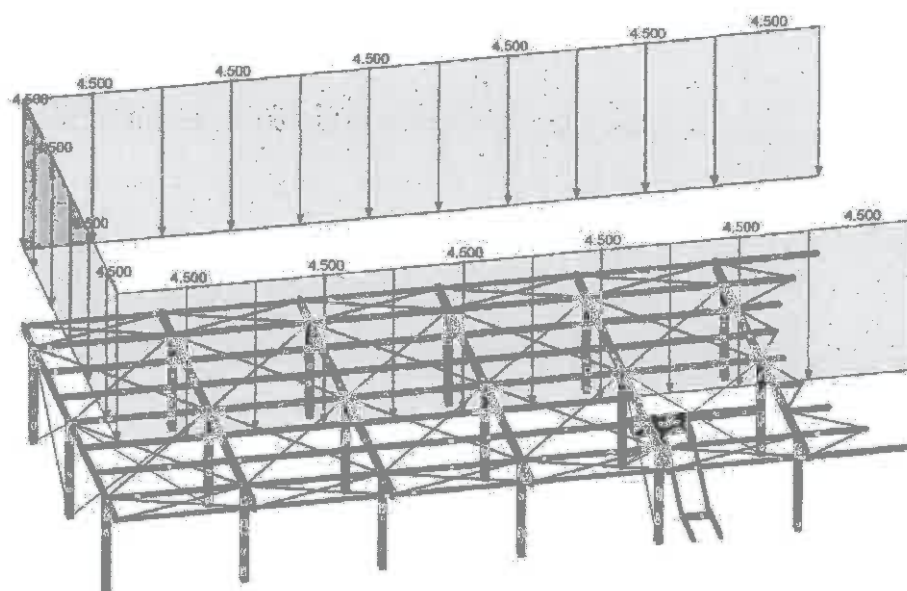
$$g_k = (1,2/2) \cdot 0,6 = 0,35 \text{ kNm}^{-1}$$

4.3.8 ZS 8 - Obvodový plášť administrativní části

Zatížení aplikováno na krajní stropnice spojitým zatížením o zatěžovací šířce rovnou výšce patra tj. 4,5m

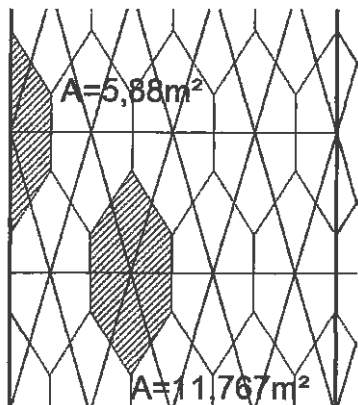
$$g_k = 1.00 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$g_k = Z.Š. \cdot g = 4,5 \cdot 1 = 4,5 \text{ kNm}^{-1}$$



4.3.9 ZS 9 - Obvodový plášť atria

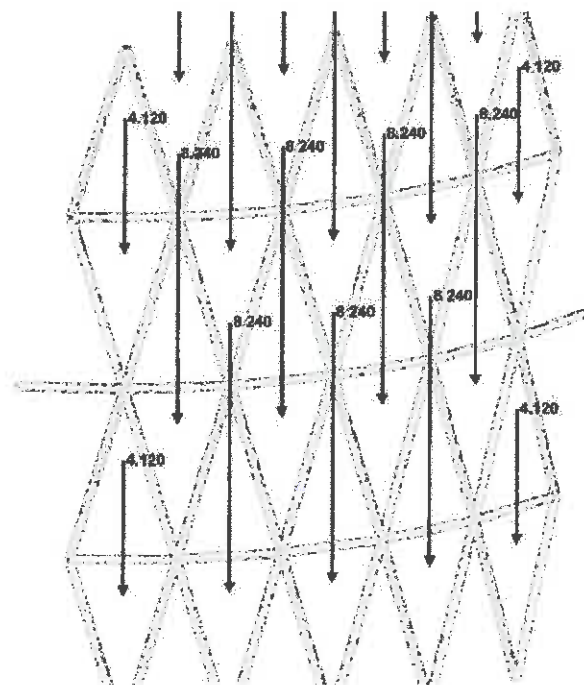
Zatížení je přepočítáno pomocí plochy na bodové zatížení styčnicí



$$g_k = 0.70 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$G_{1k} = A \cdot g_k = 5,88 \cdot 0,7 = 4,12 \text{ kN}$$

$$G_{2k} = A \cdot g_k = 11,767 \cdot 0,7 = 8,24 \text{ kN}$$



4.3.10 ZS 10 - Užitné - Kancelářské - Plné

Pomocí zatěžovacích šířek aplikováno na stropnice. Dle normy ČSN EN 1991-1-1 6.3.1.2 (11) se použije redukční součinitel α_n

$$n = 16 \quad \psi_0 = 0.7$$

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2) \cdot \psi_0}{n} = \frac{[2 + (16 - 2) \cdot 0.7]}{16}$$

$$\alpha_n = 0.737$$

$$q_{k,u} = 2.5 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

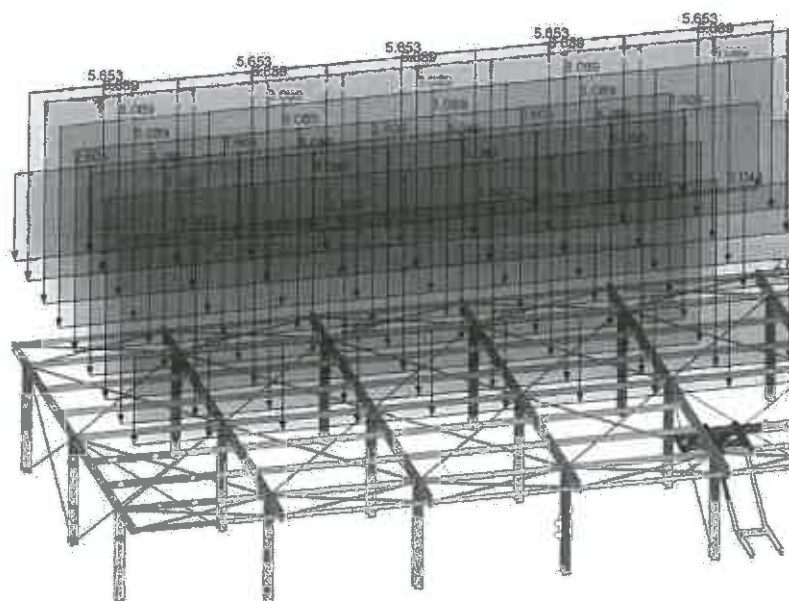
$$q_{k,p} = 0.8 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$\text{Z.Š. } 2,5 \text{ m} \quad (q_k \cdot \text{ZŠ}) \cdot \alpha_n = ((2,5 + 0,8) \cdot 2,5) \cdot 0,737 = 6,089 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\text{Z.Š. } 2,321 \text{ m} \quad (q_k \cdot \text{ZŠ}) \cdot \alpha_n = ((2,5 + 0,8) \cdot 2,321) \cdot 0,737 = 5,653 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\text{Z.Š. } 1,071 \text{ m} \quad (q_k \cdot \text{ZŠ}) \cdot \alpha_n = ((2,5 + 0,8) \cdot 1,071) \cdot 0,737 = 2,605 \text{ kNm}^{-1}$$

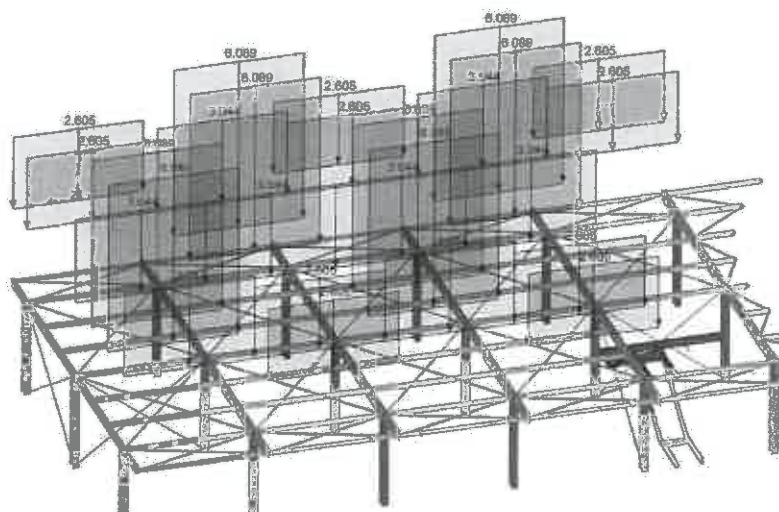
ZS 10



4.3.11 ZS 11 - Užitné - Kancelářské - Šach 1

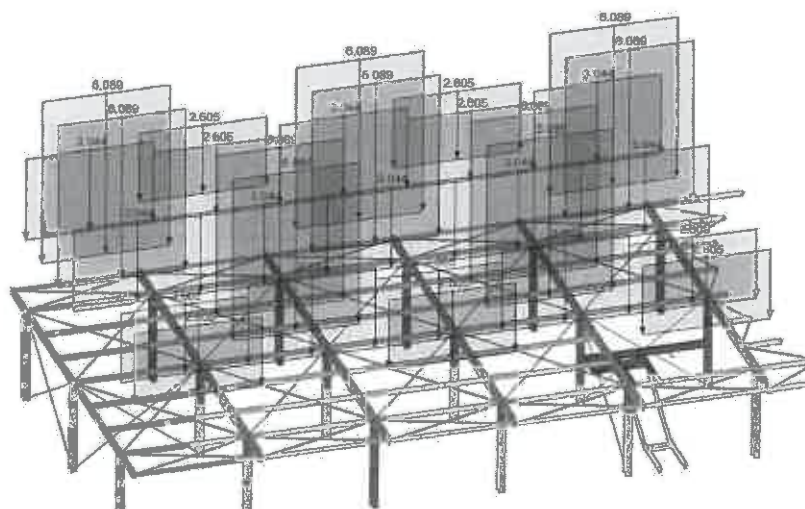
Hodnota zatížení stejná jako v případě ZS10

ZS 11



4.3.12 ZS 12 - Užitné - Kancelářské - Šach 2

ZS 12



4.3.13 ZS 13 - Užité - Střecha

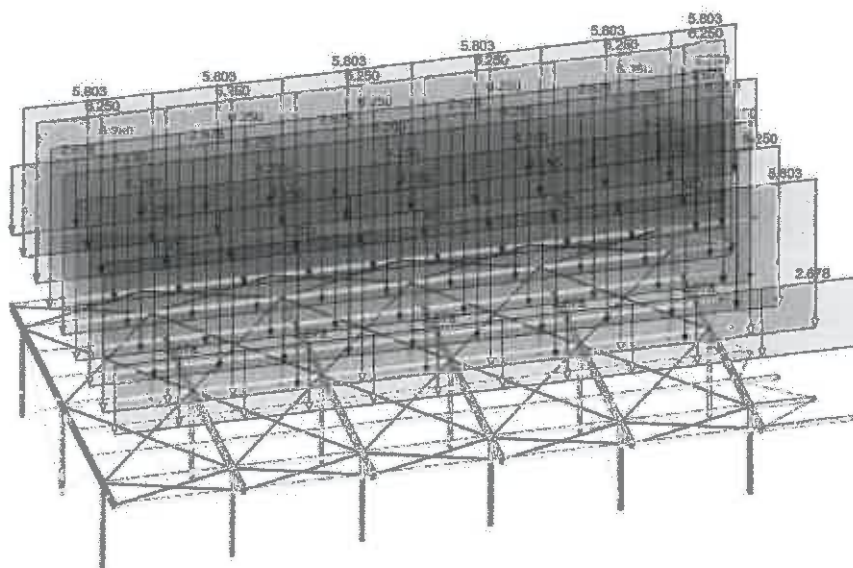
Zatížení je aplikováno na stropnice pomocí zatěžovacích šířek

$$q_k = 2.5 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$\text{Z.Š. } 2,5 \text{ m} \quad (q_k * \text{ZŠ}) = 2,5 * 2,5 = 6,25 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\text{Z.Š. } 2,321 \text{ m} \quad (q_k * \text{ZŠ}) = 2,5 * 2,321 = 5,803 \text{ kNm}^{-1}$$

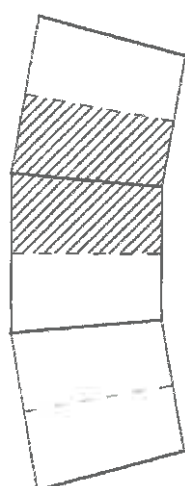
$$\text{Z.Š. } 1,071 \text{ m} \quad (q_k * \text{ZŠ}) = 2,5 * 1,071 = 2,678 \text{ kNm}^{-1}$$



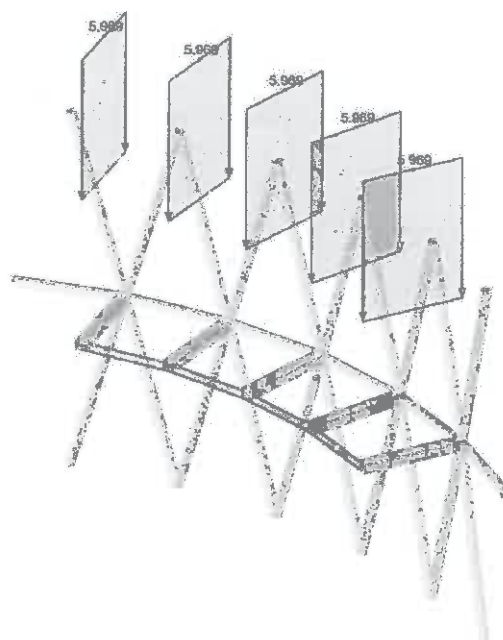
4.3.14 ZS 14 - Užité - atrium

$$q_k = 2.50 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$A = 5,97 \text{ m}^2 \Rightarrow (A * q_k) / L = q_k = 5,969 \text{ kNm}^{-1}$$



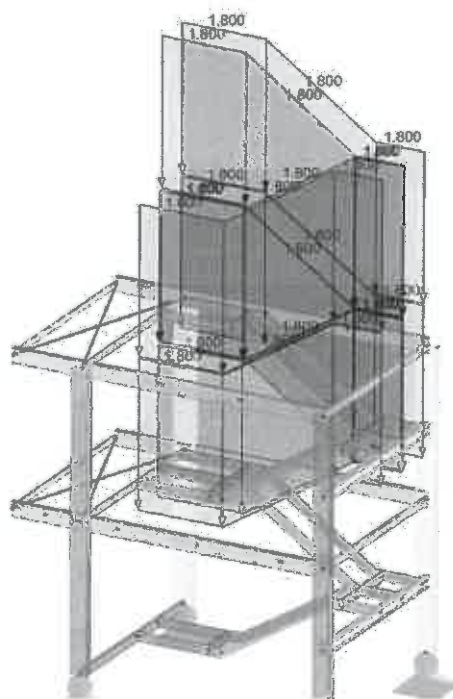
$A = 5,97 \text{ m}^2$



4.3.15 ZS 15 - Užité - schodiště

$$q_k = 3.00 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$g_k = (1,2/2) \cdot 3 = 1,8 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$



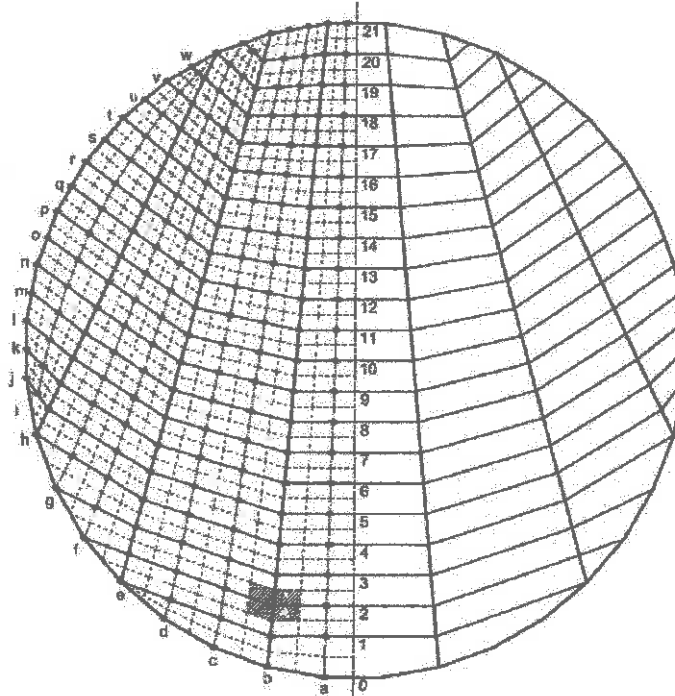
4.3.16 ZS 16 - Sníh

Sníh na kci atria

Byl vynesen půdorys konstrukce zastřešení atria a spočítány zatěžovací plochy které připadají na jednotlivé upevňovací body střešního pláště

$$g_k = 0.8 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

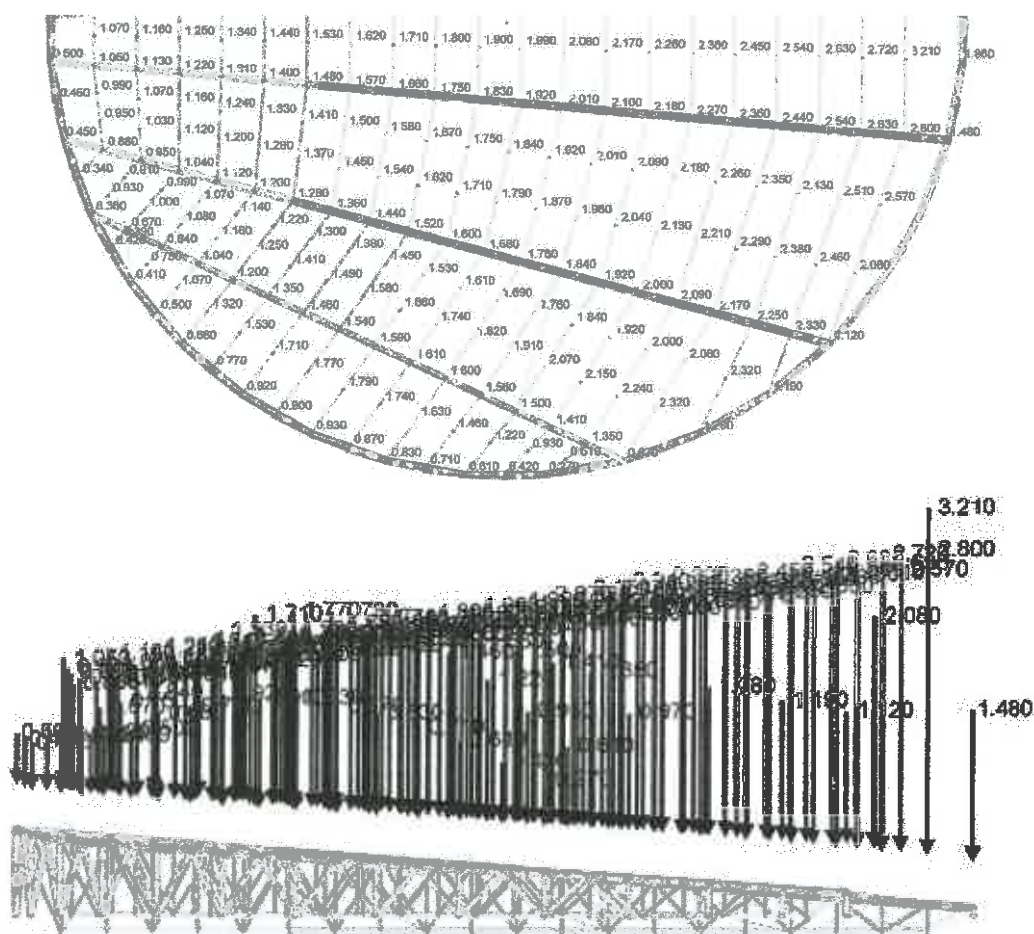
$$A \cdot g_k = G_k \text{ kN}$$





Sloupec a			Sloupec b			Sloupec c			Sloupec d			Sloupec e		
	A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)
a-21	0,615	0,49	b-21	0,624	0,50	c-21	0,570	0,46	d-21	0,560	0,45	e-21	0,419	0,34
a-20	1,336	1,07	b-20	1,313	1,05	c-20	1,237	0,99	d-20	1,184	0,95	e-20	0,943	0,86
a-19	1,450	1,16	b-19	1,416	1,13	c-19	1,343	1,07	d-19	1,290	1,03	e-19	1,193	0,95
a-18	1,565	1,25	b-18	1,525	1,22	c-18	1,449	1,16	d-18	1,396	1,12	e-18	1,294	1,04
a-17	1,679	1,34	b-17	1,639	1,31	c-17	1,554	1,24	d-17	1,502	1,20	e-17	1,395	1,12
a-16	1,794	1,44	b-16	1,747	1,40	c-16	1,660	1,33	d-16	1,607	1,29	e-16	1,496	1,20
a-15	1,909	1,53	b-15	1,856	1,48	c-15	1,766	1,41	d-15	1,712	1,37	e-15	1,597	1,28
a-14	2,024	1,62	b-14	1,965	1,57	c-14	1,872	1,50	d-14	1,817	1,45	e-14	1,698	1,36
a-13	2,139	1,71	b-13	2,074	1,66	c-13	1,978	1,58	d-13	1,922	1,54	e-13	1,799	1,44
a-12	2,254	1,80	b-12	2,183	1,75	c-12	2,084	1,67	d-12	2,027	1,62	e-12	1,900	1,52
a-11	2,369	1,90	b-11	2,292	1,83	c-11	2,190	1,75	d-11	2,132	1,71	e-11	2,001	1,60
a-10	2,484	1,99	b-10	2,401	1,92	c-10	2,296	1,84	d-10	2,237	1,79	e-10	2,102	1,68
a-9	2,599	2,08	b-9	2,510	2,01	c-9	2,402	1,92	d-9	2,342	1,87	e-9	2,203	1,76
a-8	2,714	2,17	b-8	2,619	2,10	c-8	2,508	2,01	d-8	2,447	1,96	e-8	2,304	1,84
a-7	2,829	2,26	b-7	2,728	2,18	c-7	2,614	2,09	d-7	2,552	2,04	e-7	2,405	1,92
a-6	2,944	2,36	b-6	2,837	2,27	c-6	2,720	2,18	d-6	2,657	2,13	e-6	2,506	2,00
a-5	3,059	2,45	b-5	2,946	2,36	c-5	2,826	2,26	d-5	2,762	2,21	e-5	2,607	2,09
a-4	3,169	2,54	b-4	3,055	2,44	c-4	2,932	2,35	d-4	2,867	2,29	e-4	2,708	2,17
a-3	3,283	2,63	b-3	3,179	2,54	c-3	3,035	2,43	d-3	2,972	2,38	e-3	2,809	2,25
a-2	3,398	2,72	b-2	3,289	2,63	c-2	3,141	2,51	d-2	3,077	2,46	e-2	2,910	2,33
a-1	4,017	3,21	b-1	3,495	2,80	c-1	3,217	2,57	d-1	2,604	2,08	e-1	1,400	1,12
a-0	2,320	1,86	b-0	1,849	1,48	c-0	1,646	1,32	d-0	1,045	0,84			

Sloupec f			Sloupec g			Sloupec h			Sloupec i			zbytek krajních bodů		
	A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)
f-20	0,584	0,34	g-20	0,944	0,76	h-19	0,523	0,42	i-18	0,482	0,39	w-18	0,520	0,42
f-19	0,902	0,91	g-19	1,159	0,93	h-18	0,838	0,67	i-17	0,940	0,75	-v-17	0,516	0,41
f-18	1,140	0,99	g-18	1,353	1,08	h-17	1,052	0,84	i-16	1,340	1,07	u-16	0,628	0,50
f-17	1,333	1,07	g-17	1,456	1,16	h-16	1,296	1,04	i-15	1,650	1,32	t-15	0,856	0,68
f-16	1,430	1,14	g-16	1,662	1,33	h-15	1,506	1,20	i-14	1,913	1,53	s-14	0,959	0,77
f-15	1,527	1,22	g-15	1,765	1,41	h-14	1,682	1,35	i-13	2,137	1,71	r-13	1,156	0,92
f-14	1,624	1,30	g-14	1,868	1,49	h-13	1,821	1,46	i-12	2,215	1,77	q-12	1,121	0,90
f-13	1,721	1,38	g-13	1,971	1,58	h-12	1,923	1,54	i-11	2,233	1,79	p-11	1,159	0,93
f-12	1,818	1,45	g-12	2,074	1,66	h-11	1,986	1,59	i-10	2,179	1,74	o-10	1,088	0,87
f-11	1,915	1,53	g-11	2,177	1,74	h-10	2,013	1,61	i-9	2,036	1,63	n-9	1,041	0,83
f-10	2,012	1,61	g-10	2,280	1,82	h-9	1,998	1,60	i-8	1,821	1,46	m-8	0,884	0,71
f-9	2,109	1,69	g-9	2,383	1,91	h-8	1,950	1,56	i-7	1,525	1,22	l-7	0,757	0,61
f-8	2,206	1,76	g-8	2,486	1,99	h-7	1,876	1,50	i-6	1,163	0,93	k-6	0,523	0,42
f-7	2,303	1,84	g-7	2,589	2,07	h-6	1,759	1,41	i-5	0,763	0,61	j-5	0,340	0,27
f-6	2,400	1,92	g-6	2,692	2,15	h-5	1,683	1,35						
f-5	2,497	2,00	g-5	2,795	2,24	h-4	1,218	0,97						
f-4	2,594	2,08	g-4	2,898	2,32									
f-3	2,899	2,32	g-3	1,603	1,28									
f-2	1,493	1,19												



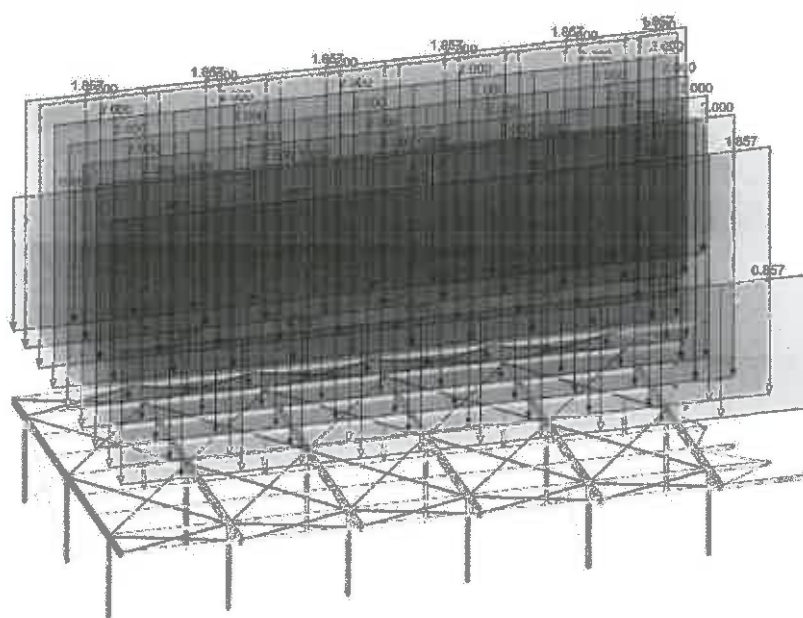
Sníh na kci administrativní části

$$s_k = 0.8 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{Z.Š. } 2,5 \text{ m} \quad (s_k \cdot \text{Z.Š.}) = 0,8 \cdot 2,5 = 2,0 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\text{Z.Š. } 2,321 \text{ m} \quad (s_k \cdot \text{Z.Š.}) = 0,8 \cdot 2,321 = 1,857 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\text{Z.Š. } 1,071 \text{ m} \quad (s_k \cdot \text{Z.Š.}) = 0,8 \cdot 1,071 = 0,857 \text{ kNm}^{-1}$$



4.3.17 ZS 17 - Sníh - návěj

$$b_1 = 30 \text{ m} \quad b_2 = 31 \text{ m} \quad h = 4.5 \text{ m}$$

$$\alpha = 5^\circ < 15^\circ \Rightarrow \mu_s = 0$$

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2 \cdot h} = \frac{(30 + 31)}{(2 \cdot 4.5)}$$

$$\mu_w = 6.778$$

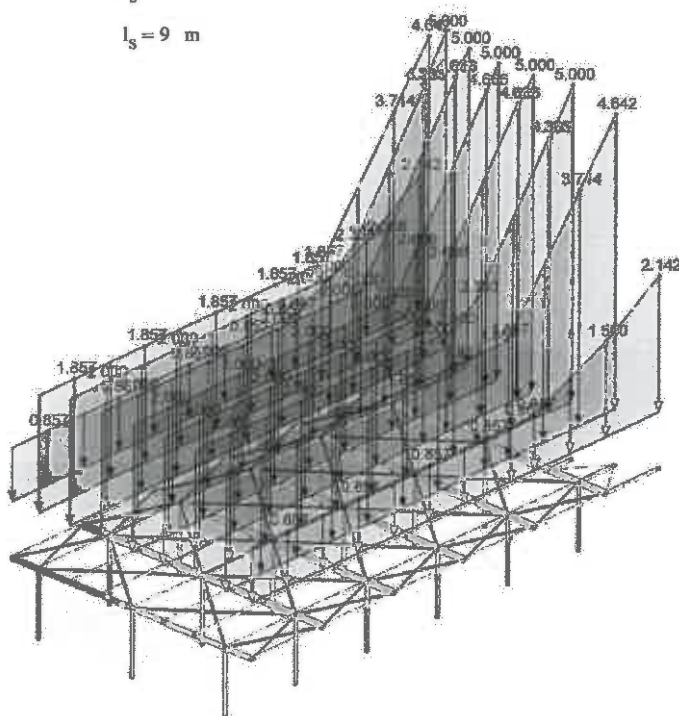
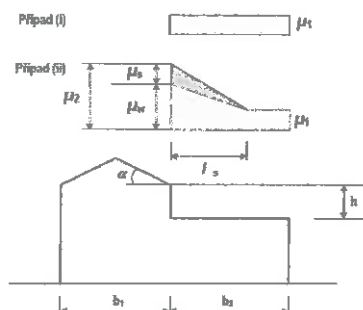
$$\text{dle NA, je max. } \mu_w = 2,00$$

$$a \Rightarrow s = \mu_w \cdot s_k = 2 \cdot 1 = 2 \text{ kNm}^{-2}$$

délka návěje:

$$l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 4.5$$

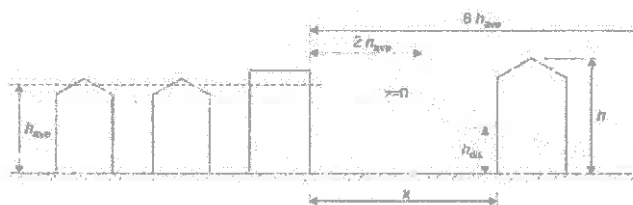
$$l_s = 9 \text{ m}$$

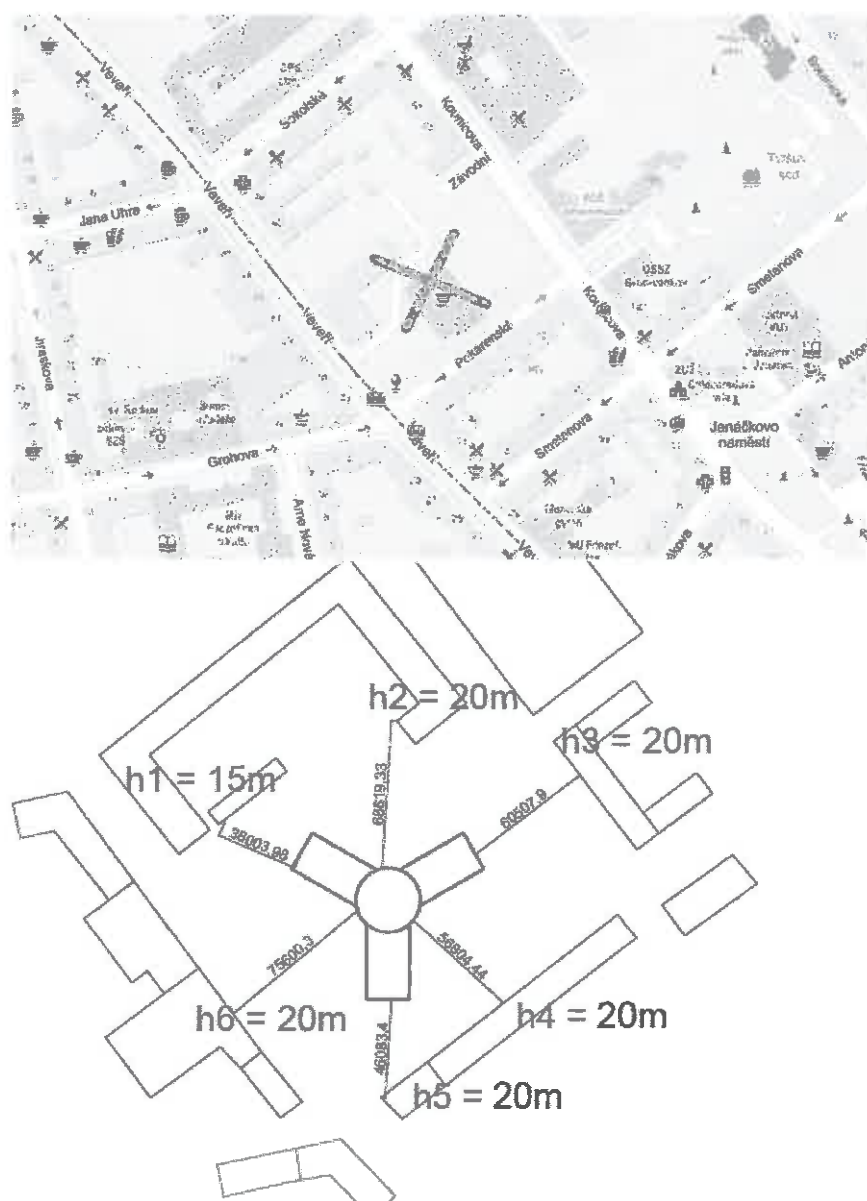


4.3.18 ZS 18 - Vítr A

Půdorysný tvar konstrukce vedl k zjednodušení pro výpočet zatížení od větru tam kde to bylo možné kde to nebylo možné byl použit odhad. Při tomto tvaru konstrukce by bylo vhodné provést podrobnější analýzu působení větru např. programem Ansys (CFX)

Dle ČSN EN 1993-1-4 Přílohy A.5 bylo uvažováno s vlivem okolních budov na konstrukci a to změnou z_0 a tím snížení výšky braně do výpočtu zatížení větrem.





Nejnepříznivější možnost $\Rightarrow x_6 = 75,6\text{m}$ a $h_{ave} = 20\text{m}$

$$2 \cdot h_{ave} < x < 6 \cdot h_{ave}$$

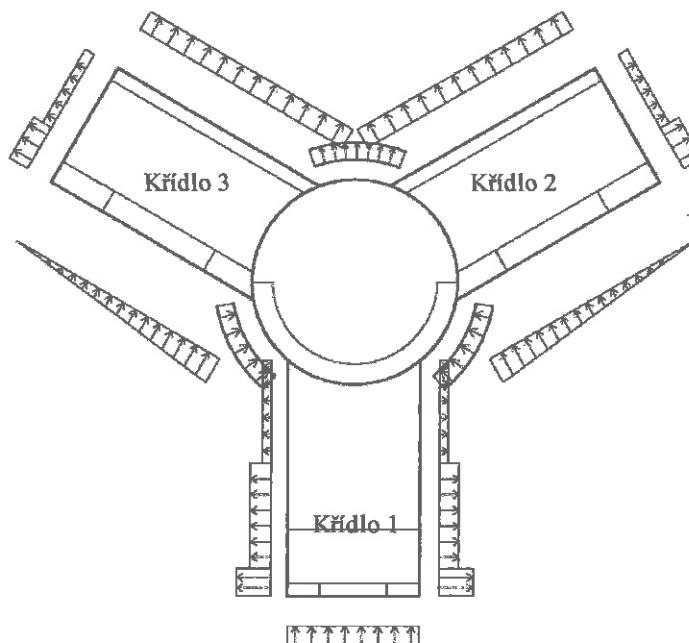
$$\min Z \quad 1.2 \cdot h_{ave} - 0.2 \cdot x = 1.2 \cdot 20 - 0.2 \cdot 75.6 = 8.88$$

$$0.6 \cdot h = 0.6 \cdot 79.115 = 47.469$$

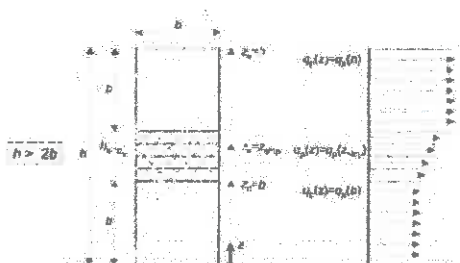
$$h_{dis} = 9\text{ m}$$

$\Rightarrow$ výška pro výpočet větru se sníží o 9m

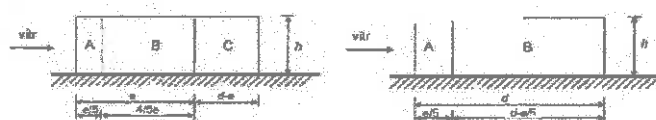
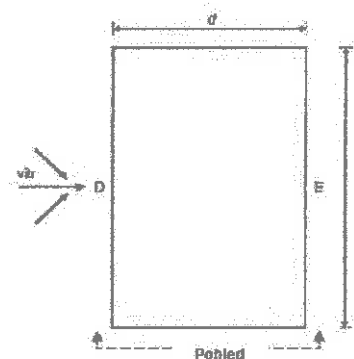
Uvažované působení větru



Výpočet tlaku větru ve výškách z



$h = 63 \text{ m}$
 $b = 19.5 \text{ m}$
 $A = 1.2$
 $B = 0.8$
 $C = 0.5$
 $D = 0.8$
 $E_u = 0.55$
 $E_s = 0.68$

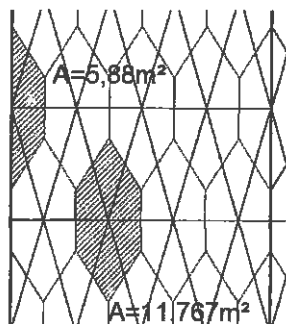


Střecha	72 (63)m
Patro 16	67,5 (58,5)m
Patro 15	63 (54)m
Patro 14	58,5 (49,5)m
Patro 13	54 (45)m
Patro 12	49,5 (40,5)m
Patro 11	45 (36)m
Patro 10	40,5 (31,5)m
Patro 9	36 (27)m
Patro 8	31,5 (22,5)m
Patro 7	27 (18)m
Patro 6	22,5 (13,5)m
Patro 5	18 (9)m
Patro 4	13,5 (4,5)m
Patro 3	9 (0)m
Patro 2	4,5m
Patro 1	0m

v	25	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
c_{dir}	1,0	
c_{smin}	1,0	
c_{sp}	1,0	
z_0	1	m
z_{min}	10	m
z_{max}	200	m
k_1	1,0	
ρ	1,25	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
v_b	25	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
k_z	0,2343	

D	A	B	C	E_u	D	A	B	E_s
3,9m	15,6m	15m			6,9m	12,6m		
		34,5m				19,5m		

z	$c_s(z)$	$v_m(z)$	$l_s(z)$	$q_s(z)$	A	B	C	D	E_u	E_s
10	0,5396	13,49	0,4343	459,44	-551,3	-367,6	-229,7	367,6	-252,7	-312,4
19,5	0,6961	17,40	0,3367	635,25	-762,3	-508,2	-317,6	508,2	-349,4	-432,0
22,5	0,7296	18,24	0,3212	675,41	-810,5	-540,3	-337,7	540,3	-371,5	-459,3
27	0,7723	19,31	0,3034	727,84	-873,4	-582,3	-363,9	582,3	-400,3	-494,9
31,5	0,8084	20,21	0,2899	773,29	-928,0	-618,6	-386,6	618,6	-425,3	-525,8
36	0,8397	20,99	0,2791	813,49	-976,2	-650,8	-406,7	650,8	-447,4	-553,2
40,5	0,8673	21,68	0,2702	849,58	-1019,5	-679,7	-424,8	679,7	-467,3	-577,7
43,5	0,8841	22,10	0,2651	871,76	-1046,1	-697,4	-435,9	697,4	-479,5	-592,8
63	0,9709	24,27	0,2414	990,26	-1188,3	-792,2	-495,1	792,2	-544,6	-673,4
79,115	1,0242	25,61	0,2288	1012,98						



Mezi křídly je atrium zatíženo větrem do styčníků přepočít obdobný jako u opláštění

oblast A
Zatížení

z (m)	Patro	Krajní vaznice kNm ⁻¹
63		-2970,77
58,5	16	-5347,39
54	15	-5347,39
49,5	14	-5347,39
45	13	-5240,74
40,5	12	-4647,61
36	11	-4490,27
31,5	10	-4284,31
27	9	-4053,08
22,5	8	-3788,78
18	7	-3466,47
13,5	6	-3430,33
9	5	-3430,33
4,5	4	-3430,33
0	3	-2955,66
	2	-2480,99
	1	

oblast B
Zatížení

Patro	Krajní vaznice kNm ⁻¹
16	-1980,51
15	-3564,92
14	-3564,92
13	-3564,92
12	-3493,83
11	-3098,41
10	-2993,52
9	-2856,21
8	-2702,05
7	-2525,85
6	-2310,98
5	-2286,88
4	-2286,88
3	-2286,88
2	-1970,44
1	-1653,99

oblast C
Zatížení

Patro	Krajní vaznice kNm ⁻¹
16	-1237,82
15	-2228,08
14	-2228,08
13	-2228,08
12	-2183,64
11	-1936,51
10	-1870,95
9	-1785,13
8	-1688,78
7	-1578,66
6	-1444,36
5	-1429,30
4	-1429,30
3	-1429,30
2	-1231,52
1	-1033,74

oblast D
Zatížení

Patro	Krajní vaznice kNm ⁻¹	Styčník atria kN
16	1980,51	5,18
	3564,92	2,59
15		9,32
	3564,92	4,66
14		9,32
	3564,92	4,66
13		9,32
	3493,83	4,66
12		9,14
	3098,41	4,57
11		8,10
	2993,52	4,05
10		7,83
	2856,21	3,91
9		7,47
	2702,05	3,73
8		7,07
	2525,85	3,53
7		6,61
	2310,98	3,30
6		6,04
	2286,88	3,02
5		5,98
	2286,88	2,99
4		5,98
	2286,88	2,99
3		5,15
	1970,44	2,58
2		4,33
	1653,99	2,16
1		

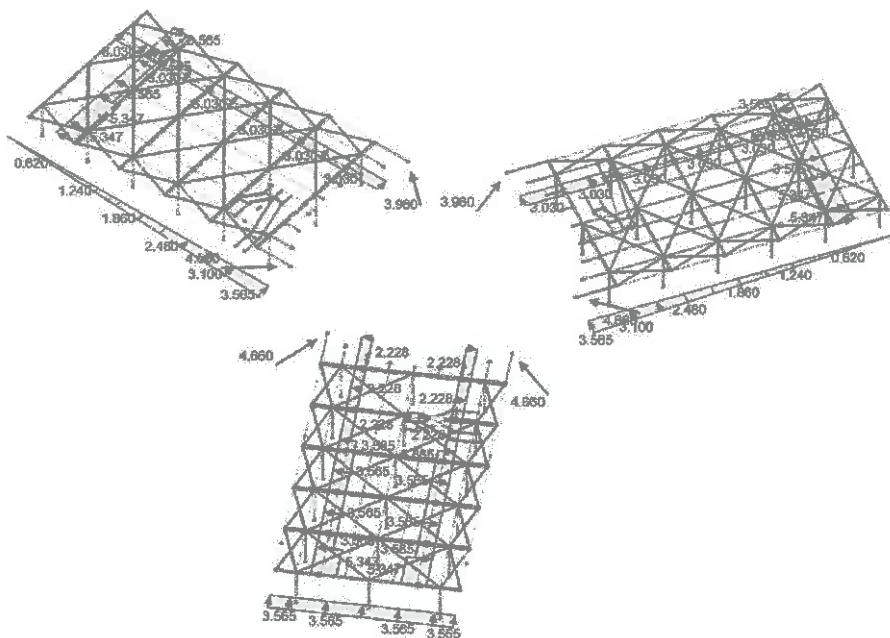
oblast E_a
Zatížení

Patro	Krajní vaznice kNm ⁻¹
16	-1361,60
15	-2450,89
14	-2450,89
13	-2450,89
12	-2402,01
11	-2130,16
10	-2058,04
9	-1963,64
8	-1857,66
7	-1736,52
6	-1588,80
5	-1572,23
4	-1572,23
3	-1572,23
2	-1354,68
1	-1137,12

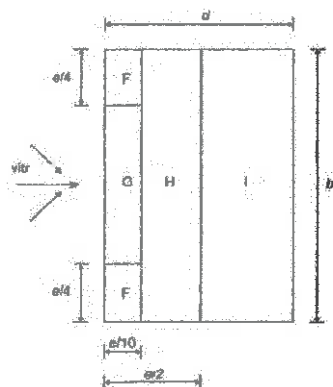
oblast E_b
Zatížení

Patro	Krajní vaznice kNm ⁻¹	Styčník atria kN
16	-1683,44	-4,40
	-3030,19	-2,20
15		-7,92
	-3030,19	-3,96
14		-7,92
	-3030,19	-3,96
13		-7,92
	-3030,19	-3,96
12		-7,77
	-2969,75	-3,88
11		-6,89
	-2633,65	-3,44
10		-6,65
	-2544,49	-3,33
9		-6,35
	-2427,78	-3,17
8		-6,01
	-2296,74	-3,00
7		-5,61
	-2146,97	-2,81
6		-5,14
	-1964,33	-2,57
5		-5,08
	-1943,85	-2,54
4		-5,08
	-1943,85	-2,54
3		-4,38
	-1674,87	-2,19
2		-3,68
	-1405,89	-1,84
1		

Pro příklad, obrázek zatížení patra č.14



Zatížení na střeše administrativní části



Křídlo I

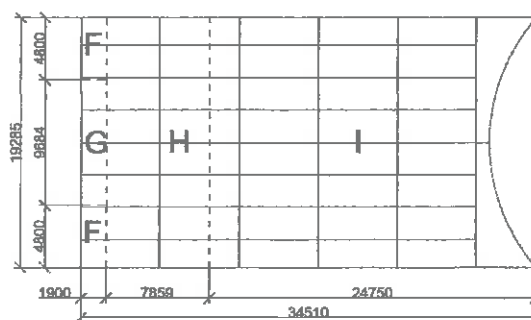
$$e = b$$

$$e = 19.5 \text{ m}$$

$$\frac{e}{10} = 1.95 \text{ m}$$

$$\frac{e}{4} = 4.875 \text{ m}$$

$$\frac{e}{2} = 9.75 \text{ m}$$



Křídla 2 a 3

$$e = b$$

$$e = 34.5 \text{ m}$$

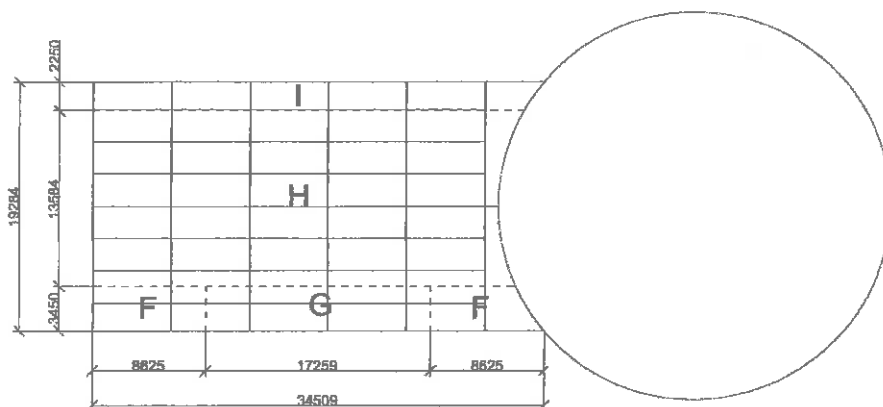
$$\frac{e}{10} = 3.45 \text{ m}$$

$$\frac{e}{4} = 8.625 \text{ m}$$

$$\frac{e}{2} = 17.25 \text{ m}$$

zatížení v 63m:

$$q_p = 0.9903 \text{ kNm}^{-2}$$



znaménko - je tah

$$q_F = -1.6 \cdot q_p = (-1.6) \cdot 0.9903$$

$$q_F = -1.584 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_G = -1.1 \cdot q_p = (-1.1) \cdot 0.9903$$

$$q_G = -1.089 \text{ kNm}^{-2}$$

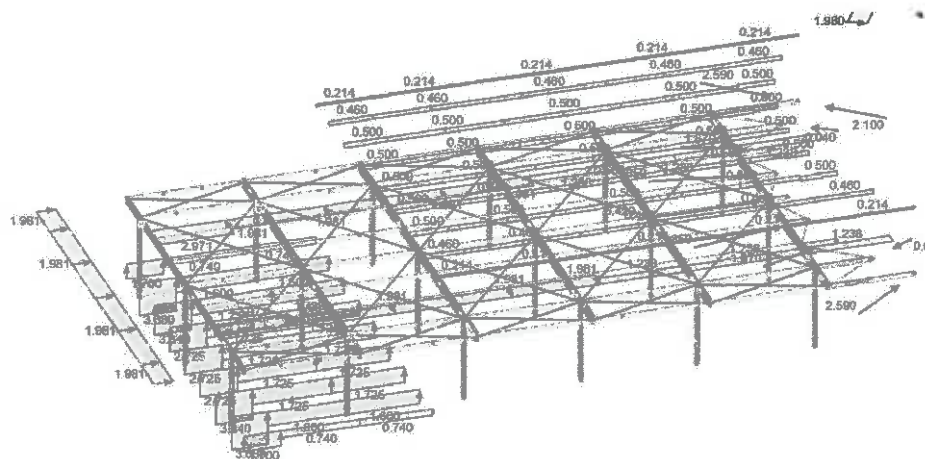
$$q_H = -0.7 \cdot q_p = (-0.7) \cdot 0.9903$$

$$q_H = -0.693 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_I = 0.2 \cdot q_p = 0.2 \cdot 0.9903$$

$$q_I = 0.198 \text{ kNm}^{-2}$$

Zatížení jsou umístěny pomocí zatěžovacích šířek na stropnice



Zatížení prstence zastřešení atrie:

Zatížení je uvažováno jako zatížení na válec dle ČSN EN 1991-1-4 čl. 7.9

$$q_p = 1012,98 \text{ Nm}^{-2} \quad d = 30 \text{ m} \quad v = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot q_p}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1012,98}{1,25}}$$

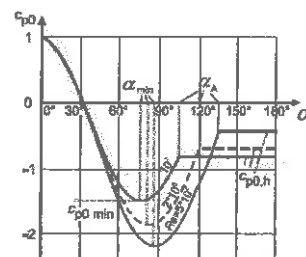
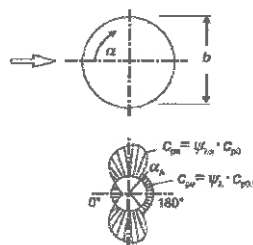
$$v = 40,259 \text{ ms}^{-1}$$

$$Re = \frac{d \cdot v}{\nu} = \frac{30 \cdot 40,259}{(15 \cdot 10^{-6})}$$

$$Re = 8,052 \times 10^7$$

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

Kde je:
 α_{min} místo minimálního tlaku ve [°];
 $C_{pe,min}$ hodnota součinitele minimálního tlaku;
 α_h poloha bodu oddělení proudu ve [°];
 $C_{pe,h}$ součinitel tlaku na závěsné straně válce.



α	C_{pe}	ψ_s	C_{ps}	w
0	1	1	1	1012,98
31	0	1	0	0
60	-1,2	1	-1,2	-1215,58
75	-1,5	1	-1,5	-1519,47
90	-1,3	0,88	-1,15	-1162,74
105	-0,8	0,5	-0,48	-486,23

tlak

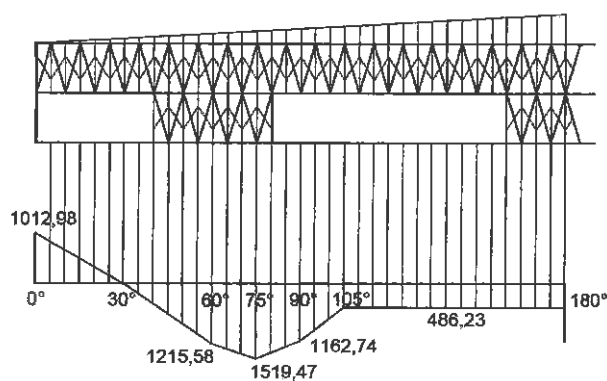
tah

tah

tah

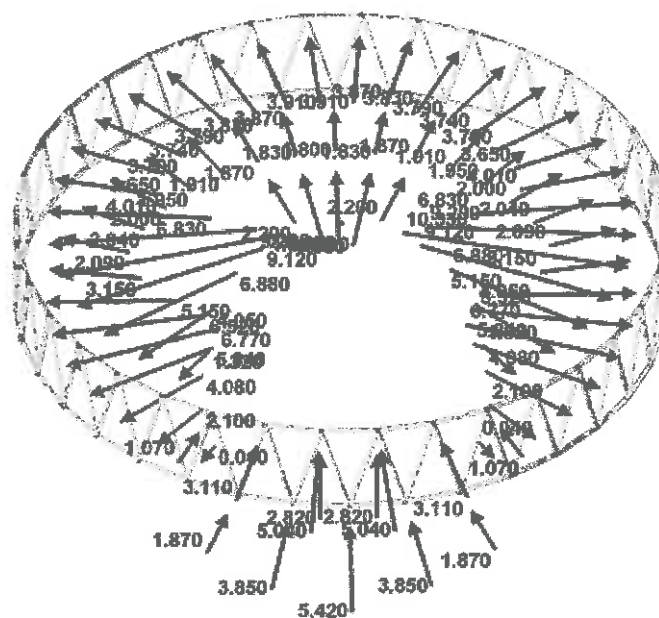
tah

Rozvinutí kee atrie k určení zatěžovacích ploch pro zatížení větrem do styčníků.

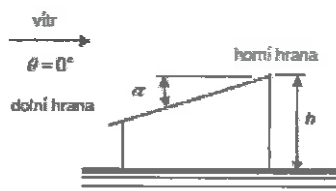


Bylo stanoveno zatížení na úsek 5° a poté pomocí poměru ploch mezi spodním a horním styčným byla tato síla rozdělena mezi horní a dolní styčník

	A (m²)	% zastoupení spodní		Zatížení (N)	části zatížení	Spodní styč.	části zatížení	Horní styč.
		plochy						
1	2,99	0,50	5462	2,71	5,42	2,75		
2	3,09	0,49	4469	2,18		2,29		5,04
3	3,18	0,48	3476	1,67	3,85	1,81		
4	3,28	0,47	2483	1,17		1,31		3,11
5	3,38	0,47	1489	0,69	1,87	0,80		
6	3,48	0,46	497	0,23		0,27		1,07
7	3,57	0,45	596	0,27	0,50	0,33		
8	3,67	0,44	1788	0,80		0,99		1,32
9	3,77	0,44	2981	1,31	2,10	1,67		
10	3,88	0,43	4173	1,80		2,37		4,05
11	3,97	0,43	5366	2,28	4,08	3,08		
12	4,06	0,42	6558	2,76		3,80		6,88
13	4,16	0,41	7451	3,09	5,84	4,36		
14	4,26	0,41	8046	3,29		4,76		9,12
15	4,36	0,40	8639	3,48	6,77	5,16		
16	4,45	0,40	8587	3,42		5,17		10,33
17	4,55	0,39	7889	3,10	6,52	4,79		
18	4,65	0,39	7191	2,79		4,40		9,20
19	4,75	0,38	6178	2,36	5,15	3,82		
20	4,85	0,38	4851	1,83		3,02		6,83
21	4,94	0,37	3523	1,31	3,15	2,21		
22	5,04	0,37	2859	1,05		1,81		4,01
23	5,14	0,36	2859	1,04	2,09	1,82		
24	5,24	0,36	2859	1,03		1,83		3,65
25	5,33	0,36	2859	1,02	2,04	1,84		
26	5,43	0,35	2859	1,00		1,85		3,70
27	5,53	0,35	2859	0,99	2,00	1,87		
28	5,63	0,34	2859	0,98		1,88		3,74
29	5,73	0,34	2859	0,97	1,95	1,89		
30	5,82	0,34	2859	0,96		1,90		3,79
31	5,92	0,33	2859	0,95	1,91	1,91		
32	6,02	0,33	2859	0,94		1,92		3,83
33	6,12	0,32	2859	0,93	1,87	1,93		
34	6,21	0,32	2859	0,92		1,94		3,87
35	6,31	0,32	2859	0,91	1,83	1,95		
36	6,41	0,31	2859	0,90	1,80	1,96		3,91



Zatížení na střešní plášť atria:



$$\alpha = 5^\circ$$

$$q_p = 1.01298 \text{ Nm}^{-2}$$

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

$$G = -1.2$$

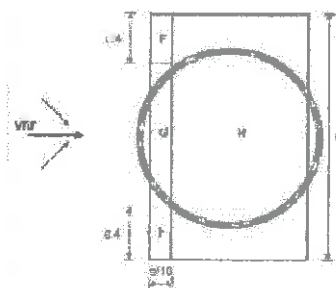
$$H = -0.6$$

$$q_G = q_p \cdot G = 1.01298 \cdot -1.2$$

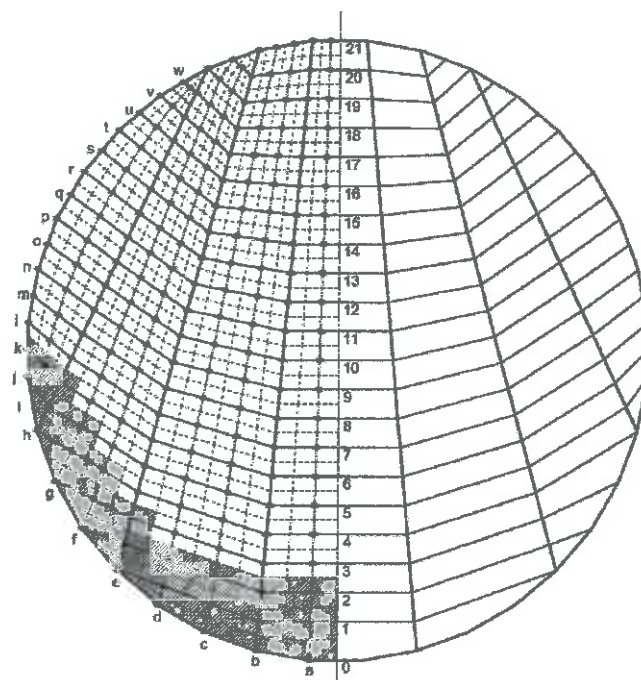
$$q_G = -1.216 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_H = q_p \cdot H = 1.01298 \cdot -0.6$$

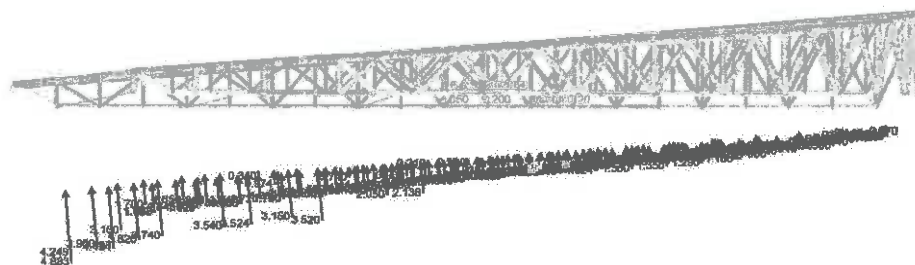
$$q_H = -0.608 \text{ kNm}^{-2}$$



uvažovaný způsob zatížení
oblasti G a H



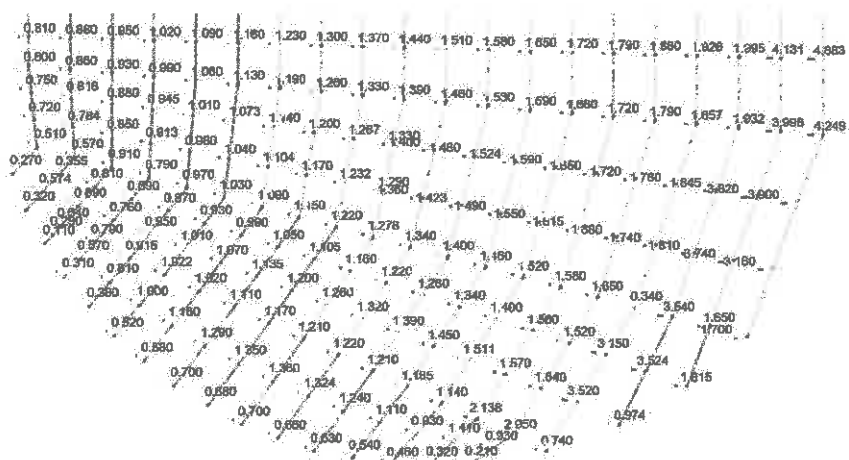
Vyšrafovaná část značí oblast G



Výpočet zatížení na jednotlivé uzly uveden v tabuce níže

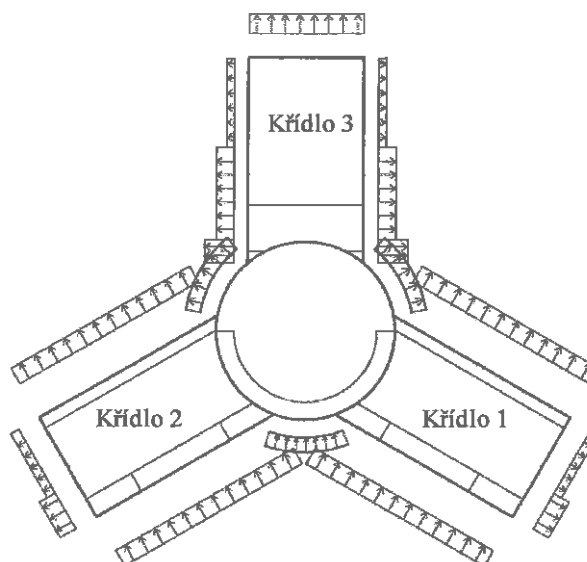
Sloupec a			Sloupec b			Sloupec c			Sloupec d			Sloupec e		
	A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)
a-21	0,615	0,374	b-21	0,624	0,379	c-21	0,570	0,346	d-21	0,560	0,340	e-21	0,419	0,255
a-20	1,336	0,812	b-20	1,313	0,798	c-20	1,237	0,752	d-20	1,184	0,720	e-20	0,943	0,573
a-19	1,450	0,881	b-19	1,416	0,861	c-19	1,343	0,816	d-19	1,290	0,784	e-19	1,193	0,725
a-18	1,565	0,951	b-18	1,525	0,927	c-18	1,449	0,881	d-18	1,396	0,848	e-18	1,294	0,786
a-17	1,679	1,020	b-17	1,639	0,996	c-17	1,554	0,945	d-17	1,502	0,913	e-17	1,395	0,848
a-16	1,794	1,090	b-16	1,747	1,062	c-16	1,660	1,009	d-16	1,607	0,977	e-16	1,496	0,909
a-15	1,909	1,160	b-15	1,856	1,128	c-15	1,766	1,073	d-15	1,712	1,041	e-15	1,597	0,971
a-14	2,024	1,230	b-14	1,965	1,194	c-14	1,872	1,138	d-14	1,817	1,104	e-14	1,698	1,032
a-13	2,139	1,300	b-13	2,074	1,261	c-13	1,978	1,202	d-13	1,922	1,168	e-13	1,799	1,093
a-12	2,254	1,370	b-12	2,183	1,327	c-12	2,084	1,267	d-12	2,027	1,232	e-12	1,900	1,155
a-11	2,369	1,440	b-11	2,292	1,393	c-11	2,190	1,331	d-11	2,132	1,296	e-11	2,001	1,216
a-10	2,484	1,510	b-10	2,401	1,459	c-10	2,296	1,396	d-10	2,237	1,360	e-10	2,102	1,278
a-9	2,599	1,580	b-9	2,510	1,526	c-9	2,402	1,460	d-9	2,342	1,423	e-9	2,203	1,339
a-8	2,714	1,650	b-8	2,619	1,592	c-8	2,508	1,524	d-8	2,447	1,487	e-8	2,304	1,400
a-7	2,829	1,719	b-7	2,728	1,658	c-7	2,614	1,589	d-7	2,552	1,551	e-7	2,405	1,462
a-6	2,944	1,789	b-6	2,837	1,724	c-6	2,720	1,653	d-6	2,657	1,615	e-6	2,506	1,523
a-5	3,059	1,859	b-5	2,946	1,791	c-5	2,826	1,718	d-5	2,762	1,679	e-5	2,607	1,585
a-4	3,169	1,926	b-4	3,055	1,857	c-4	2,932	1,782	d-4	2,867	1,743	e-4	2,708	1,646
a-3	3,283	1,995	b-3	3,179	1,932	c-3	3,035	1,845	d-3	2,972	1,806	e-3	2,809	3,415
a-2	3,398	4,131	b-2	3,289	3,998	c-2	3,141	3,818	d-2	3,077	3,740	e-2	2,910	3,537
a-1	4,017	4,883	b-1	3,495	4,249	c-1	3,217	3,911	d-1	2,604	3,165	e-1	1,400	1,702
a-0	2,320	2,820	b-0	1,849	2,248	c-0	1,646	2,001	d-0	1,045	1,270			

Sloupec f			Sloupec g			Sloupec h			Sloupec i			zbytek krajních bodů		
	A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)
f-20	0,584	0,355	g-20	0,944	0,574	h-19	0,523	0,318	i-18	0,482	0,293	w-18	0,181	0,110
f-19	0,902	0,548	g-19	1,159	0,704	h-18	0,838	0,509	i-17	0,940	0,571	v-17	0,516	0,314
f-18	1,140	0,693	g-18	1,353	0,822	h-17	1,052	0,639	i-16	1,340	0,814	u-16	0,628	0,382
f-17	1,333	0,810	g-17	1,456	0,885	h-16	1,296	0,788	i-15	1,650	1,003	t-15	0,856	0,520
f-16	1,430	0,869	g-16	1,662	1,010	h-15	1,506	0,915	i-14	1,913	1,163	s-14	0,959	0,583
f-15	1,527	0,928	g-15	1,765	1,073	h-14	1,682	1,022	i-13	2,137	1,299	r-13	1,156	0,703
f-14	1,624	0,987	g-14	1,868	1,135	h-13	1,821	1,107	i-12	2,215	1,346	q-12	1,121	0,681
f-13	1,721	1,046	g-13	1,971	1,198	h-12	1,923	1,169	i-11	2,233	1,357	p-11	1,159	0,704
f-12	1,818	1,105	g-12	2,074	1,261	h-11	1,986	1,207	i-10	2,179	1,324	o-10	1,088	0,661
f-11	1,915	1,164	g-11	2,177	1,323	h-10	2,013	1,224	i-9	2,036	1,237	n-9	1,041	0,633
f-10	2,012	1,223	g-10	2,280	1,386	h-9	1,998	1,214	i-8	1,821	1,107	m-8	0,884	0,537
f-9	2,109	1,282	g-9	2,383	1,448	h-8	1,950	1,185	i-7	1,525	0,927	l-7	0,757	0,460
f-8	2,206	1,341	g-8	2,486	1,511	h-7	1,876	1,140	i-6	1,163	1,414	k-6	0,523	0,318
f-7	2,303	1,400	g-7	2,589	1,574	h-6	1,759	2,138	i-5	0,763	0,928	j-5	0,340	0,207
f-6	2,400	1,459	g-6	2,692	1,636	h-5	1,683	2,046						
f-5	2,497	1,518	g-5	2,795	3,398	h-4	1,218	0,740						
f-4	2,594	3,153	g-4	2,898	3,523									
f-3	2,899	3,524	g-3	1,603	1,949									
f-2	1,493	1,815												

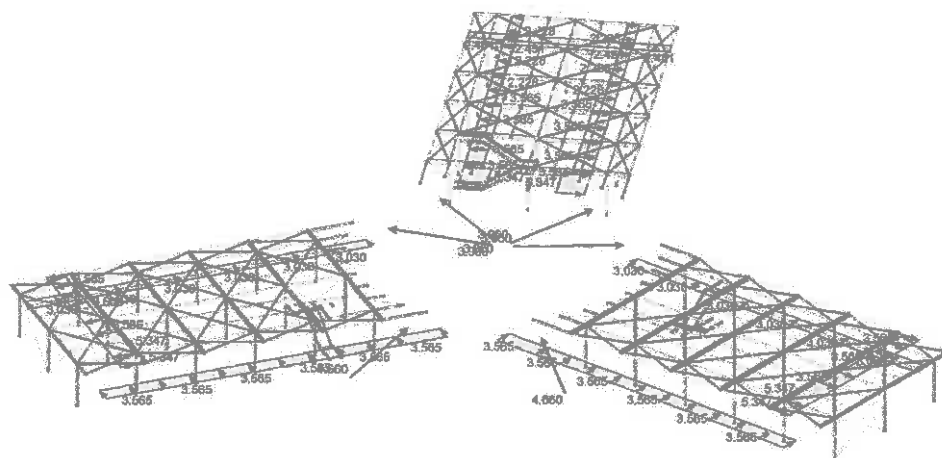


4.3.19 ZS 19 - Vítr B

Postup výpočtu zatížení Vítr B je identický jako u ZS Vítr A proto je postup u ZS Vítr B stručnější.



Pro příklad, obrázek zatížení patra č.14

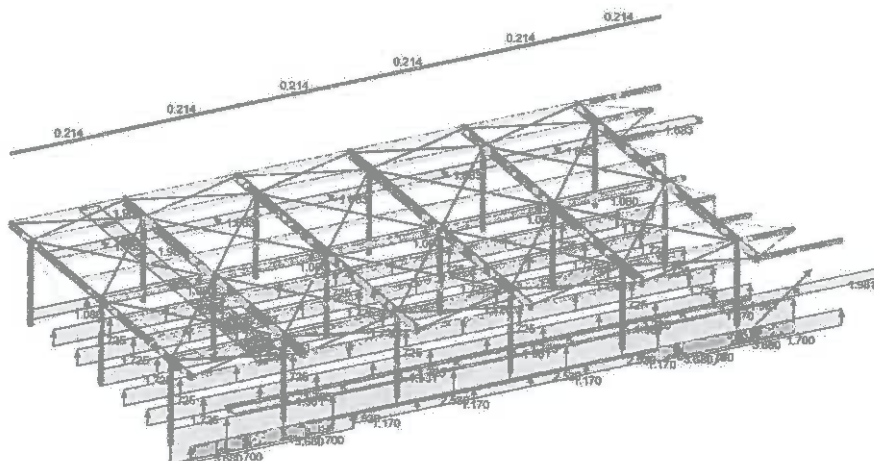


Zatížení na střeše administrativní části

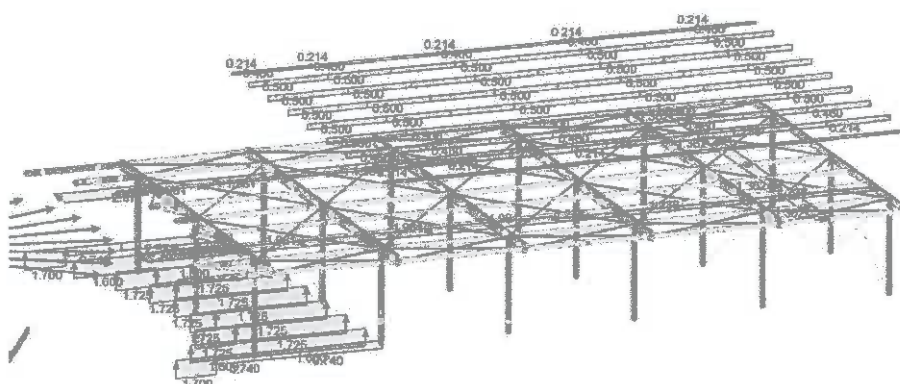
stejně jako u ZS 18 Vítr A

Zatížení jsou umístěny pomocí zatěžovacích šířek na stropnice

Křídlo 1 a 2



Křídlo 3



Zatížení prstence zastřešení atria:

Je identické jako u ZS 18 Vítr A, jen otočený o 180°

Zatížení na střešní plášť atria:

$$\alpha = 5^\circ$$

$$q_p = 1.01298 \text{ Nm}^{-2}$$

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

$$G = -1.3$$

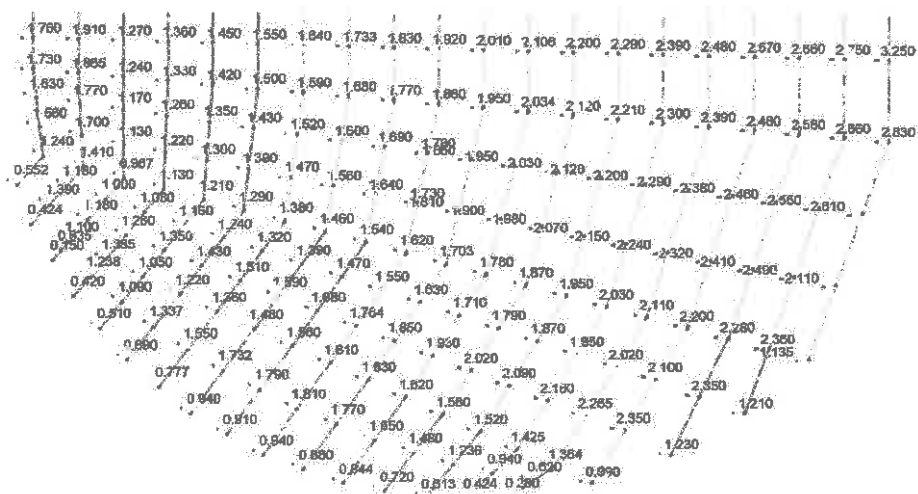
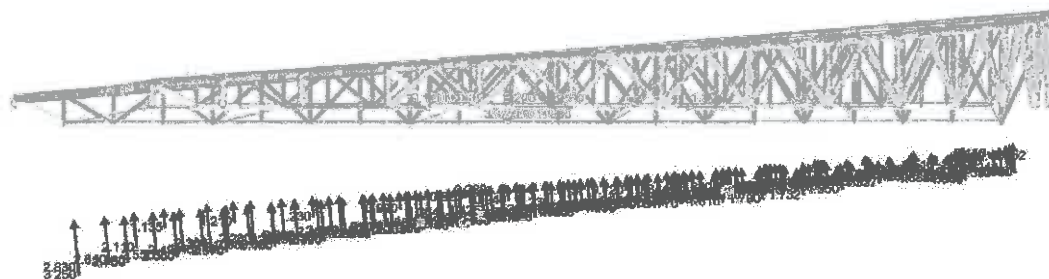
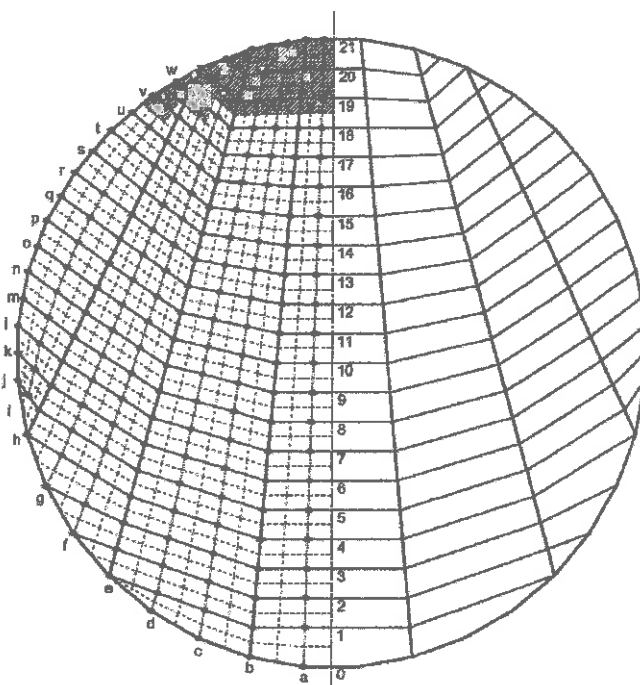
$$H = -0.8$$

$$q_G = q_p \cdot G = 1.01298 \cdot -1.3$$

$$q_G = -1.317 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_H = q_p \cdot H = 1.01298 \cdot -0.8$$

$$q_H = -0.81 \text{ kNm}^{-2}$$



Výpočet sil je uveden v tabulkách níže



Sloupec a			Sloupec b			Sloupec c			Sloupec d			Sloupec e		
	A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)
a-21	0,615	0,81	b-21	0,624	0,82	c-21	0,570	0,75	d-21	0,560	0,74	e-21	0,419	0,55
a-20	1,336	1,76	b-20	1,313	1,73	c-20	1,237	1,63	d-20	1,184	1,56	e-20	0,943	1,24
a-19	1,450	1,91	b-19	1,416	1,86	c-19	1,343	1,77	d-19	1,290	1,70	e-19	1,193	1,57
a-18	1,565	1,27	b-18	1,525	1,24	c-18	1,449	1,17	d-18	1,396	1,13	e-18	1,294	0,97
a-17	1,679	1,36	b-17	1,639	1,33	c-17	1,554	1,26	d-17	1,502	1,22	e-17	1,395	1,13
a-16	1,794	1,45	b-16	1,747	1,42	c-16	1,660	1,35	d-16	1,607	1,30	e-16	1,496	1,21
a-15	1,909	1,55	b-15	1,856	1,50	c-15	1,766	1,43	d-15	1,712	1,39	e-15	1,597	1,29
a-14	2,024	1,64	b-14	1,965	1,59	c-14	1,872	1,52	d-14	1,817	1,47	e-14	1,698	1,38
a-13	2,139	1,73	b-13	2,074	1,68	c-13	1,978	1,60	d-13	1,922	1,56	e-13	1,799	1,46
a-12	2,254	1,83	b-12	2,183	1,77	c-12	2,084	1,69	d-12	2,027	1,64	e-12	1,900	1,54
a-11	2,369	1,92	b-11	2,292	1,86	c-11	2,190	1,77	d-11	2,132	1,73	e-11	2,001	1,62
a-10	2,484	2,01	b-10	2,401	1,95	c-10	2,296	1,86	d-10	2,237	1,81	e-10	2,102	1,70
a-9	2,599	2,11	b-9	2,510	2,03	c-9	2,402	1,95	d-9	2,342	1,90	e-9	2,203	1,79
a-8	2,714	2,20	b-8	2,619	2,12	c-8	2,508	2,03	d-8	2,447	1,98	e-8	2,304	1,87
a-7	2,829	2,29	b-7	2,728	2,21	c-7	2,614	2,12	d-7	2,552	2,07	e-7	2,405	1,95
a-6	2,944	2,39	b-6	2,837	2,30	c-6	2,720	2,20	d-6	2,657	2,15	e-6	2,506	2,03
a-5	3,059	2,48	b-5	2,946	2,39	c-5	2,826	2,29	d-5	2,762	2,24	e-5	2,607	2,11
a-4	3,169	2,57	b-4	3,055	2,48	c-4	2,932	2,38	d-4	2,867	2,32	e-4	2,708	2,19
a-3	3,283	2,66	b-3	3,179	2,58	c-3	3,035	2,46	d-3	2,972	2,41	e-3	2,809	2,28
a-2	3,398	2,75	b-2	3,289	2,67	c-2	3,141	2,55	d-2	3,077	2,49	e-2	2,910	2,36
a-1	4,017	3,26	b-1	3,495	2,83	c-1	3,217	2,61	d-1	2,604	2,11	e-1	1,400	1,13
a-0	2,320	1,88	b-0	1,849	1,50	c-0	1,646	1,33	d-0	1,045	0,85			

Sloupec f			Sloupec g			Sloupec h			Sloupec i			zbytek krajních bodů		
	A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)		A (m ²)	Q (kN)
f-20	0,584	0,77	g-20	0,944	1,24	h-19	0,523	0,42	i-18	0,482	0,39	w-18	0,520	0,42
f-19	0,902	1,19	g-19	1,159	1,53	h-18	0,838	0,68	i-17	0,940	0,76	-v-17	0,516	0,42
f-18	1,140	1,50	g-18	1,353	1,78	h-17	1,052	0,85	i-16	1,340	1,09	u-16	0,628	0,51
f-17	1,333	1,08	g-17	1,456	1,18	h-16	1,296	1,05	i-15	1,650	1,34	t-15	0,856	0,69
f-16	1,430	1,16	g-16	1,662	1,35	h-15	1,506	1,22	i-14	1,913	1,55	s-14	0,959	0,78
f-15	1,527	1,24	g-15	1,765	1,43	h-14	1,682	1,36	i-13	2,137	1,73	r-13	1,156	0,94
f-14	1,624	1,32	g-14	1,868	1,51	h-13	1,821	1,48	i-12	2,215	1,80	q-12	1,121	0,91
f-13	1,721	1,39	g-13	1,971	1,60	h-12	1,923	1,56	i-11	2,233	1,81	p-11	1,159	0,94
f-12	1,818	1,47	g-12	2,074	1,68	h-11	1,986	1,61	i-10	2,179	1,77	o-10	1,088	0,88
f-11	1,915	1,55	g-11	2,177	1,76	h-10	2,013	1,63	i-9	2,036	1,65	n-9	1,041	0,84
f-10	2,012	1,63	g-10	2,280	1,85	h-9	1,998	1,62	i-8	1,821	1,48	m-8	0,884	0,72
f-9	2,109	1,71	g-9	2,383	1,93	h-8	1,950	1,58	i-7	1,525	1,24	l-7	0,757	0,61
f-8	2,206	1,79	g-8	2,486	2,01	h-7	1,876	1,52	i-6	1,163	0,94	k-6	0,523	0,42
f-7	2,303	1,87	g-7	2,589	2,10	h-6	1,759	1,43	i-5	0,763	0,62	j-5	0,340	0,28
f-6	2,400	1,94	g-6	2,692	2,18	h-5	1,683	1,36						
f-5	2,497	2,02	g-5	2,795	2,27	h-4	1,218	0,99						
f-4	2,594	2,10	g-4	2,898	2,35									
f-3	2,899	2,35	g-3	1,603	1,30									
f-2	1,493	1,21												

Souhrn zatěžovacích stavů:

- ZS 1 - Vlastní tíha
- ZS 2 - Stropní konstrukce administrativní části
- ZS 3 - Střešní konstrukce administrativní části
- ZS 4 - Atika střechy administrativní části
- ZS 5 - Pochozí plocha atria + zábradlí
- ZS 6 - Střešní konstrukce atria
- ZS 7 - Schodiště
- ZS 8 - Obvodový plášť administrativní části
- ZS 9 - Obvodový plášť atria
- ZS 10 - Užitné - Kancelářské - plné
- ZS 11 - Užitné - Kancelářské - šach 1
- ZS 12 - Užitné - Kancelářské - šach 2
- ZS 13 - Užitné - střecha
- ZS 14 - Užitné - atrium
- ZS 15 - Užitné - schodiště
- ZS 16 - Sníh
- ZS 17 - Sníh - návěj
- ZS 18 - Vítr A
- ZS 19 - Vítr B

4.4 KOMBINACE

Kombinace byly vytvořeny ručně a zadány do programu RFEM

4.4.1 Mezní stav únosnosti - MSÚ

Rovnice 6.10:

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\Sigma G = ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS5 + ZS6 + ZS7 + ZS8 + ZS9$$

KZ 1 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS18 + 1,5*0,7*ZS11	vitr A + šach 1
KZ 2 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS18 + 1,5*0,7*ZS12	vitr A + šach 2
KZ 3 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS18 + 1,5*0,7*ZS10	vitr A + plné
KZ 4 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS19 + 1,5*0,7*ZS11	vitr B + šach 1
KZ 5 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS19 + 1,5*0,7*ZS12	vitr B + šach 2
KZ 6 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS19 + 1,5*0,7*ZS10	vitr B + plné
KZ 7 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS16 + 1,5*0,7*ZS11	sníh + šach 1
KZ 8 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS16 + 1,5*0,7*ZS12	sníh + šach 2
KZ 9 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS16 + 1,5*0,7*ZS10	sníh + plné
KZ 10 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS17	návěj
KZ 11 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS13	užit. střecha
KZ 12 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS14 + 1,5*0,6*ZS18	atrium + vitr A
KZ 13 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS14 + 1,5*0,6*ZS19	atrium + vitr B
KZ 14 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS14 + 1,5*0,7*ZS11	atrium + šach 1
KZ 15 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS14 + 1,5*0,7*ZS12	atrium + šach 2
KZ 16 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS14 + 1,5*0,7*ZS10	atrium + plné
KZ 17 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS15 + 1,5*0,6*ZS18	schody + vitr A
KZ 18 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS15 + 1,5*0,6*ZS19	schody + vitr B
KZ 19 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS15 + 1,5*0,7*ZS11	schody + šach 1
KZ 20 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS15 + 1,5*0,7*ZS12	schody + šach 2
KZ 21 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS15 + 1,5*0,7*ZS10	schody + plné
KZ 22 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS10 + 1,5*0,6*ZS18	plné + vitr A
KZ 23 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS10 + 1,5*0,6*ZS19	plné + vitr B
KZ 24 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS10 + 1,5*0,5*ZS16	plné + sníh
KZ 25 = 1,35*ΣG + 1,5*ZS10 + 1,5*0,5*ZS17	plné + návěj

$$\begin{aligned} KZ 26 &= 1,35 \cdot \Sigma G + 1,5 \cdot ZS11 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS18 \\ KZ 27 &= 1,35 \cdot \Sigma G + 1,5 \cdot ZS11 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS19 \\ KZ 28 &= 1,35 \cdot \Sigma G + 1,5 \cdot ZS11 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot ZS16 \\ KZ 29 &= 1,35 \cdot \Sigma G + 1,5 \cdot ZS11 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot ZS17 \\ KZ 30 &= 1,35 \cdot \Sigma G + 1,5 \cdot ZS12 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS18 \\ KZ 31 &= 1,35 \cdot \Sigma G + 1,5 \cdot ZS12 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot ZS19 \\ KZ 32 &= 1,35 \cdot \Sigma G + 1,5 \cdot ZS12 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot ZS16 \\ KZ 33 &= 1,35 \cdot \Sigma G + 1,5 \cdot ZS12 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot ZS17 \end{aligned}$$

šach 1 + vítr A
šach 1 + vítr B
šach 1 + sníh
šach 1 + návěj
šach 2 + vítr A
šach 2 + vítr B
šach 2 + sníh
šach 2 + návěj

4.4.2 Mezní stav použitelnosti - MSP

Rovnice 6.14b:

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

$$\begin{aligned} KZ 34 &= \Sigma G + ZS18 \\ KZ 35 &= \Sigma G + ZS19 \\ KZ 36 &= \Sigma G + ZS10 \\ KZ 37 &= \Sigma G + ZS11 \\ KZ 38 &= \Sigma G + ZS12 \\ KZ 39 &= \Sigma G + ZS16 \\ KZ 40 &= \Sigma G + ZS18 + 0,7 \cdot ZS10 \\ KZ 41 &= \Sigma G + ZS18 + 0,7 \cdot ZS11 \\ KZ 42 &= \Sigma G + ZS18 + 0,7 \cdot ZS12 \\ KZ 43 &= \Sigma G + ZS19 + 0,7 \cdot ZS10 \\ KZ 44 &= \Sigma G + ZS19 + 0,7 \cdot ZS11 \\ KZ 45 &= \Sigma G + ZS19 + 0,7 \cdot ZS12 \\ KZ 46 &= \Sigma G + ZS14 \\ KZ 47 &= \Sigma G + ZS14 + 0,6 \cdot ZS18 \\ KZ 48 &= \Sigma G + ZS14 + 0,6 \cdot ZS19 \end{aligned}$$

vítr A
vítr B
plné
šach 1
šach 2
sníh
vítr A + plné
vítr A + šach 1
vítr A + šach 2
vítr B + plné
vítr B + šach 1
vítr B + šach 2
atrium
atrium
atrium

5 POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ

5.1 SPŘAŽENÁ STROPNICE

STROPNICE - BĚŽNÁ

OCELOVÝ PROFIL

Třída průřezu:

Délka:

Výška průřezu:

Šířka průřezu:

Tloušťka stojny:

Tloušťka pásnice:

Poloměr zaoblení:

Plocha průřezu:

Poloměr setrvačnosti:

Moment setrvačnosti:

Plastický průřezový modul:

Hmotnost profilu:

Materiál

Ocel:

Mez kluzu:

Návrhová mez kluzu:

Modul pružnosti:

BETONOVÁ DESKA

Osová vzdálenost vlevo:

Osová vzdálenost vpravo:

Celková výška desky:

Výška desky bez vln:

Materiál

Beton:

Charakteristická pevnost betonu v tlaku:

Návrhová pevnost betonu v tlaku:

Modul pružnosti:

Objemová hmotnost ztvrdlého betonu:

Objemová hmotnost čerstvého betonu:

TRAPÉZOVÝ PLECH

Tloušťka plechu:

Výška vlny:

Šířka v těžišti vlny:

Osová vzdálenost vln:

Efektivní moment setrvačnosti (kladný):

Efektivní modul průřezu (kladný):

Efektivní modul průřezu (záporný):

Hmotnost plechu:

Materiál

Ocel:

Mez kluzu:

Modul pružnosti:

IPE 240

1

L= 6000 mm

$h_a = 240$ mm

b= 120 mm

$t_w = 6,2$ mm

$t_f = 9,8$ mm

r= 15 mm

$A_a = 3912$ mm²

$i_y = 99,7$ mm

$i_z = 26,9$ mm

$I_y = 38920000$ mm⁴

$I_z = 2836000$ mm⁴

$W_{pl,y} = 366600$ mm³

$W_{pl,z} = 73920$ mm³

m= 30,7 kg m⁻¹

S235

$f_y = 235$ MPa

$f_{yd} = 235$ MPa ($\gamma_{M0} = 1,0$)

$E_a = 210$ GPa

$B_1 = 2500$ mm

$B_2 = 2500$ mm

h= 120 mm

$h_c = 70$ mm

C 30 / 37

$f_{ck} = 30$ MPa

$f_{cd} = 20$ MPa ($\gamma_c = 1,5$)

$E_{cm} = 32$ GPa

$\rho = 2500$ kg m⁻³

$\rho = 2600$ kg m⁻³

TR 50/250 (pozitivní poloha B)

$t_p = 1,0$ mm

$h_p = 50$ mm

$b_0 = 84,5$ mm

$d_v = 250$ mm

$I_{eff,+} = 41300000$ mm⁴

$W_{eff,+} = 124300$ mm³

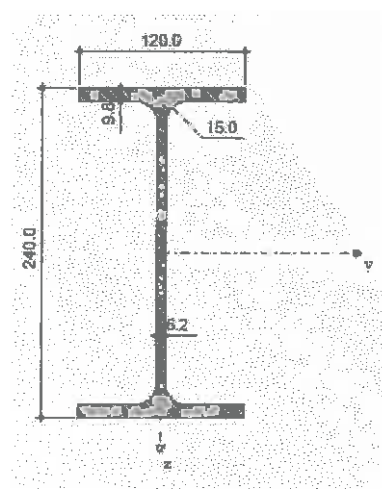
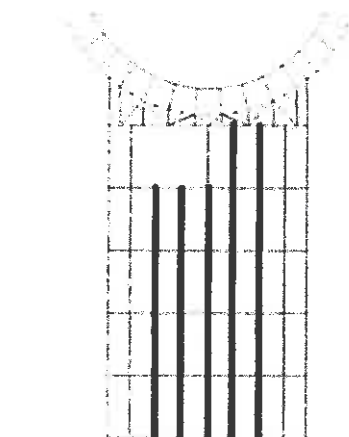
$W_{eff,-} = 128300$ mm³

m= 10 kg m⁻²

S 320GD

$f_y = 320$ MPa

E= 210 GPa



$$\epsilon = 1$$

$$c_f = 41.9 \text{ mm}$$

$$c_w = 190.4 \text{ mm}$$

$$t_f = 9.8 \text{ mm}$$

$$t_w = 6.2 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_f} \leq 9 \cdot \epsilon \quad \frac{41.9}{9.8} \leq 9$$

$$4.28 < 9$$

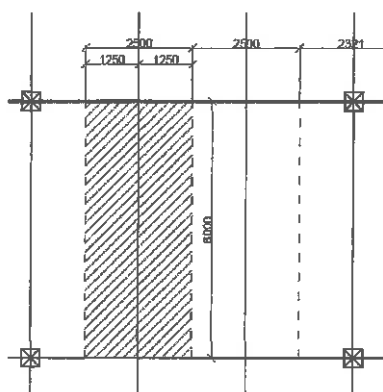
$$\frac{c_w}{t_w} \leq 72 \cdot \epsilon \quad \frac{190.4}{6.2} \leq 72$$

$$30.71 < 72$$

Průřez třídy
1

5.1.1 ZATÍŽENÍ

STALÉ:



Fáze 1

vlatní tíha IPE
deska - čerstvý beton
trapézový plech

$$t Z\dot{S} \gamma_c = 0,087 \cdot 2,5 \cdot 26 =$$

$$m Z\dot{S} = 0,1 \cdot 2,5 =$$

g_k	$g_d (\gamma=1,35)$
0,262	0,354
5,655	7,634
0,250	0,337

$$g_{k11} = 6.167 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$g_{d11} = 8.325 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

Fáze 2

vlatní tíha IPE
deska - ztvrdlý beton
trapézový plech

$$t Z\dot{S} \gamma_c = 0,087 \cdot 2,5 \cdot 25 =$$

$$m Z\dot{S} = 0,1 \cdot 2,5 =$$

g_k	$g_d (\gamma=1,35)$
0,262	0,354
5,437	7,341
0,250	0,337

$$g_{k12} = 5.949 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$g_{d12} = 8.032 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$



Fáze 2

zbytek stálého zatížení
(podhled + podlaha)

$$g_k Z\dot{S} = 1,671 \cdot 2,5 =$$

g_k	$g_d (\gamma=1,35)$
4,178	5,64

$$g_{k2} = 4.178 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$g_{d2} = 5.64 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$



PROMĚNNÉ:

Fáze 2

užitné kanceláře

$$q_k Z\dot{S} = 3,3 \cdot 2,5 =$$

q_k	$q_d (\gamma=1,5)$
8,250	12,375

$$q_k = 8.25 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$q_d = 12.375 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

Fáze 1 - montážní: působí pouze ocelový nosník a trapézový plech
stropnice nebudou podepřeny

Fáze 2 - provozní: působí spřažený nosník s betonovou deskou

5.1.2 POSOUZENÍ TRAPÉZOVÉHO PLECHU

Zatížení:

Stálé:

deska - čerstvý beton
trapézový plech

$$t Z\dot{S} \gamma_c = 0,087 \cdot 1,0 \cdot 26 =$$

$$m Z\dot{S} = 0,1 \cdot 1,0 =$$

g_k	$g_d (\gamma=1,35)$
2,262	3,054
0,100	0,135

$$g_k = 2.362 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$g_d = 3.189 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

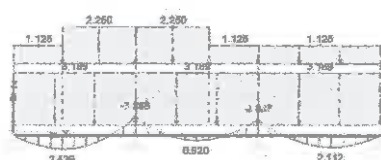
Proměnné:
montážní soustředné

$$q_k \quad q_d (\gamma=1,5)$$

$$1,500 \quad 2,250$$

$$q_k = 6.167 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$q_d = 8.325 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$



montážní na zbývajících ploše

$$q_k \quad q_d (\gamma=1,5)$$

$$0,750 \quad 1,125$$

$$q_k = 0.750 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$q_d = 1.125 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

Posouzení MSÚ:

Max. moment v poli:

$$M_{Ed} = 2.426 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{yeff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.243 \cdot 10^{-5} \cdot (320 \cdot 10^3)}{1}$$

$$M_{Rd} = 3.978 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad 2.426 \leq 3.978$$

Vyhovuje

Max. moment nad podporou:

$$M_{Ed} = 2.426 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{yeff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.283 \cdot 10^{-5} \cdot (320 \cdot 10^3)}{1}$$

$$M_{Rd} = 4.106 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad 2.426 \leq 3.978$$

Vyhovuje



Posouzení MSP:

$$M_1 = 1.181 \text{ kNm}$$

$$\delta = \frac{1}{E \cdot I_{yeff}} \left(\frac{5}{384} g_k l^4 - \frac{1}{16} M_1 l^2 \right) = \frac{1}{[210 \cdot 10^6 \cdot (4.13 \cdot 10^{-7})]} \left(\frac{5}{384} 2.362 \cdot 2.5^4 - \frac{1}{16} 1.181 \cdot 2.5^2 \right)$$

$$\delta = 8.533 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta_{max} = \frac{L}{250} = \frac{2.5}{250}$$

$$\delta_{max} = 0.01 \text{ m}$$

$$\delta \leq \delta_{max} \quad 8.5\text{mm} \leq 10\text{mm}$$

Vyhovuje

$$\delta \leq \frac{h}{10} \quad \delta \leq \frac{120}{10}$$

$$8.5\text{mm} \leq 12\text{mm}$$

-> rybníkový efekt není nutno uvažovat

5.1.3 POSOUZENÍ - OHYB - fáze 1

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} g_{d11} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 8.325 \cdot 6^2$$

$$M_{Ed} = 37.462 \text{ kNm}$$

$$M_{cRd} = \frac{W_{ply} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{3.666 \cdot 10^{-4} \cdot (235 \cdot 10^3)}{1}$$

$$M_{cRd} = 86.15 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{cRd}} \leq 1.0 \quad \frac{37.462}{86.15} = 0.435 < 1.0 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.1.4 POSOUZENÍ - SMYK - fáze 2

$$d_w = 0.1904 \text{ m}$$

$$t_w = 0.0062 \text{ m}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} (g_{d12} + g_{d2} + q_d) \cdot L = \frac{1}{2} (8.032 + 5.64 + 12.375) \cdot 6$$

$$V_{Ed} = 78.141 \text{ kN}$$

$$A_v = d_w \cdot t_w = 0.1904 \cdot 0.0062$$

$$A_v = 1.18 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_{plRd} = \frac{A_v \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0.1904 \cdot 0.0062 \cdot (235 \cdot 10^3)}{(\sqrt{3} \cdot 1)}$$

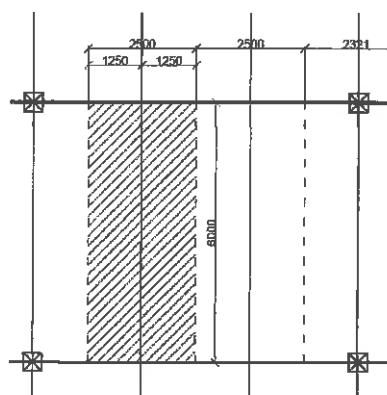
$$V_{plRd} = 160.164 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} \leq 1.0 \quad \frac{78.141}{160.16} = 0.488 < 1.0 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.1.5 POSOUZENÍ - OHYB - fáze 2

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} (g_{d12} + g_{d2} + q_d) \cdot L^2 = \frac{1}{8} (8.032 + 5.64 + 12.375) \cdot 6^2$$

$$M_{Ed} = 117.212 \text{ kNm}$$



Spolupůsobící šířka desky:

$$b_{e1} = \min (L/8 ; b_1 = B_1/2) = \min (6/8 ; 2.5/2) = \min (0.75 ; 1.25)$$

$$b_{e2} = \min (L/8 ; b_2 = B_2/2) = \min (6/8 ; 2.5/2) = \min (0.75 ; 1.25)$$

$$b_t = 0$$

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2} + b_t = 0.75 + 0.75 + 0$$

$$b_{e1} = 0.75 \text{ m}$$

$$b_{e2} = 0.75 \text{ m}$$

$$b_t = 0 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 1.5 \text{ m}$$

Plastická neutrální osa:

$$N_a = N_c$$

$$A_a \cdot f_{yd} = b_{eff} \cdot x_{pl} \cdot 0.85 \cdot f_{cd}$$

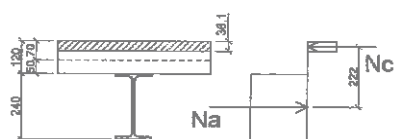
$$x_{pl} = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{b_{eff} \cdot 0.85 \cdot f_{cd}} = \frac{3.912 \cdot 10^{-3} \cdot (235 \cdot 10^3)}{[1.5 \cdot 0.85 \cdot (20 \cdot 10^3)]}$$

$$x_{pl} = 0.036 \text{ m}$$

$$x_{pl} < h_d - h_p$$

$$0.036 < 0.120 - 0.050$$

$$0.036 < 0.07 \rightarrow \text{neutrální osa v betonu}$$



$$r = \frac{h_a}{2} + h - \frac{x_{pl}}{2} = \frac{0.24}{2} + 0.12 - \frac{0.036}{2}$$

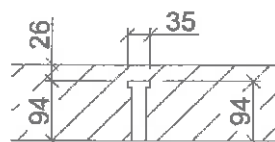
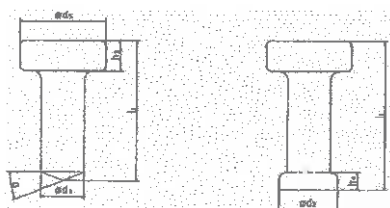
$$r = 0.222 \text{ m}$$

$$M_{plRd} = A_a \cdot f_{yd} \cdot r = 3.912 \cdot 10^{-3} \cdot (235 \cdot 10^3) \cdot 0.222$$

$$M_{plRd} = 204.089 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{plRd}} \leq 1.0 \quad \frac{117.212}{197.15} = 0.595 < 1.0 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.1.6 NÁVRH SPŘAŽENÍ



Spráhovací prostředek

Průměr dířku trnu

Průměr hlavy trnu

Výška hlavy trnu

Délka trnu

Délka trnu po přivaření

Vzdálenost trnů od sebe

Pevnost materiálu trnu

Součinitel spolehlivosti materiálu

spřáhovací trny s hlavou

$d = 22 \text{ mm}$

$d_h = 35 \text{ mm}$

$h_h = 10 \text{ mm}$

$L_1 = 100 \text{ mm}$

$h_{sc} = 94 \text{ mm}$

$s_1 = 250 \text{ mm}$ (osová vzdálenost vln)

$f_u = 360 \text{ MPa}$

$\gamma_v = 1.25$

Podélná smyková síla na polovině nosníku:

$$V_1 = A_a \cdot f_{yd} = 3.912 \cdot 10^{-3} \cdot 235000$$

$$V_1 = 919.3 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rk1} = 0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 0.8 \cdot (360 \cdot 10^3) \cdot \pi \cdot \left(\frac{0.022^2}{4} \right)$$

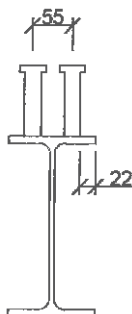
$$P_{Rk1} = 109.478 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1.0$$

$$b_0 = 0.0845$$

$$h_p = 0.05$$

$$n_r = 2$$



$$P_{Rk2} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 0.29 \cdot 1.0 \cdot 0.022^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 10^3 \cdot (32 \cdot 10^6)}$$

$$P_{Rk2} = 137.524 \text{ kN}$$

$$P_{Rk} = \min(P_{Rk1}; P_{Rk2}) = \min(109.478; 137.524)$$

$$P_{Rk} = 109.478 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0.7}{\sqrt{n_r}} \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0.7}{\sqrt{2}} \left(\frac{0.0845}{0.05} \right) \cdot \left(\frac{0.094}{0.05} - 1 \right)$$

$$k_t = 0.736$$

$$t_p = 1.0 \text{ mm} \rightarrow k_{t,max} = 0.85$$

$$k_t \leq k_{t,max}$$

$$k_t = 0.736$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk} \cdot k_t}{\gamma_v} = \frac{109.478 \cdot 0.736}{1.25}$$

$$P_{Rd} = 64.461 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na celou délku nosníku:

$$n_f = 2 \cdot \frac{V_1}{P_{Rd}} = 2 \cdot \left(\frac{919.3}{64.461} \right)$$

$$n_f = 28.523 \text{ ks} \rightarrow 29 \text{ ks}$$

Možný počet trnů:

$$n = \frac{L}{s_l} \cdot 2 = \frac{6}{0.25} \cdot 2$$

$$n = 48 \text{ ks}$$

Stupeň smykového spojení:

$$\eta = \frac{n}{n_f} = \frac{48}{29}$$

$$\eta = 1.655 > 1.0 \rightarrow \text{plné spřažení}$$

Počet trnů : Navrhují 32 ks trnů, v prvních 4 vlnách po 2ks zbytek po 1ks

Konstrukční zásady:

$$L_1 \geq 4 \cdot d$$

$$100 \geq 4 \cdot 22$$

$$100 \geq 88 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$d_h \geq 1.5 \cdot d$$

$$35 \geq 1.5 \cdot 22$$

$$35 \geq 33 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$h_h \geq 0.4 \cdot d$$

$$10 \geq 0.4 \cdot 22$$

$$10 \geq 8.8 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$h_{sc} \geq 3 \cdot d$$

$$94 \geq 3 \cdot 22$$

$$94 \geq 66 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$e_D \geq 20 \text{ mm}$$

$$22 \geq 20 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$h_{sc} - h_p \geq 2 \cdot d$$

$$94 - 50 \geq 2 \cdot 22$$

$$44 \geq 44 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$s_l \geq 5 \cdot d$$

$$250 \geq 5 \cdot 22$$

$$250 \geq 110 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$s_l < \min(8 \cdot h_c; 800 \text{ mm})$$

$$250 < \min(8 \cdot 70; 800)$$

$$250 < \min(560; 800)$$

$$250 < 560 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.1.7 POSOUZENÍ PRŮHYBU - fáze 1



$$\delta_1 = \frac{5}{384} \frac{g_{k11} \cdot L^4}{E_a \cdot I_a} = \frac{5}{384} \left[\frac{6.167 \cdot 6^4}{210 \cdot 10^6 \cdot (3.892 \cdot 10^{-5})} \right]$$

$$\delta_1 = 0.013$$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{250} = \frac{6}{250}$$

$$\delta_{\max} = 0.024$$

$$\delta_1 \leq \delta_{\max}$$

$$13 \leq 24 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

5.1.8 POSOUZENÍ PRŮHYBU - fáze 2

Ideální průřez

$$E_{cmi} = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{32 \cdot 10^6}{2}$$

$$E_{cmi} = 1.6 \times 10^7 \text{ kPa}$$

$$n = \frac{E_a}{E_{cmi}} = \frac{210 \cdot 10^6}{(1.6 \cdot 10^7)}$$

$$n = 13.125$$

$$A_c = b_{\text{eff}} \cdot h_c = 1.5 \cdot 0.07$$

$$A_c = 0.105 \text{ m}^2$$

$$z_t = \frac{A_a \cdot \left(\frac{h_a}{2} + h \right) + \frac{1}{n} \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_c \cdot \frac{h_c}{2}}{A_a + \frac{1}{n} \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_c} = \frac{\left[3.912 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{0.24}{2} + 0.12 \right) + \frac{1}{13.125} \cdot 1.5 \cdot 0.07 \cdot \left(\frac{0.07}{2} \right) \right]}{\left(3.912 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{13.125} \cdot 1.5 \cdot 0.07 \right)}$$

$$z_t = 0.102 \text{ m}$$

$$r_a = \frac{h_a}{2} + h - z_t = \frac{0.24}{2} + 0.12 - 0.102$$

$$r_a = 0.138 \text{ m}$$

$$r_c = z_t - \frac{h_c}{2} = 0.102 - \frac{0.07}{2}$$

$$r_c = 0.067 \text{ m}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{\text{eff}} \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 1.5 \cdot 0.12^3$$

$$I_c = 2.16 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_{yi} = I_a + A_a \cdot r_a^2 + \frac{1}{n} \left(I_c + A_c \cdot r_c^2 \right) = 3.892 \cdot 10^{-5} + 3.912 \cdot 10^{-3} \cdot 0.138^2 + \frac{1}{13.125} \cdot \left(2.16 \cdot 10^{-4} + 0.105 \cdot 0.067^2 \right)$$

$$I_{yi} = 1.658 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \frac{(g_{k2} + q_k) \cdot L^4}{E_a \cdot I_{yi}} = \frac{5}{384} \left[\frac{(4.178 + 8.25) \cdot 6^4}{\left[210 \cdot 10^6 \cdot (1.658 \cdot 10^{-4}) \right]} \right]$$

$$\delta_2 = 6.023 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 13 + 6$$

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

$$\delta_{\text{max}} = \frac{L}{250} = \frac{6}{250}$$

$$\delta_{\text{max}} = 0.024$$

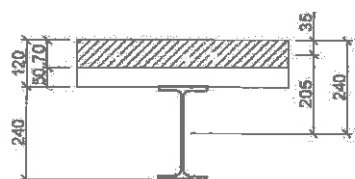
$$\delta \leq \delta_{\text{max}}$$

$$19 \leq 24 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Poznámka:

Výpočty ostatních stropnic jsou uvedeny stručněji tabulkou



Prvek: Stropnice patrová krajní

profil IPE 200
materiál S 235
délka $L = 6 \text{ m}$
 $Z_{\text{S}} = 1,071 \text{ m}$

Beton C 30 $f_{\text{cd}} = 20,00 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 2848 \text{ mm}^2$
 $I_y = 19430000 \text{ mm}^4$
 $W_{\text{ply}} = 220600 \text{ mm}^3$
 $d_w = 159 \text{ mm}$
 $t_w = 5,6 \text{ mm}$
 $m = 0,224 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

Spřahovací prostředky:

průměr trnu $d = 22 \text{ mm}$
výška trnu $h_{\text{sc}} = 94 \text{ mm}$
rozteč trnů $s_1 = 250 \text{ mm}$

Spolupůsobící šířka:

$B_1 = 2142 \text{ mm}$ $\min(b/2; 1/8)$
 $B_2 = 0 \text{ mm}$
 $h = 120 \text{ mm}$ $b_{\text{el}} = 750,0 \text{ mm}$
 $h_c = 70 \text{ mm}$ $b_{\text{cz}} = 0 \text{ mm}$ $b_{\text{eff}} = 750 \text{ mm}$

Zatížení:

Stálé $g_{k,1,1} = 2,75 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ $g_{d,1,1} = 3,72 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$
 $g_{k,1,2} = 2,66 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ $g_{d,1,2} = 3,59 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$
 $g_{k,2} = 6,29 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ $g_{d,2} = 8,49 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$
včetně opláštění

proměnné $q_k = 3,53 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ $q_d = 5,30 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

Posouzení:

Fáze 1 Ohyb $M_{\text{Ed}} = 16,73 \text{ kNm}$
 $M_{\text{e,Rd}} = 51,84 \text{ kNm}$
 $M_{\text{Ed}} / M_{\text{e,Rd}} = 0,32$

Vyhovuje

Fáze 2 Smyk $V_{\text{Ed}} = 52,15 \text{ kN}$
 $V_{\text{pl,Rd}} = 120,8 \text{ kN}$
 $V_{\text{Ed}} / V_{\text{pl,Rd}} = 0,43$

Vyhovuje

Ohyb $M_{\text{Ed}} = 78,23 \text{ kNm}$
 $x_{\text{pl}} = 52,5 \text{ mm}$
 $M_{\text{pl,Rd}} = 129,68 \text{ kNm}$
 $M_{\text{Ed}} / M_{\text{pl,Rd}} = 0,60$

plastická neutrální osa v betonu

Vyhovuje

Spřažení:

$V_1 = 669,28 \text{ kN}$
 $P_{\text{Rd}} = 74,4 \text{ kN}$
 $n_r = 18 \text{ ks}$
 $n = 24 \text{ ks}$
 $\eta = 1,3 \geq 1,00$ **plné spřažení**

Průhyb:

Fáze 1 $\delta_1 = 11,4 \text{ mm}$
 $\delta_{\text{max}} = 24 \text{ mm}$
 $\delta_1 / \delta_{\text{max}} = 0,47$ **Vyhovuje**

Fáze 2 $n = 14$
 $A_c = 52500 \text{ mm}^2$ $z_1 = 114,9 \text{ mm}$ $r_0 = 105,1 \text{ mm}$
 $r_c = 79,9 \text{ mm}$ $I_c = 21437500 \text{ mm}^4$
 $I_{y,d} = 76360310 \text{ mm}^4$
 $\delta_2 = 10,3 \text{ mm}$
 $\delta = 21,7 \text{ mm}$
 $\delta / \delta = 0,905$ **Vyhovuje**

Prvek: Stropnice patrová mezisloupová

profil	IPE 220		
materiál	S 235	Beton C 30	$f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$
délka	$L = 6 \text{ m}$		
	$ZS = 2,321 \text{ m}$		

Průřezové charakteristiky:

$A = 3337 \text{ mm}^2$	
$I_y = 27720000 \text{ mm}^4$	
$W_{ply} = 285400 \text{ mm}^3$	
$d_w = 177,6 \text{ mm}$	
$t_w = 5,9 \text{ mm}$	
$m = 0,262 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	

Spřahovací prostředky:

průměr trnu	$d = 22 \text{ mm}$
výška trnu	$h_{ac} = 94 \text{ mm}$
rozteč trnů	$s_1 = 250 \text{ mm}$

Spolupůsobící šířka:

$B_1 = 2,142 \text{ mm}$	$\min(b/2; l/8)$	
$B_2 = 2,5 \text{ mm}$		
$h = 120 \text{ mm}$	$b_{ef} = 750 \text{ mm}$	
$h_c = 70 \text{ mm}$	$b_{ef} = 750 \text{ mm}$	$b_{eff} = 1500 \text{ mm}$

Zatížení:

Stálé	$g_{k,1,1} = 5,74 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$g_{d,1,1} = 7,75 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
	$g_{k,1,2} = 5,54 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$g_{d,1,2} = 7,48 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
	$g_{k,2} = 3,88 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$g_{d,2} = 5,24 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
proměnné	$q_k = 7,66 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$q_d = 11,49 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$

Posouzení:

Fáze 1 Ohyb	$M_{Ed} = 34,90 \text{ kNm}$	
	$M_{c,Rd} = 67,07 \text{ kNm}$	
	$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,52$	Vyhovuje
Fáze 2 Smyk	$V_{Ed} = 72,62 \text{ kN}$	
	$V_{pl,Rd} = 142,2 \text{ kN}$	
	$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,51$	Vyhovuje

Ohyb	$M_{Ed} = 108,93 \text{ kNm}$	
	$x_{pl} = 30,8 \text{ mm}$	plastická neutrální osa v betonu
	$M_{pl,Rd} = 168,31 \text{ kNm}$	
	$M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0,65$	Vyhovuje

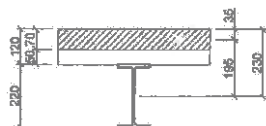
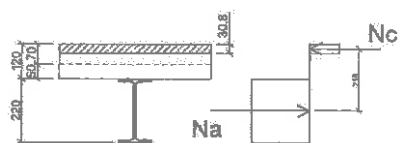
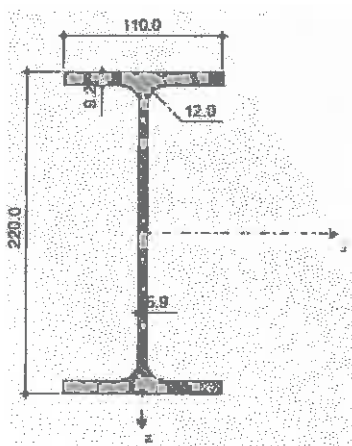
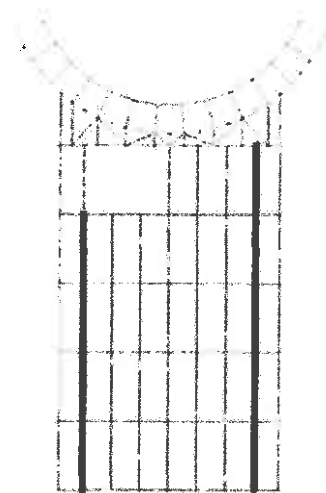
Spřažení:

$V_1 = 784,2 \text{ kN}$	
$P_{Rd} = 74,4 \text{ kN}$	
$n_f = 22 \text{ ks}$	
$n_r = 24 \text{ ks}$	
$\eta = 1,1 \geq 1,00 \rightarrow$	plné spřažení

Průhyb:

Fáze 1	$\delta_1 = 16,7 \text{ mm}$	
	$\delta_{max} = 24 \text{ mm}$	
	$\delta_1 / \delta_{max} = 0,69$	Vyhovuje

Fáze 2	$n = 14$	
	$A_c = 105000 \text{ mm}^2$	$z_1 = 95,0 \text{ mm}$
	$r_c = 60,0 \text{ mm}$	$r_a = 135,0 \text{ mm}$
	$I_{y,1} = 118599302 \text{ mm}^4$	$I_c = 42875000 \text{ mm}^4$
	$\delta_2 = 7,8 \text{ mm}$	
	$\delta = 24,5 \text{ mm}$	
	$\delta / \delta = 1,0195 \approx 1,00$	Vyhovuje
		s přihlédnutím na 3% zaokrouhlovací chybu



Prvek: Stropnice patrová šachta krajní

profil	IPE 200		
materiál	S 235	Beton C 30	$f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$
délka	$L = 6 \text{ m}$		
	$ZS = 1,071 \text{ m}$		

Průřezové charakteristiky:

$A = 2848 \text{ mm}^2$	
$I_y = 19430000 \text{ mm}^4$	
$W_{ply} = 220600 \text{ mm}^3$	
$d_w = 159 \text{ mm}$	
$t_w = 5,6 \text{ mm}$	
$m = 0,224 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	

Spřahovací prostředky:

průměr trnu	$d = 22 \text{ mm}$
výška trnu	$h_w = 94 \text{ mm}$
rozteč trnů	$s_t = 250 \text{ mm}$

Spolupůsobící šifka:

$B_1 = 2,142 \text{ mm}$	$\min(b/2; l/8)$	
$B_2 = 0 \text{ mm}$		
$h = 120 \text{ mm}$	$b_{cl} = 750 \text{ mm}$	
$h_c = 70 \text{ mm}$	$b_{cl} = 0 \text{ mm}$	$b_{cl} = 750 \text{ mm}$

Zatížení:

Stálé	$g_{k,1,1} = 2,75 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$g_{d,1,1} = 3,72 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
	$g_{k,1,2} = 2,66 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$g_{d,1,2} = 3,59 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
	$g_{k,2} = 1,79 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$g_{d,2} = 2,42 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
proměnné	$q_k = 3,53 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$q_d = 5,30 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$

moment od stálého zatížení schodiště na $\frac{1}{2}$ nosníku:

$$M_{Ed,g} = 3,02 \text{ kNm}$$

moment od proměnného zatížení schodiště na $\frac{1}{2}$ nosníku:

$$M_{Ed,q} = 12,4 \text{ kNm}$$

(viz vnitřní síly z programu RFEM v příloze X.X)

Posouzení:

Fáze 1 Ohyb	$M_{Ed} = 19,75 \text{ kNm}$	
	$M_{c,Rd} = 51,84 \text{ kNm}$	
	$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,38$	Vyhovuje

Fáze 2 Smyk	$V_{Ed} = 33,93 \text{ kN}$	
	$V_{pl,Rd} = 120,8 \text{ kN}$	
	$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,28$	Vyhovuje

Ohyb	$M_{Ed} = 63,29 \text{ kNm}$	
	$x_{pl} = 52,5 \text{ mm}$	plastická neutrální osa v betonu
	$M_{pl,Rd} = 129,68 \text{ kNm}$	
	$M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0,49$	Vyhovuje

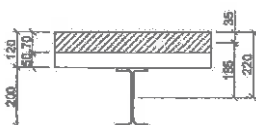
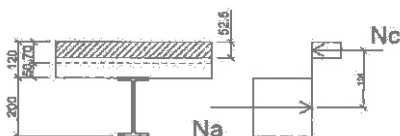
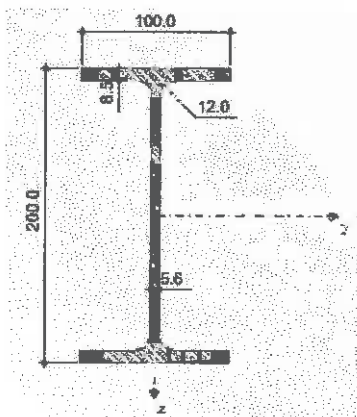
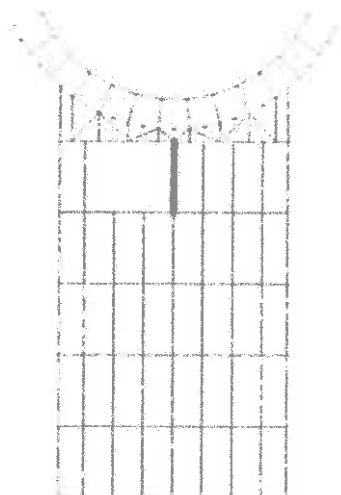
Spřažení:

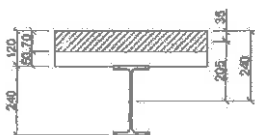
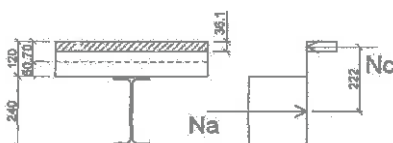
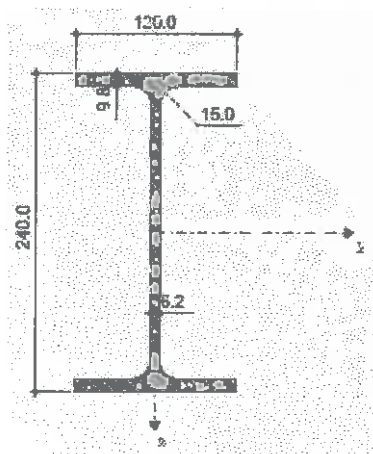
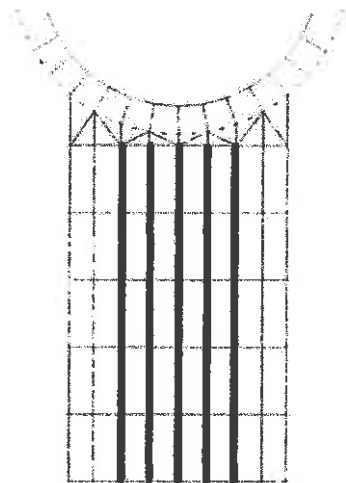
$V_1 = 669,28 \text{ kN}$	
$P_{Rd} = 55,5 \text{ kN}$	
$n_t = 25 \text{ ks}$	
$n = 24 \text{ ks}$	
$\eta = 0,96 \geq 1,00 \rightarrow$	plné spřažení

Průhyb:

Fáze 1	$\delta_1 = 11,4 \text{ mm}$	
	$\delta_{max} = 24 \text{ mm}$	
	$\delta_1 / \delta_{max} = 0,47$	Vyhovuje

Fáze 2	$n = 14$	
	$A_c = 52500 \text{ mm}^2$	$z_1 = 114,9 \text{ mm}$
	$r_o = 79,9 \text{ mm}$	$r_a = 105,1 \text{ mm}$
	$I_{y,i} = 76360310 \text{ mm}^4$	$I_c = 21437500 \text{ mm}^4$
	$\delta_2 = 5,6 \text{ mm}$	
	$\delta = 17,0 \text{ mm}$	
	$\delta / \delta = 0,708$	Vyhovuje





Prvek: Stropnice střešní běžná

profil IPE 240
materiál S 235
délka L= 6 m
ZS= 2,5 m

Beton C 30 $f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 3912 \text{ mm}^2$
 $I_y = 38920000 \text{ mm}^4$
 $W_{ply} = 366600 \text{ mm}^3$
 $d_w = 190,4 \text{ mm}$
 $t_w = 6,2 \text{ mm}$
 $m = 0,307 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$

Spřahovací prostředky:

průměr trnu $d = 22 \text{ mm}$
výška trnu $h_{sc} = 94 \text{ mm}$
rozteč trnů $s_1 = 250 \text{ mm}$

Spolupůsobící šířka:

$B_1 = 2,5 \text{ mm}$ $\min(b/2; l/8)$
 $B_2 = 2,5 \text{ mm}$
 $h_c = 120 \text{ mm}$
 $b_{ef} = 750 \text{ mm}$
 $b_{ef} = 1500 \text{ mm}$

Zatížení:

Stálé $g_{k,1,1} = 6,21 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ $g_{d,1,1} = 8,39 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
 $g_{k,1,2} = 5,99 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ $g_{d,1,2} = 8,09 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
 $g_{k,2} = 6,65 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ $g_{d,2} = 8,97 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
proměnné $q_k = 6,25 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ $q_d = 9,38 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$

Posouzení:

Fáze 1 Ohyb $M_{Ed} = 37,74 \text{ kNm}$
 $M_{c,Rd} = 86,15 \text{ kNm}$
 $M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,44$ **Vyhovuje**
Fáze 2 Smyk $V_{Ed} = 79,31 \text{ kN}$
 $V_{pl,Rd} = 160,2 \text{ kN}$
 $V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,50$ **Vyhovuje**

Ohyb $M_{Ed} = 118,97 \text{ kNm}$
 $x_{pl} = 36,1 \text{ mm}$ **plastická neutrální osa v betonu**
 $M_{pl,Rd} = 204,07 \text{ kNm}$
 $M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0,58$ **Vyhovuje**

Spřažení:

$V_1 = 919,32 \text{ kN}$
 $P_{Rd} = 74,4 \text{ kN}$
 $n_f = 25 \text{ ks}$
 $n_r = 48 \text{ ks}$
 $\eta = 1,92 \geq 1,00 \rightarrow$ **plně spřažení**

navrhují 30ks v prvních 3 vlnách tr. plechu po 2 tnech zbytek po jednom trnu

Průhyb:

Fáze 1 $\delta_1 = 12,8 \text{ mm}$
 $\delta_{max} = 24 \text{ mm}$
 $\delta_1 / \delta_{max} = 0,53$ **Vyhovuje**

Fáze 2 $n = 14$
 $A_c = 105000 \text{ mm}^2$ $z_c = 105,3 \text{ mm}$ $r_a = 134,7 \text{ mm}$
 $r_c = 70,3 \text{ mm}$ $I_c = 42875000 \text{ mm}^4$
 $I_{y,i} = 150027847 \text{ mm}^4$
 $\delta_z = 6,9 \text{ mm}$
 $\delta = 19,7 \text{ mm}$
 $\delta / \delta = 0,822$ **Vyhovuje**

Prvek: Stropnice střešní mezzisloupová

profil	IPE 240		
materiál	S 235	Beton C 30	$f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$
délka	$L = 6 \text{ m}$		
	$ZS = 2,321 \text{ m}$		

Průřezové charakteristiky:

$A = 3912 \text{ mm}^2$	
$I_y = 38920000 \text{ mm}^4$	
$W_{ply} = 366600 \text{ mm}^3$	
$d_w = 190,4 \text{ mm}$	
$t_w = 6,2 \text{ mm}$	
$m = 0,307 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	

Spřahovací prostředky:

průměr trnu	$d = 22 \text{ mm}$
výška trnu	$h_w = 94 \text{ mm}$
rozteč trnů	$s_l = 250 \text{ mm}$

Spolupůsobící šířka:

$B_1 = 2,142 \text{ mm}$	$\min(b/2; l/8)$	
$B_2 = 2,5 \text{ mm}$		
$h = 120 \text{ mm}$	$b_{cl} = 750 \text{ mm}$	
$h_c = 70 \text{ mm}$	$b_{c2} = 750 \text{ mm}$	$b_{eff} = 1500 \text{ mm}$

Zatížení:

Stálé	$g_{k,1} = 5,79 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$g_{d,1} = 7,82 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
	$g_{k,1,2} = 5,59 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$g_{d,1,2} = 7,54 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
	$g_{k,2} = 6,17 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$g_{d,2} = 8,33 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
proměnné	$q_k = 5,80 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	$q_d = 8,70 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$

Posouzení:

Fáze 1 Ohyb	$M_{Ed} = 35,17 \text{ kNm}$	
	$M_{c,Rd} = 86,15 \text{ kNm}$	
	$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,41$	Vyhovuje
Fáze 2 Smyk	$V_{Ed} = 73,73 \text{ kN}$	
	$V_{pl,Rd} = 160,2 \text{ kN}$	
	$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,46$	Vyhovuje

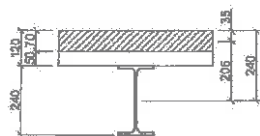
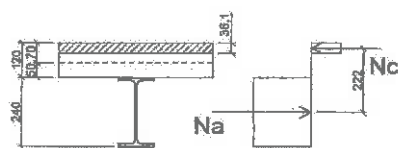
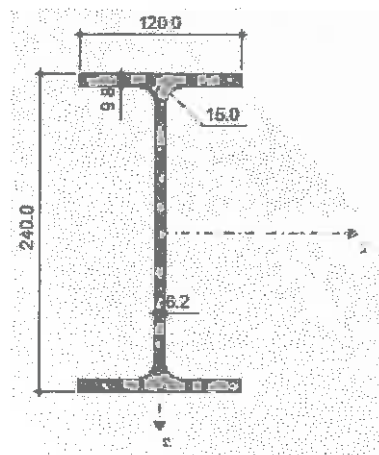
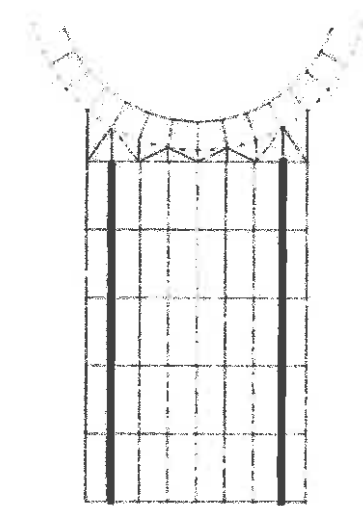
Ohyb	$M_{Ed} = 110,59 \text{ kNm}$	
	$x_{pl} = 36,1 \text{ mm}$	plastická neutrální osa v betonu
	$M_{pl,Rd} = 204,07 \text{ kNm}$	
	$M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0,54$	Vyhovuje

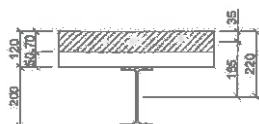
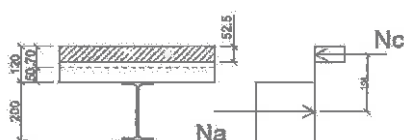
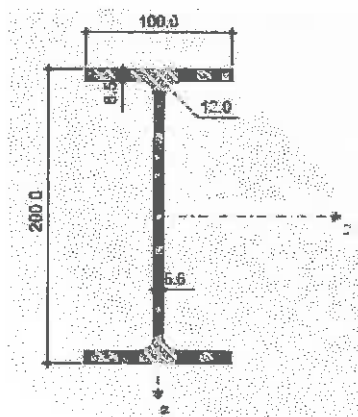
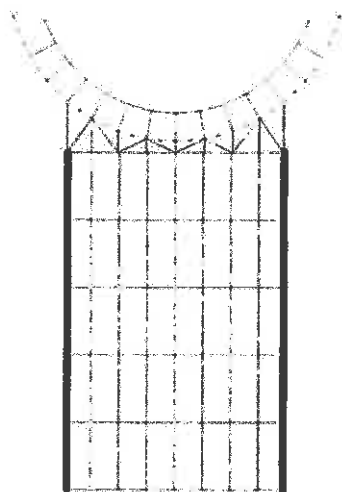
Spřažení:

$V_1 = 919,32 \text{ kN}$	
$P_{Rd} = 64,4 \text{ kN}$	
$n_r = 29 \text{ ks}$	
$n = 48 \text{ ks}$	
$\eta = 1,66 \geq 1,00 \rightarrow$	plné spřažení
navrhují 30ks v prvních 3 vlnách tr. plechu po 2 trnech zbytek po jednom trnu	

Průhyb:

Fáze 1	$\delta_1 = 12,0 \text{ mm}$	
	$\delta_{max} = 24 \text{ mm}$	
	$\delta_1 / \delta_{max} = 0,50$	Vyhovuje
Fáze 2	$n = 14$	
	$A_c = 105000 \text{ mm}^2$	$z_l = 105,3 \text{ mm}$ $r_a = 134,7 \text{ mm}$
	$r_c = 70,3 \text{ mm}$	$I_c = 42875000 \text{ mm}^4$
	$I_{y,1} = 150027847 \text{ mm}^4$	
	$\delta_2 = 6,4 \text{ mm}$	
	$\delta = 18,4 \text{ mm}$	
	$\delta / \delta = 0,765$	Vyhovuje





Prvek: Stropnice střešní krajní

profil	IPE 200		
materiál	S 235	Beton C 30	$f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$
délka	$L = 6 \text{ m}$		
	$ZS = 1,071 \text{ m}$		

Průřezové charakteristiky:

$A = 2848 \text{ mm}^2$	
$I_y = 19430000 \text{ mm}^4$	
$W_{pl,y} = 220600 \text{ mm}^3$	
$d_w = 159 \text{ mm}$	
$t_w = 5,6 \text{ mm}$	
$m = 0,224 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	

Spřahovací prostředky:

průměr trnu	$d = 22 \text{ mm}$
výška trnu	$h_{tr} = 94 \text{ mm}$
rozteč trnů	$s_1 = 250 \text{ mm}$

Spolupůsobící šířka:

$B_1 = 2,142 \text{ mm}$	$\min(b/2; 1/8)$	
$B_2 = 0 \text{ mm}$		
$h = 120 \text{ mm}$	$b_{cl} = 750 \text{ mm}$	
$h_e = 70 \text{ mm}$	$b_{cl} = 0 \text{ mm}$	$b_{cl} = 750 \text{ mm}$

Zatížení:

Stálé	$g_{k,1,1} = 2,75 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	$g_{d,1,1} = 3,72 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$
	$g_{k,1,2} = 2,66 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	$g_{d,1,2} = 3,59 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$
	$g_{k,2} = 8,67 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	$g_{d,2} = 11,70 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$
	včetně atiky a opláštění	

proměnné	$q_k = 2,68 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	$q_d = 4,02 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$
----------	---	---

Posouzení:

Fáze 1 Ohyb	$M_{Ed} = 16,73 \text{ kNm}$	
	$M_{c,Rd} = 51,84 \text{ kNm}$	
	$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,32$	Vyhovuje
Fáze 2 Smyk	$V_{Ed} = 57,93 \text{ kN}$	
	$V_{pl,Rd} = 120,8 \text{ kN}$	
	$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,48$	Vyhovuje

Ohyb	$M_{Ed} = 86,89 \text{ kNm}$	
	$x_{pl} = 52,5 \text{ mm}$	plastická neutrální osa v betonu
	$M_{pl,Rd} = 129,68 \text{ kNm}$	
	$M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0,67$	Vyhovuje

Spřažení:

$V_1 = 669,28 \text{ kN}$	
$P_{Rd} = 74,4 \text{ kN}$	
$n_f = 18 \text{ ks}$	
$n = 24 \text{ ks}$	
$\eta = 1,3 \geq 1,00 \rightarrow$	plné spřažení

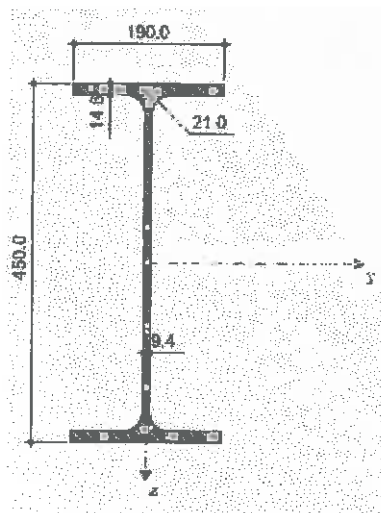
Průhyb:

Fáze 1	$\delta_1 = 11,4 \text{ mm}$	
	$\delta_{max} = 24 \text{ mm}$	
	$\delta_1 / \delta_{max} = 0,47$	Vyhovuje

Fáze 2	$n = 14$	
	$A_c = 52500 \text{ mm}^2$	$z_1 = 114,9 \text{ mm}$
	$r_c = 79,9 \text{ mm}$	$r_s = 105,1 \text{ mm}$
	$I_{y,i} = 76360310 \text{ mm}^4$	$I_c = 21437500 \text{ mm}^4$
	$\delta_2 = 11,9 \text{ mm}$	
	$\delta = 23,3 \text{ mm}$	
	$\delta / \delta = 0,972$	Vyhovuje

5.2 SPŘAŽENÝ PRŮVLAK

PRŮVLAK - BĚŽNÝ



$$\epsilon = 1$$

$$c_f = 69.3 \text{ mm}$$

$$c_w = 378.8 \text{ mm}$$

$$t_f = 14.6 \text{ mm}$$

$$t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$\frac{c_f}{t_f} \leq 9 \cdot \epsilon \quad \frac{69.3}{14.6} \leq 9$$

$$4.7 < 9$$

$$\frac{c_w}{t_w} \leq 72 \cdot \epsilon \quad \frac{378.8}{9.4} \leq 72$$

$$40.3 < 72$$

Průřez třídy 1

OCELOVÝ PROFIL

Třída průřezu:

Délka konzolové části:

Délka pole:

Výška průřezu:

Šířka průřezu:

Tloušťka stojny:

Tloušťka pásnice:

Poloměr zaoblení:

Plocha průřezu:

Poloměr setrvačnosti:

Moment setrvačnosti:

Plastický průřezový modul:

Hmotnost profilu:

Materiál

Ocel:

Mez kluzu:

Návrhová mez kluzu:

Modul pružnosti:

BETONOVÁ DESKA

Osová vzdálenost vlevo:

Osová vzdálenost vpravo:

Celková výška desky:

Výška desky bez vln:

Materiál

Beton:

Charakteristická pevnost betonu v tlaku:

Návrhová pevnost betonu v tlaku:

Modul pružnosti:

Objemová hmotnost ztvrdlého betonu:

Objemová hmotnost čerstvého betonu:

TRAPÉZOVÝ PLECH

Tloušťka plechu:

Výška vlny:

Šířka v těžišti vlny:

Osová vzdálenost vln:

Efektivní moment setrvačnosti (kladný):

Efektivní modul průřezu (kladný):

Efektivní modul průřezu (záporný):

Hmotnost plechu:

Materiál

Ocel:

Mez kluzu:

Modul pružnosti:

IPE 450

l

$$L = 2142 \text{ mm}$$

$$L = 7500 \text{ mm}$$

$$h_a = 450 \text{ mm}$$

$$b = 190 \text{ mm}$$

$$t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$t_f = 14.6 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

$$A_a = 9882 \text{ mm}^2$$

$$i_y = 184.8 \text{ mm}$$

$$i_z = 41.2 \text{ mm}$$

$$I_y = 337\,400\,000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 16\,760\,000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 1\,702\,000 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 276\,400 \text{ mm}^3$$

$$m = 77.6 \text{ kg m}^{-1}$$

S235

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa} (\gamma_{M0} = 1.0)$$

$$E_a = 210 \text{ GPa}$$

$$B_1 = 6000 \text{ mm}$$

$$B_2 = 6000 \text{ mm}$$

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$h_c = 70 \text{ mm}$$

C 30 / 37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa} (\gamma_c = 1.5)$$

$$E_{cm} = 30 \text{ GPa}$$

$$\rho = 2500 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\rho = 2600 \text{ kg m}^{-3}$$

TR 50/250 (pozitivní poloha B)

$$t_p = 1.0 \text{ mm}$$

$$h_p = 50 \text{ mm}$$

$$b_0 = 84.5 \text{ mm}$$

$$d_v = 250 \text{ mm}$$

$$I_{eff,+} = 41300000 \text{ mm}^4$$

$$W_{eff,+} = 124300 \text{ mm}^3$$

$$W_{eff,-} = 128300 \text{ mm}^3$$

$$m = 10 \text{ kg m}^{-2}$$

S 320GD

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

$$E = 201 \text{ GPa}$$

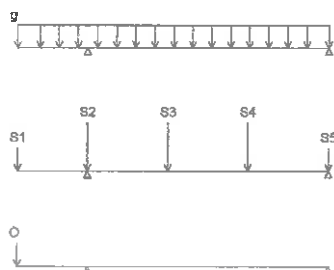
5.2.1 ZATÍŽENÍ

STALÉ:

		g_k	g_d ($\gamma=1,35$)	
<u>Fáze 1</u>	vlatní tíha průvlaku IPE	0,776	1,048	kNm ⁻¹
		$G_{k,1,1}$	$G_{d,1,1}$	
Stropnice S1	vl. tíha + bet.deska(čerst.) + tr.plech	17,02	22,98	kN
Stropnice S2	vl. tíha + bet.deska(čerst.) + tr.plech	34,74	46,89	kN
Stropnice S3	vl. tíha + bet.deska(čerst.) + tr.plech	37,27	50,32	kN
Stropnice S4	vl. tíha + bet.deska(čerst.) + tr.plech	37,27	50,32	kN
Stropnice S5	vl. tíha + bet.deska(čerst.) + tr.plech	19,56	26,40	kN

		g_k	g_d ($\gamma=1,35$)	
<u>Fáze 2</u>	vlatní tíha průvlaku IPE	0,776	1,048	kNm ⁻¹

		$G_{k,1,2}$	$G_{d,1,2}$	
Stropnice S1	vl. tíha + bet.deska(zatvr.) + tr.plech	16,46	22,22	kN
Stropnice S2	vl. tíha + bet.deska(zatvr.) + tr.plech	33,52	45,26	kN
Stropnice S3	vl. tíha + bet.deska(zatvr.) + tr.plech	35,97	48,56	kN
Stropnice S4	vl. tíha + bet.deska(zatvr.) + tr.plech	35,97	48,56	kN
Stropnice S5	vl. tíha + bet.deska(zatvr.) + tr.plech	18,90	25,52	kN



Fáze 2 zbytek stálého zatížení (podhled + podlaha)

		$G_{k,2}$	$G_{d,2}$ ($\gamma=1,35$)	
Stropnice S1		10,74	14,50	kN
Stropnice S2		23,27	31,41	kN
Stropnice S3		25,07	33,84	kN
Stropnice S4		25,07	33,84	kN
Stropnice S5		12,53	16,92	kN
oplášť budovy O		27,00	36,45	kN

PROMĚNNÉ:

		Q_k	Q_d ($\gamma=1,5$)	
<u>Fáze 2</u>	užitné kanceláře			
Stropnice S1		21,21	31,81	kN
Stropnice S2		45,96	68,93	kN
Stropnice S3		49,50	74,25	kN
Stropnice S4		49,50	74,25	kN
Stropnice S5		24,75	37,13	kN

Fáze 1 - montážní: působí pouze ocelový nosník a trapézový plech
průvlaky nebudou podepřeny

Fáze 2 - provozní: působí spřažený nosník s betonovou deskou

5.2.2 POSOUZENÍ - OHYB - fáze 1

$$L_k = 2.142 \text{ m}$$

$$L_n = 7.5 \text{ m}$$

$$W_{ply} = 1.702 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Vnitřní síly:

$$\Sigma M = 0$$

$$S1 \cdot L_k + g_d \cdot \frac{L_k^2}{2} + g_d \cdot \frac{L_n^2}{2} - S3 \cdot \frac{L_n}{3} - S4 \cdot \frac{2 \cdot L_n}{3} - S5 \cdot L_n - R_b \cdot L_n = 0$$

$$R_b = \frac{S5 \cdot L_n + S4 \cdot \frac{2 \cdot L_n}{3} + g_d \cdot \frac{L_n^2}{2} + S3 \cdot \frac{L_n}{3} - g_d \cdot \frac{L_k^2}{2} - S1 \cdot L_k}{L_n} = \frac{26.40 \cdot 7.5 + 50.32 \cdot \left(\frac{2 \cdot 7.5}{3}\right) + 1.048 \cdot \left(\frac{7.5^2}{2}\right) + 50.32 \cdot \left(\frac{7.5}{3}\right) - 1.048 \cdot \left(\frac{2.142^2}{2}\right) - 22.98 \cdot 2.142}{7.5}$$

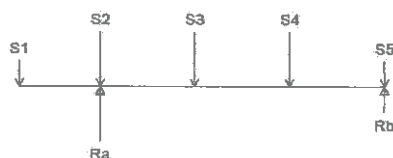
$$R_b = 73.766 \text{ kN}$$

$$\Sigma F = 0$$

$$S1 + S2 + R_a + S3 + S4 + S5 + R_b + g_d \cdot (L_k + L_n) = 0$$

$$R_a = S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + g_d \cdot (L_k + L_n) - R_b = 22.98 + 46.89 + 50.32 + 50.32 + 26.40 + 1.048 \cdot (2.142 + 7.5) - 73.766$$

$$R_a = 133.249 \text{ kN}$$



$$M_{Edn} = R_b \cdot \frac{L_n}{3} - S5 \cdot \frac{L_n}{3} - g_d \cdot \frac{L_n}{3} \cdot \frac{L_n}{6} = 73.766 \cdot \left(\frac{7.5}{3}\right) - 26.40 \cdot \left(\frac{7.5}{3}\right) - 1.048 \cdot \left(\frac{7.5}{3}\right) \cdot \left(\frac{7.5}{6}\right)$$

$$M_{Edn} = 115.14 \text{ kNm}$$

$$M_{Edk} = S1 \cdot L_k + g_d \cdot \frac{L_k^2}{2} = 22.98 \cdot 2.142 + 1.048 \cdot \left(\frac{2.142^2}{2}\right)$$

$$M_{Edk} = 51.627 \text{ kNm}$$

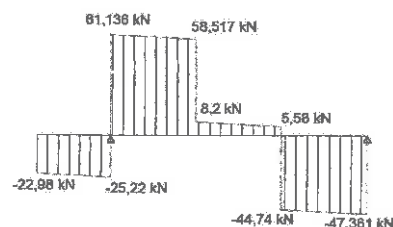
$$M_{cRd} = \frac{W_{ply} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{1.702 \cdot 10^{-3} \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{cRd} = 399.97 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Edn}}{M_{cRd}} \leq 1.0 \quad \frac{115.14}{399.97} = 0.288 < 1.0$$

$$\frac{M_{Edk}}{M_{cRd}} \leq 1.0 \quad \frac{51.627}{399.97} = 0.129 < 1.0$$

Vyhovuje



5.2.3 POSOUZENÍ - SMYK - fáze 2

Vnitřní síly:

$$\Sigma M = 0$$

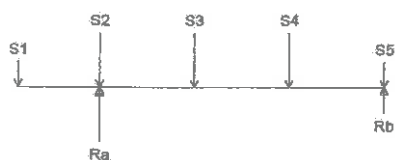
$$S1 \cdot L_k + g_d \cdot \frac{L_k^2}{2} + g_d \cdot \frac{L_n^2}{2} - S3 \cdot \frac{L_n}{3} - S4 \cdot \frac{2 \cdot L_n}{3} - S5 \cdot L_n - R_{b2s} \cdot L_n = 0$$

$$R_{b2s} = \frac{S5 \cdot L_n + S4 \cdot \frac{2 \cdot L_n}{3} + g_d \cdot \frac{L_n^2}{2} + S3 \cdot \frac{L_n}{3} - g_d \cdot \frac{L_k^2}{2} - S1 \cdot L_k}{L_n} = \frac{79.6 \cdot 7.5 + 156.6 \cdot \left(\frac{2 \cdot 7.5}{3}\right) + 1.048 \cdot \left(\frac{7.5^2}{2}\right) + 156.6 \cdot \left(\frac{7.5}{3}\right) - 1.048 \cdot \left(\frac{2.142^2}{2}\right) - 68.5 \cdot 2.142}{7.5}$$

$$R_{b2s} = 220.246 \text{ kN}$$

$$R_{b2o} = \frac{-O \cdot L_k}{L_n} = \frac{(-36.45) \cdot 2.142}{7.5}$$

$$R_{b2o} = -10.41 \text{ kN}$$



$$R_{b2} = R_{b2s} + R_{b2o} = 220.246 + -10.41$$

$$R_{b2} = 209.836 \text{ kN}$$

$$\Sigma F = 0$$

$$O + S1 + S2 + R_{a2} + S3 + S4 + S5 + R_{b2} + g_d(L_k + L_n) = 0$$

$$R_{a2} = O + S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + g_d(L_k + L_n) - R_{b2} = 36.45 + 68.5 + 145.6 + 156.6 + 156.6 + 79.6 + 1.048(2.142 + 7.5) - 209.836$$

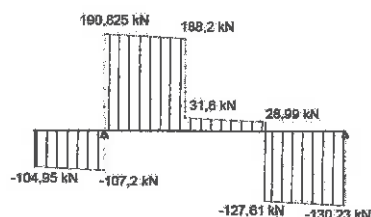
$$R_{a2} = 443.619 \text{ kN}$$

$$d_w = 0.379 \text{ m}$$

$$V_{Ed} = -O - S1 - S2 - g_{d12}L_k + R_{a2} = -36.45 - 68.5 - 145.6 - 1.048 \cdot 2.142 + 443.62$$

$$t_w = 0.0094 \text{ m}$$

$$V_{Ed} = 190.825 \text{ kN}$$



$$A_v = d_w \cdot t_w = 0.379 \cdot 0.0094$$

$$A_v = 3.563 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

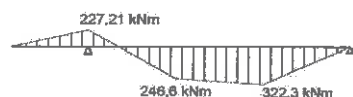
$$V_{plRd} = \frac{A_v \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0.379 \cdot 0.0094 \cdot (235 \cdot 10^3)}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)}$$

$$V_{plRd} = 483.364 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} \leq 1.0 \quad \frac{190.825}{483.364} = 0.395 < 1.0$$

Vyhovuje

5.2.4 POSOUZENÍ - OHYB - fáze 2



$$M_{Edn} = R_{b2} \cdot \frac{L_n}{3} - S5 \cdot \frac{L_n}{3} - g_d \cdot \frac{L_n}{3} \cdot \frac{L_n}{6} = 209.836 \cdot \left(\frac{7.5}{3}\right) - 79.6 \cdot \left(\frac{7.5}{3}\right) - 1.048 \cdot \left(\frac{7.5}{3}\right) \cdot \left(\frac{7.5}{6}\right)$$

$$M_{Edn} = 322.315 \text{ kNm}$$

$$M_{Edk} = O \cdot L_k + S1 \cdot L_k + g_{d12} \cdot \frac{L_k^2}{2} = 36.45 \cdot 2.142 + 68.5 \cdot 2.142 + 1.048 \cdot \left(\frac{2.142^2}{2}\right)$$

$$M_{Edk} = 227.207 \text{ kNm}$$

Spolupůsobící šířka desky:

$$b_{e1} = \min(L/8; b_1 = B_1/2) = \min(9.642/8; 6/2) = \min(1.205; 3)$$

$$b_{e2} = \min(L/8; b_2 = B_2/2) = \min(9.642/8; 6/2) = \min(1.205; 3)$$

$$b_t = 0$$

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2} + b_t = 1.205 + 1.205 + 0$$

$$b_{e1} = 1.205 \text{ m}$$

$$b_t = 0 \text{ m}$$

$$b_{e2} = 1.205 \text{ m}$$

$$b_{eff} = 2.411 \text{ m}$$

$$A_a = 9.882 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$f_{yd} = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{cd} = 20 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

Plastická neutrální osa:

$$N_a = N_c$$

$$A_a \cdot f_{yd} = b_{eff} \cdot x_{pl} \cdot 0.85 \cdot f_{cd}$$

$$x_{pl} = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{b_{eff} \cdot 0.85 \cdot f_{cd}} = \frac{9.882 \cdot 10^{-3} \cdot (235 \cdot 10^3)}{[2.411 \cdot 0.85 \cdot (20 \cdot 10^3)]}$$

$$x_{pl} = 0.057 \text{ m}$$

$$h = 0.12 \text{ m}$$

$$h_a = 0.45 \text{ m}$$

$$x_{pl} < h_d - h_p$$

$$0.057 < 0.120 - 0.050$$

$$0.057 < 0.07 \text{ m}$$

$$r = \frac{h_a}{2} + h - \frac{x_{pl}}{2} = \frac{0.45}{2} + 0.12 - \frac{0.057}{2}$$

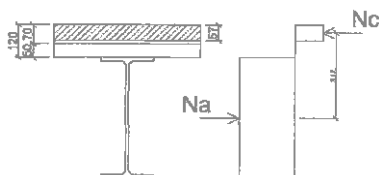
$$r = 0.316 \text{ m}$$

$$M_{plRd} = A_a \cdot f_{yd} \cdot r = 9.882 \cdot 10^{-3} \cdot (235 \cdot 10^3) \cdot 0.316$$

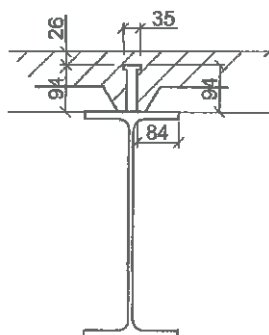
$$M_{plRd} = 733.837 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{plRd}} \leq 1.0 \quad \frac{325.59}{733.837} = 0.444 < 1.0$$

Vyhovuje



5.2.5 NÁVRH SPŘAŽENÍ



Spřahovací prostředek

Průměr dřívku trnu

Průměr hlavy trnu

Výška hlavy trnu

Délka trnu

Délka trnu po přivaření

Vzdálenost trnů od sebe

Pevnost materiálu trnu

Součinitel spolehlivosti materiálu

spřahovací trny s hlavou

$d = 22 \text{ mm}$

$d_h = 35 \text{ mm}$

$h_h = 10 \text{ mm}$

$L_1 = 100 \text{ mm}$

$h_{sc} = 94 \text{ mm}$

$s_1 = 140 \text{ mm}$

$f_u = 360 \text{ MPa}$

$\gamma_v = 1.25$

Podélná smyková síla na polovině nosníku:

$$V_1 = A_a \cdot f_{yd} = 9.882 \cdot 10^{-3} \cdot (235 \cdot 10^3)$$

$$V_1 = 2.322 \times 10^3 \text{ N}$$

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rk1} = 0.8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 0.8 \cdot (360 \cdot 10^3) \cdot \pi \cdot \left(\frac{0.022^2}{4} \right)$$

$$P_{Rk1} = 109.478 \text{ kN}$$

$$P_{Rk2} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 0.29 \cdot 1.0 \cdot 0.022^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 10^3 \cdot (30 \cdot 10^6)}$$

$$P_{Rk2} = 133.157 \text{ kN}$$

$$P_{Rk} = \min (P_{Rk1}; P_{Rk2}) = \min (109.478; 133.157)$$

$$P_{Rk} = 109.478 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0.7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0.7}{\sqrt{1.0}} \cdot \left(\frac{0.0845}{0.05} \right) \cdot \left(\frac{0.094}{0.05} - 1 \right)$$

$$k_t = 1.041$$

$$t_p = 1.0 \text{ mm} \Rightarrow k_{t,max} = 0.85$$

$$k_t \leq k_{t,max}$$

$$k_t = 0.85$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk} \cdot k_t}{\gamma_v} = \frac{109.478 \cdot 0.85}{1.25}$$

$$P_{Rd} = 74.445 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1.0$$

$$b_0 = 0.0845 \text{ m}$$

$$h_p = 0.05 \text{ m}$$

Potřebný počet trnů na celou délku nosníku:

$$n_F = 2 \cdot \frac{V_1}{P_{Rd}} = 2 \cdot \left(\frac{2322}{74.445} \right)$$

$$n_F = 62.382 \text{ ks} \Rightarrow 63 \text{ ks}$$

Možný počet trnů pro plné spřažení:

$$n = \frac{L}{s_1} = \frac{9.642}{0.14}$$

$$n = 68.871 \text{ ks}$$

Stupeň smykového spojení:

$$\eta = \frac{n}{n_F} = \frac{68}{63}$$

$$\eta = 1.079 > 1.0 \Rightarrow \text{plné spřažení}$$

Počet trnů : 68 ks

Konstrukční zásady:

$$L_1 \geq 4 \cdot d$$

$$100 \geq 4 \cdot 22$$

$$100 \geq 88 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$d_h \geq 1.5 \cdot d$$

$$35 \geq 1.5 \cdot 22$$

$$35 \geq 33 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$h_h \geq 0.4 \cdot d$$

$$10 \geq 0.4 \cdot 22$$

$$10 \geq 8.8 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$h_{sc} \geq 3 \cdot d$$

$$94 \geq 3 \cdot 22$$

$$94 \geq 66 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$e_D \geq 20 \text{ mm}$$

$$84 \geq 20 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$h_{sc} - h_p \geq 2 \cdot d$$

$$94 - 50 \geq 2 \cdot 22$$

$$44 \geq 44 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$s_1 \geq 5 \cdot d$$

$$140 \geq 5 \cdot 22$$

$$140 \geq 110 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$s_1 < \min(8 \cdot h_c; 800 \text{ mm})$$

$$140 < \min(8 \cdot 70; 800)$$

$$140 < \min(560; 800)$$

$$140 < 560 \text{ mm} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$E_a = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

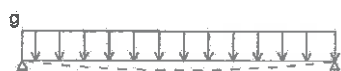
$$I_a = 3.374 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

5.2.6 POSOUZENÍ PRŮHYBU - fáze 1

$$M_k = S_{I_k} \cdot L_k + g_k \cdot \frac{L_k^2}{2} = 17.02 \cdot 2.142 + 0.776 \cdot \left(\frac{2.142^2}{2} \right)$$

$$M_k = 38.237 \text{ kNm}$$

$$\delta_1 = \frac{1}{E_a \cdot I_a} \left(\frac{23}{648} \cdot S_{I_k} \cdot L_n^3 + \frac{5}{384} \cdot g_k \cdot L_n^4 - 0.06415 \cdot M_k \cdot L_n^2 \right) = \frac{1}{[210 \cdot 10^6 \cdot (3.374 \cdot 10^{-4})]} \left(\frac{23}{648} \cdot 37.27 \cdot 7.5^3 + \frac{5}{384} \cdot 0.776 \cdot 7.5^4 - 0.06415 \cdot 38.237 \cdot 7.5^2 \right)$$



$$\delta_1 = 6.38 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{400} = \frac{7.5}{400}$$

$$\delta_{\max} = 0.019$$

$$\delta_1 \leq \delta_{\max}$$

$$6.4 \leq 19 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.2.7 POSOUZENÍ PRŮHYBU - fáze 2

Ideální průřez

$$E_{cmi} = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30 \cdot 10^6}{2}$$

$$E_{cmi} = 1.5 \times 10^7 \text{ kPa}$$

$$n = \frac{E_a}{E_{cmi}} = \frac{210 \cdot 10^6}{(1.5 \cdot 10^7)}$$

$$n = 14$$

$$A_c = b_{eff} \cdot h_c = 2.411 \cdot 0.07$$

$$A_c = 0.169 \text{ m}^2$$

$$z_1 = \frac{A_a \left(\frac{h_a}{2} + h \right) + \frac{1}{n} \cdot b_{eff} \cdot h_c \cdot \frac{h_c}{2}}{A_a + \frac{1}{n} \cdot b_{eff} \cdot h_c} = \frac{\left[9.882 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{0.45}{2} + 0.12 \right) + \frac{1}{14} \cdot 2.411 \cdot 0.07 \cdot \left(\frac{0.07}{2} \right) \right]}{\left(9.882 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{14} \cdot 2.411 \cdot 0.07 \right)}$$

$$z_1 = 0.175 \text{ m}$$

$$r_a = \frac{h_a}{2} + h - z_1 = \frac{0.45}{2} + 0.12 - 0.175$$

$$r_a = 0.17 \text{ m}$$

$$r_c = z_1 - \frac{h_c}{2} = 0.175 - \frac{0.07}{2}$$

$$r_c = 0.14 \text{ m}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot h_c^3 = \frac{1}{12} \cdot 2.411 \cdot 0.07^3$$

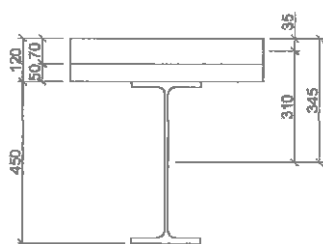
$$I_c = 6.891 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_{yi} = I_a + A_a \cdot r_a^2 + \frac{1}{n} \cdot (I_c + A_c \cdot r_c^2) = 3.374 \cdot 10^{-4} + 9.882 \cdot 10^{-3} \cdot 0.17^2 + \frac{1}{14} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 2.411 \cdot 0.07^3 + 0.169 \cdot 0.14^2 \right)$$

$$I_{yi} = 8.645 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$M_k = O \cdot I_k + S_{I_k} \cdot L_k + g_k \cdot \frac{L_k^2}{2} = 27 \cdot 2.142 + 48.41 \cdot 2.142 + 0.776 \cdot \left(\frac{2.142^2}{2} \right)$$

$$M_k = 163.308 \text{ kNm}$$



$$\delta_2 = \frac{1}{E_a \cdot I_{yl}} \left(\frac{23}{648} \cdot S_3 \cdot L_n^3 + \frac{5}{384} \cdot E_d \cdot L_n^4 - 0.06415 \cdot M_k \cdot L_n^2 \right) = \frac{1}{[210 \cdot 10^6 \cdot (8.645 \cdot 10^{-4})]} \cdot \left(\frac{23}{648} \cdot 110.54 \cdot 7.5^3 + \frac{5}{384} \cdot 1.048 \cdot 7.5^4 - 0.06415 \cdot 163.308 \cdot 7.5^2 \right)$$

$$\delta_2 = 6.109 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 6.4 + 6.1$$

$$\delta = 12.5 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{400} = \frac{7.5}{400}$$

$$\delta_{\max} = 0.019$$

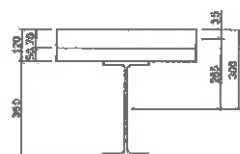
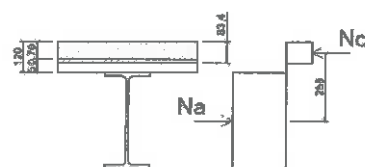
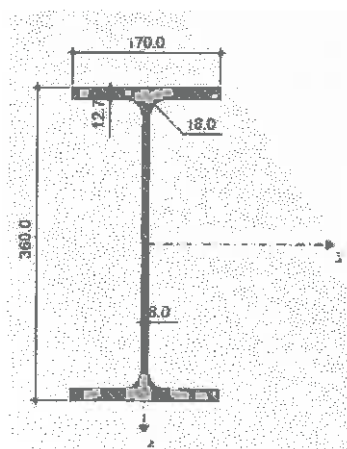
$$\delta \leq \delta_{\max}$$

$$12.5 \leq 19 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Poznámka:

Výpočet krajního průvlaku je uveden ve stručné tabulce



Prvek: Průvlak krajní
profil IPE 360
materiál S 235
délka $L_p = 7,5$ m
 $L_k = 2,142$ m

Beton C 30 $f_{cd} = 20,00$ MPa

Průřezové charakteristiky:

$A = 7273$ mm²
 $I_y = 162700000$ mm⁴
 $W_{pl,y} = 1019000$ mm³
 $d_w = 298,6$ mm
 $t_w = 8$ mm
 $m = 0,571$ kN·m⁻¹

Spřahovací prostředky:

průměr trnu $d = 22$ mm
výška trnu $h_{sc} = 94$ mm
rozteč trnů $s_j = 200$ mm

Spolupůsobící šířka:

$B_1 = 3000$ mm $h = 120$ mm $b_{e1} = 1205$ mm
 $B_2 = 0$ mm $h_c = 70$ mm $b_{e2} = 0$ mm $b_{eff} = 1205$ mm

Zatížení:

		Str. 1	Str. 2	Str. 3	Str. 4	Str. 5
Stálé	$G_{k,1,1} =$	8,51	17,37	18,64	18,64	9,78 kN·m ⁻¹
	$G_{k,1,2} =$	8,23	16,76	17,98	17,98	9,45 kN·m ⁻¹
	$G_{k,2} =$	5,37	11,64	12,53	12,53	6,27 kN·m ⁻¹
	$G_{d,1,1} =$	11,49	23,45	25,16	25,16	13,20 kN·m ⁻¹
	$G_{d,1,2} =$	11,11	22,63	24,28	24,28	12,76 kN·m ⁻¹
	$G_{d,2} =$	7,25	15,71	16,92	16,92	8,46 kN·m ⁻¹
	oplaštění na konzole:	$Q_k = 13,5$ kN				
	oplaštění na krajním průvlaku:	$g_{0,k} = 4,5$ kNm ⁻¹				
proměnné	$Q_k =$	10,60	22,98	24,75	24,75	12,38 kN·m ⁻¹
	$Q_d =$	15,90	34,47	37,13	37,13	18,56 kN·m ⁻¹

Posouzení:

Fáze 1 Ohyb $M_{Ed} = 57,83$ kNm $M_{o,Rd} = 239,47$ kNm $M_{Ed}/M_{o,Rd} = 0,24$ $V_{Ed} = 193,88$ kN $V_{pl,Rd} = 324,1$ kN $V_{Ed}/V_{pl,Rd} = 0,60$ $\rho = (2 \cdot V_{Ed}/V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,03858$ $f_{yd} = (1 - \rho)f_y = 225,935$ $R_a = 66,91$ kN $R_b = 37,05$ kN **Vyhovuje**

Fáze 2 Smyk $V_{Ed} = 193,88$ kN $V_{pl,Rd} = 324,1$ kN $V_{Ed}/V_{pl,Rd} = 0,60$ $\rho = (2 \cdot V_{Ed}/V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,03858$ $f_{yd} = (1 - \rho)f_y = 225,935$ $R_a = 261,034$ kN $R_b = 126,691$ kN **Vyhovuje**

Ohyb $M_{Ed} = 217,27$ kNm $x_{pl} = 83,42$ mm $M_{pl,Rd} = 424,43$ kNm $M_{Ed}/M_{pl,Rd} = 0,51$ $\eta = 1,02 \geq 1,00 \rightarrow$ **plně spřažení**

Spřažení:

$V_1 = 1709,16$ kN $P_{Rd} = 73,9$ kN $\eta = 1,02 \geq 1,00 \rightarrow$ **plně spřažení**

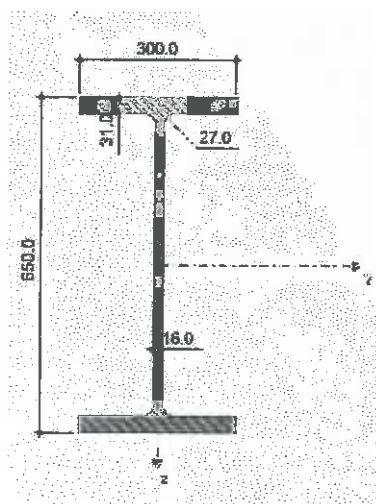
Průhyb:

Fáze 1 $\delta_1 = 6,8$ mm $\delta_{max} = 18,75$ mm $\delta_1/\delta_{max} = 0,36$ **Vyhovuje**

Fáze 2 $n = 14$ $A_c = 84367,5$ mm² $r_v = 144,9$ mm $I_{ys} = 396593743$ mm⁴ $\delta_2 = 10,8$ mm $\delta = 17,6$ mm $\delta/\delta = 0,940$ **Vyhovuje**

5.3 SLOUPY

1. NP (vnitřní) - NEJVÍCE NAMÁHANÝ



OCELOVÝ PROFIL

Třída průřezu:

Délka:

Výška průřezu:

Šířka průřezu:

Tloušťka stojny:

Tloušťka pásnice:

Poloměr zaoblení:

Plocha průřezu:

Poloměr setrvačnosti:

Moment setrvačnosti:

Hmotnost profilu:

HEB 650

3

$L = 4500 \text{ mm}$

$h_a = 650 \text{ mm}$

$b = 300 \text{ mm}$

$t_w = 16 \text{ mm}$

$t_f = 31 \text{ mm}$

$r = 27 \text{ mm}$

$A_a = 28630 \text{ mm}^2$

$i_y = 251,7 \text{ mm}$

$i_z = 70,8 \text{ mm}$

$I_y = 2\,106\,000\,000 \text{ mm}^4$

$I_z = 139\,800\,000 \text{ mm}^4$

$m = 224,7 \text{ kg m}^{-1}$

Materiál

Ocel:

Mez kluzu:

Návrhová mez kluzu:

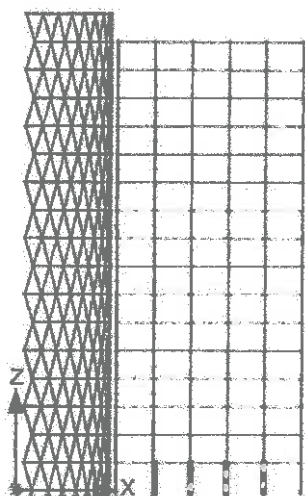
Modul pružnosti:

S 355

$f_y = 355 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 355 \text{ MPa} (\gamma_{M0} = 1,0)$

$E_a = 210 \text{ GPa}$



$$\epsilon = 0.81$$

$$c_f = 115 \text{ mm}$$

$$c_w = 534 \text{ mm}$$

$$t_f = 31 \text{ mm}$$

$$t_w = 16 \text{ mm}$$

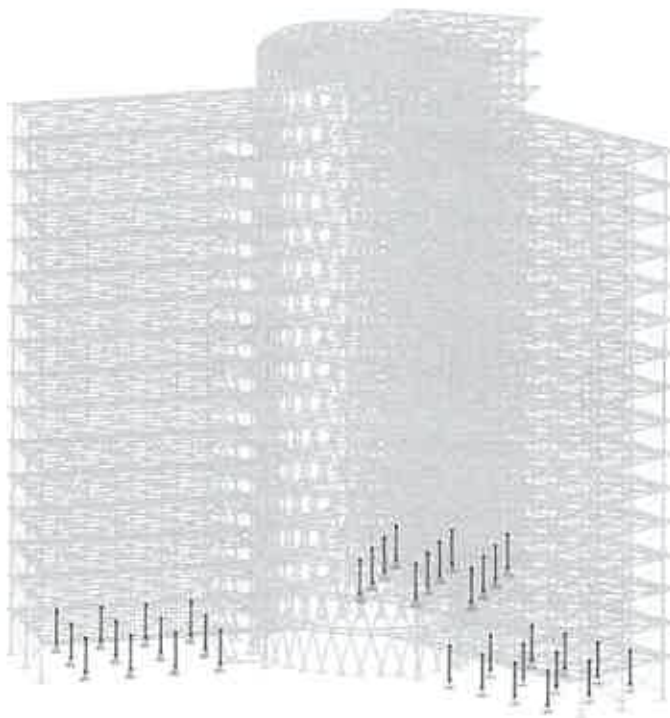
$$\frac{c_f}{t_f} \leq 9 \cdot \epsilon \quad \frac{115}{31} \leq 7.29$$

$$3.71 < 7.29$$

$$\frac{c_w}{t_w} \leq 42 \cdot \epsilon \quad \frac{534}{16} \leq 34.02$$

$$33.38 < 9$$

Průřez třídy 3



5.3.1 ZATÍŽENÍ

KZ 24

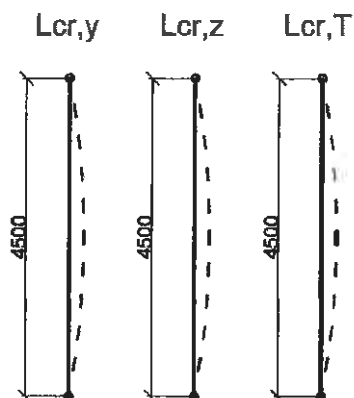
$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{užitné stropy plné}) + 1,5 \cdot 0,6 \cdot (\text{sníh})$

Posuzovaný prut č. 577

$$L_{cry} = 4.5 \text{ m}$$

$$L_{crz} = 4.5 \text{ m}$$

$$L_T = 4.5 \text{ m}$$



5.3.2 POSOUZENÍ - VZPĚR

$$N_{Ed} = 6391.937 \text{ kN}$$

$$A = 0.02863 \text{ m}^2$$

$$I_y = 2.106 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_z = 0.1398 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_t = 7.392 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_w = 1.336 \cdot 10^{-5} \text{ m}^6$$

$$i_y = 0.2712 \text{ m}$$

$$i_z = 0.0699 \text{ m}$$

$$y_0 = 0 \text{ m}$$

$$z_0 = 0 \text{ m}$$

$$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$N_{cry} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cry}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (2.106 \cdot 10^{-3})}{4.5^2}$$

$$N_{cry} = 215.552 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$N_{crz} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{crz}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (0.1398 \cdot 10^{-3})}{4.5^2}$$

$$N_{crz} = 13.844 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$i_0 = \sqrt{(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)} = \sqrt{0.2712^2 + 0.0699^2 + 0^2 + 0^2}$$

$$i_0 = 0.28 \text{ m}^2$$

$$N_{crT} = \frac{1}{i_0^2} \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_T^2} \right] = \frac{1}{0.28^2} \left[81 \cdot 10^6 \cdot (7.392 \cdot 10^{-6}) + \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (1.336 \cdot 10^{-5})}{4.5^2} \right]$$

$$N_{crT} = 25.079 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cry}}} = \sqrt{\frac{0.02863 \cdot (355 \cdot 10^3)}{215552}}$$

$$\lambda_y = 0.217$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{crz}}} = \sqrt{\frac{0.02863 \cdot (355 \cdot 10^3)}{13844}}$$

$$\lambda_z = 0.857$$

$$\alpha = 0.34$$

$$\phi_y = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.34 \cdot (0.217 - 0.2) + 0.217^2]$$

$$\phi_y = 0.526$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.34 \cdot (0.857 - 0.2) + 0.857^2]$$

$$\phi_z = 0.979$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)}}$$

$$\chi_y = 0.995$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)}}$$

$$\chi_z = 0.689$$

$$\gamma_{M1} = 1.00$$

$$N_{bRd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.689 \cdot 0.02863 \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

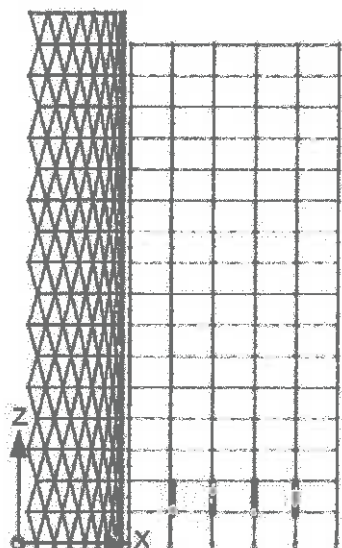
$$N_{bRd} = 7.003 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{bRd}} \leq 1.0$$

$$\frac{6391.937}{7003} = 0.913$$

$$0.91 < 1.00$$

Vyhovuje



Prvek:

Sloupy 1.-2. NP vnitřní

profil HEB 600

materiál S 355

délka $L_{\alpha,y} = 4,5 \text{ m}$ $L_{\alpha,z} = 4,5 \text{ m}$ $L_T = 4,5 \text{ m}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 27000 \text{ mm}^2$	$i_y = 251,7 \text{ mm}$
$I_y = 1710000000 \text{ mm}^4$	$i_x = 70,8 \text{ mm}$
$I_z = 135300000 \text{ mm}^4$	$y_0 = 0 \text{ mm}$
$I_t = 6672000 \text{ mm}^4$	$z_0 = 0 \text{ mm}$
$I_w = 1,097E+13 \text{ mm}^6$	
$W_{pl,y} = 6425000 \text{ mm}^3$	
$W_{pl,z} = 1391000 \text{ mm}^3$	

Návrhové vnitřní síly:

KZ 24

$N_{Ed} = 5983,097 \text{ kN}$

Prut č. 604

$N_{\alpha,y} = 174844 \text{ kN}$

$i_0^2 = 68366 \text{ mm}^2$

$N_{\alpha,z} = 13834 \text{ kN}$

$N_{\alpha,T} = 24312 \text{ kN}$

rozhoduje vzpěr kolmo k z

poměrná štíhlost

$\lambda_z = 0,8324$

křivka vzpěrné pevnosti b

$\Phi_z = 0,9539$

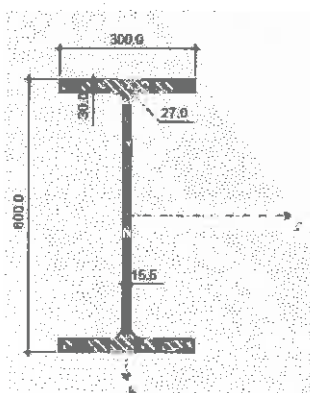
$\alpha = 0,34$

$\chi_z = 0,7043$

$N_{b,Rd} = 6750,5 \text{ kN}$

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,89 < 1,00$

Vyhovuje



Prvek:

Sloupy 1.-2. NP krajní

profil HEB 500

materiál S 355

délka $L_{\alpha,y} = 4,5 \text{ m}$ $L_{\alpha,z} = 4,5 \text{ m}$ $L_T = 4,5 \text{ m}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 23860 \text{ mm}^2$	$i_y = 211,9 \text{ mm}$
$I_y = 1072000000 \text{ mm}^4$	$i_x = 72,7 \text{ mm}$
$I_z = 126200000 \text{ mm}^4$	$y_0 = 0 \text{ mm}$
$I_t = 5384000 \text{ mm}^4$	$z_0 = 0 \text{ mm}$
$I_w = 7018000000000 \text{ mm}^6$	
$W_{pl,y} = 4815000 \text{ mm}^3$	
$W_{pl,z} = 1292000 \text{ mm}^3$	

Návrhové vnitřní síly:

KZ 22

$N_{Ed} = 4374,578 \text{ kN}$

Prut č. 478

$N_{\alpha,y} = 109610 \text{ kN}$

$i_0^2 = 50187 \text{ mm}^2$

$N_{\alpha,z} = 12904 \text{ kN}$

$N_{\alpha,T} = 22988 \text{ kN}$

rozhoduje vzpěr kolmo k z

poměrná štíhlost

$\lambda_z = 0,8102$

křivka vzpěrné pevnosti b

$\Phi_z = 0,9319$

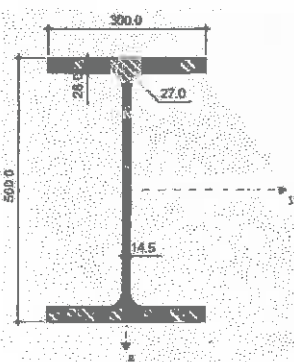
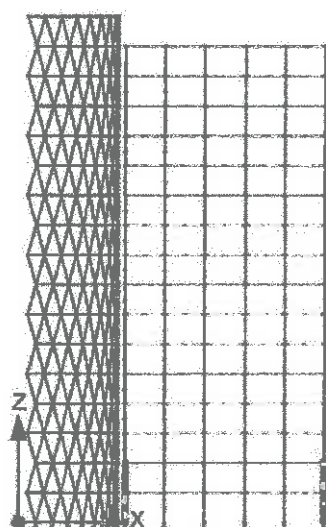
$\alpha = 0,34$

$\chi_z = 0,7181$

$N_{b,Rd} = 6082,8 \text{ kN}$

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,72 < 1,00$

Vyhovuje



Prvek:

Sloupy 3.-4. NP

profil HEB 500

materiál S 355

délka $L_{cr,y} = 4,5 \text{ m}$ $L_{cr,z} = 4,5 \text{ m}$ $L_T = 4,5 \text{ m}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 23860 \text{ mm}^2$

$I_y = 1072000000 \text{ mm}^4$

$I_z = 1262000000 \text{ mm}^4$

$I_t = 5384000 \text{ mm}^4$

$I_w = 7018000000000 \text{ mm}^6$

$W_{pl,y} = 4815000 \text{ mm}^3$

$W_{pl,z} = 1292000 \text{ mm}^3$

$i_y = 211,9 \text{ mm}$

$i_z = 72,7 \text{ mm}$

$y_0 = 0 \text{ mm}$

$z_0 = 0 \text{ mm}$

Návrhové vnitřní síly:

KZ 24

$N_{Ed} = 5575,02 \text{ kN}$

Prut č. 1852

$N_{\alpha,y} = 109610 \text{ kN}$

$i_0^2 = 50187 \text{ mm}^2$

$N_{\alpha,z} = 12904 \text{ kN}$

$N_{\alpha,T} = 22988 \text{ kN}$

rozhoduje vzpěr kolmo k z

poměrná štíhlost

$\lambda_z = 0,8102$

křivka vzpěrné pevnosti b

$\Phi_z = 0,9319$

$\alpha = 0,34$

$\chi_{\phi} = 0,7181$

$N_{b,Rd} = 6082,8 \text{ kN}$

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,92 < 1,00$

Vyhovuje

Prvek:

Sloupy 5.-6. NP

profil HEB 450

materiál S 355

délka $L_{cr,y} = 4,5 \text{ m}$ $L_{cr,z} = 4,5 \text{ m}$ $L_T = 4,5 \text{ m}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 21800 \text{ mm}^2$

$I_y = 798900000 \text{ mm}^4$

$I_z = 1172000000 \text{ mm}^4$

$I_t = 4405000 \text{ mm}^4$

$I_w = 5258000000000 \text{ mm}^6$

$W_{pl,y} = 3982000 \text{ mm}^3$

$W_{pl,z} = 1198000 \text{ mm}^3$

$i_y = 191,4 \text{ mm}$

$i_z = 73,3 \text{ mm}$

$y_0 = 0 \text{ mm}$

$z_0 = 0 \text{ mm}$

Návrhové vnitřní síly:

KZ 24

$N_{Ed} = 4761,849 \text{ kN}$

Prut č. 3205

$N_{\alpha,y} = 81686 \text{ kN}$

$i_0^2 = 42007 \text{ mm}^2$

$N_{\alpha,z} = 11983 \text{ kN}$

$N_{\alpha,T} = 21292 \text{ kN}$

rozhoduje vzpěr kolmo k z

poměrná štíhlost

$\lambda_z = 0,8036$

křivka vzpěrné pevnosti b

$\Phi_z = 0,9255$

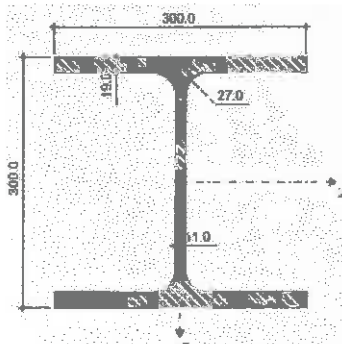
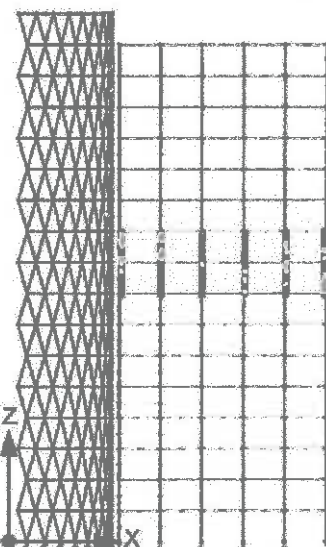
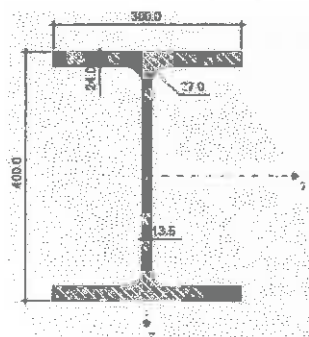
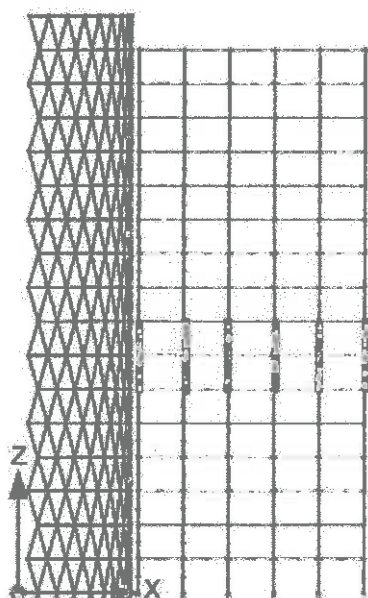
$\alpha = 0,34$

$\chi_{\phi} = 0,7222$

$N_{b,Rd} = 5589,2 \text{ kN}$

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,85 < 1,00$

Vyhovuje



Prvek: Sloupy 7.-8. NP

profil HEB 340
materiál S 355
délka $L_{\alpha,y} = 4,5 \text{ m}$ $L_{\alpha,z} = 4,5 \text{ m}$ $L_T = 4,5 \text{ m}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 17090 \text{ mm}^2$
 $I_y = 366600000 \text{ mm}^4$
 $I_z = 96900000 \text{ mm}^4$
 $I_T = 2572000 \text{ mm}^4$
 $I_w = 2454000000000 \text{ mm}^6$
 $W_{pl,y} = 2408000 \text{ mm}^3$
 $W_{pl,z} = 985700 \text{ mm}^3$
 $i_y = 146,5 \text{ mm}$
 $i_z = 75,3 \text{ mm}$
 $y_0 = 0 \text{ mm}$
 $z_0 = 0 \text{ mm}$

Návrhové vnitřní síly:

KZ 24 $N_{Ed} = 3950,74 \text{ kN}$ Prut č. 4558
 $N_{\alpha,y} = 37484 \text{ kN}$ $i_0^2 = 27132 \text{ mm}^2$
 $N_{\alpha,z} = 9907,8 \text{ kN}$
 $N_{\alpha,T} = 16926 \text{ kN}$

rozhoduje vzpěr kolmo k z

poměrná štíhlost $\lambda_z = 0,7825$ křivka vzpěrné pevnosti b
 $\Phi_z = 0,9052$ $\alpha = 0,34$
 $\chi_z = 0,7352$

$N_{b,Rd} = 4460,3 \text{ kN}$

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,89 < 1,00$

Vyhovuje

Prvek: Sloupy 9.-10. NP

profil HEB 300
materiál S 355
délka $L_{\alpha,y} = 4,5 \text{ m}$ $L_{\alpha,z} = 4,5 \text{ m}$ $L_T = 4,5 \text{ m}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 14910 \text{ mm}^2$
 $I_y = 251700000 \text{ mm}^4$
 $I_z = 85630000 \text{ mm}^4$
 $I_T = 1850000 \text{ mm}^4$
 $I_w = 1688000000000 \text{ mm}^6$
 $W_{pl,y} = 1869000 \text{ mm}^3$
 $W_{pl,z} = 870100 \text{ mm}^3$
 $i_y = 129,9 \text{ mm}$
 $i_z = 75,8 \text{ mm}$
 $y_0 = 0 \text{ mm}$
 $z_0 = 0 \text{ mm}$

Návrhové vnitřní síly:

KZ 24 $N_{Ed} = 3141,634 \text{ kN}$ Prut č. 5911
 $N_{\alpha,y} = 25736 \text{ kN}$ $i_0^2 = 22620 \text{ mm}^2$
 $N_{\alpha,z} = 8755,5 \text{ kN}$
 $N_{\alpha,T} = 14255 \text{ kN}$

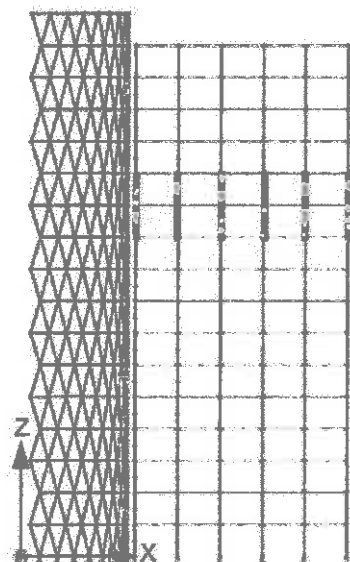
rozhoduje vzpěr kolmo k z

poměrná štíhlost $\lambda_z = 0,7775$ křivka vzpěrné pevnosti b
 $\Phi_z = 0,9004$ $\alpha = 0,34$
 $\chi_z = 0,7382$

$N_{b,Rd} = 3907,4 \text{ kN}$

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,80 < 1,00$

Vyhovuje



Prvek:

Sloupy 11.-12. NP

profil HEB 260

materiál S 355

délka $L_{\alpha y} = 4,5 \text{ m}$ $L_{\alpha z} = 4,5 \text{ m}$ $L_T = 4,5 \text{ m}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 11840 \text{ mm}^2$	$i_y = 112,2 \text{ mm}$
$I_y = 149200000 \text{ mm}^4$	$i_z = 65,8 \text{ mm}$
$I_z = 51350000 \text{ mm}^4$	$y_0 = 0 \text{ mm}$
$I_t = 1238000 \text{ mm}^4$	$z_0 = 0 \text{ mm}$
$I_{\omega} = 753700000000 \text{ mm}^6$	
$W_{pl,y} = 1283000 \text{ mm}^3$	
$W_{pl,z} = 602200 \text{ mm}^3$	

Návrhové vnitřní síly:

KZ 24

$N_{Ed} = 2337,517 \text{ kN}$

Prut č. 7262

$N_{\alpha y} = 15255 \text{ kN}$

$i_0^2 = 16918 \text{ mm}^2$

$N_{\alpha z} = 5250,4 \text{ kN}$

$N_{\alpha T} = 10482 \text{ kN}$

rozhoduje vzpěr kolmo k z

poměrná štíhlost

$\lambda_z = 0,8947$

křivka vzpěrné pevnosti b

$\Phi_z = 1,0184$

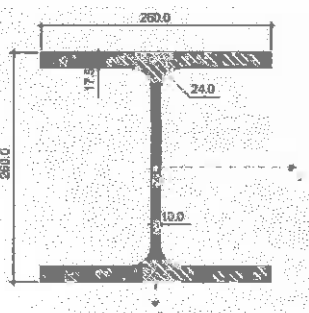
$\alpha = 0,34$

$\chi_z = 0,6646$

$N_{b,Rd} = 2793,3 \text{ kN}$

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,84 < 1,00$

Vyhovuje



Prvek:

Sloupy 13.-14. NP

profil HEB 240

materiál S 355

délka $L_{\alpha y} = 4,5 \text{ m}$ $L_{\alpha z} = 4,5 \text{ m}$ $L_T = 4,5 \text{ m}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 10600 \text{ mm}^2$	$i_y = 103,1 \text{ mm}$
$I_y = 112600000 \text{ mm}^4$	$i_z = 60,8 \text{ mm}$
$I_z = 39230000 \text{ mm}^4$	$y_0 = 0 \text{ mm}$
$I_t = 1027000 \text{ mm}^4$	$z_0 = 0 \text{ mm}$
$I_{\omega} = 486900000000 \text{ mm}^6$	
$W_{pl,y} = 1053000 \text{ mm}^3$	
$W_{pl,z} = 498400 \text{ mm}^3$	

Návrhové vnitřní síly:

KZ 24

$N_{Ed} = 1536,358 \text{ kN}$

Prut č. 8615

$N_{\alpha y} = 11513 \text{ kN}$

$i_0^2 = 14326 \text{ mm}^2$

$N_{\alpha z} = 4011,2 \text{ kN}$

$N_{\alpha T} = 9281,7 \text{ kN}$

rozhoduje vzpěr kolmo k z

poměrná štíhlost

$\lambda_z = 0,9686$

křivka vzpěrné pevnosti b

$\Phi_z = 1,0997$

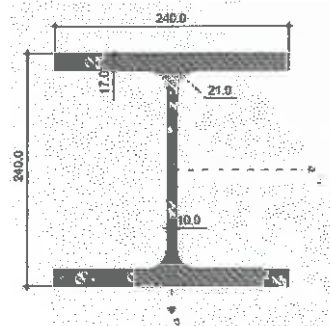
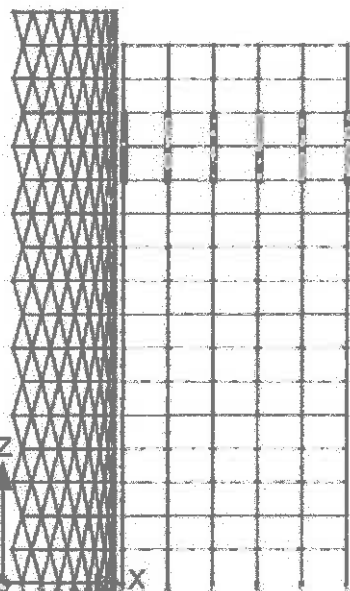
$\alpha = 0,34$

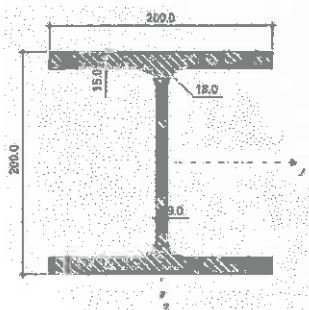
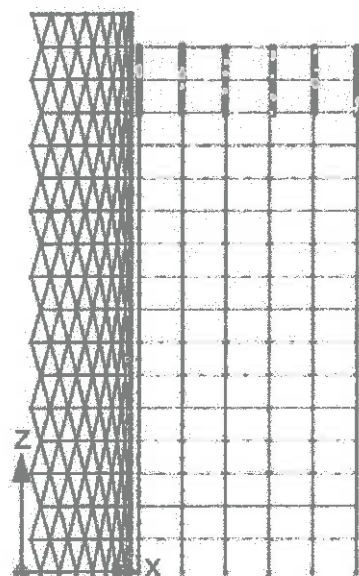
$\chi_z = 0,6171$

$N_{b,Rd} = 2322,1 \text{ kN}$

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,66 < 1,00$

Vyhovuje





Prvek: Sloupy 15.-16. NP

profil HEB 200
materiál S 355
délka $L_{cr,y} = 4,5 \text{ m}$ $L_{cr,z} = 4,5 \text{ m}$ $L_1 = 4,5 \text{ m}$

Průřezové charakteristiky:

$A = 7808 \text{ mm}^2$ $i_y = 85,4 \text{ mm}$
 $I_y = 56960000 \text{ mm}^4$ $i_z = 50,7 \text{ mm}$
 $I_z = 20030000 \text{ mm}^4$ $y_0 = 0 \text{ mm}$
 $I_t = 592800 \text{ mm}^4$ $z_0 = 0 \text{ mm}$
 $I_w = 171100000000 \text{ mm}^6$
 $W_{pl,y} = 642500 \text{ mm}^3$
 $W_{pl,z} = 305800 \text{ mm}^3$

Návrhové vnitřní síly:

KZ 25 $N_{Ed} = 736,349 \text{ kN}$ Prut č. 9968
 $N_{cr,y} = 5824 \text{ kN}$ $i_0^2 = 9863,7 \text{ mm}^2$
 $N_{cr,z} = 2048 \text{ kN}$
 $N_{cr,T} = 6641,7 \text{ kN}$

rozhoduje vzpěr kolmo k z

poměrná štíhlost

$\lambda_z = 1,1634$
 $\Phi_z = 1,3405$
 $\chi_z = 0,4984$

křivka vzpěrné pevnosti b
 $\alpha = 0,34$

$N_{b,Rd} = 1381,5 \text{ kN}$

$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,53 < 1,00$

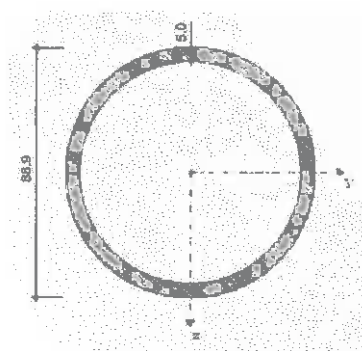
Vyhovuje

Poznámka:

sloupy budou spojeny kontaktními styky pomocí čelních desek tloušťky minimálně stejny a konstrukčně spojeny 4 šrouby M12 8.8

5.4 ZTUŽUJÍCÍ PRUTY V NAPOJENÍ

POSOUZENÍ NEJVÍCENAMÁHANÉHO PRUTU



$$A = 0.00132 \text{ m}^2$$

$$I_y = 1.16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_z = 1.16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 3.52 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 3.52 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$f_y = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$\epsilon = 1$$

$$d = 88.9 \text{ mm}$$

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

$$\frac{d}{t} \leq 50 \cdot \epsilon^2 \quad \frac{88.9}{5} \leq 50$$

$$17.78 < 50$$

Průřez třídy 1

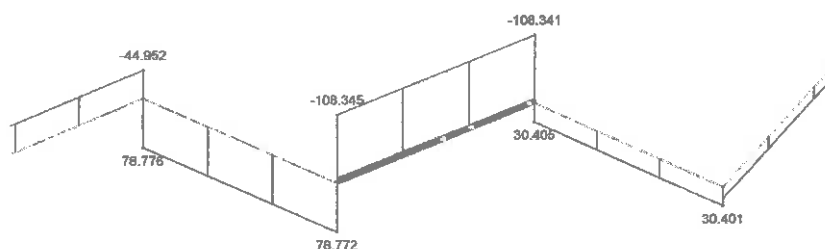
5.4.1 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

KZ 6

$$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{vítr B}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (\text{plně})$$

Posuzovaný prut č. 10 607

Vnitřní síly dle programu RFEM



$$N_{Ed} = 103.293 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

$$L_{cry} = 2.880 \text{ m}$$

$$L_{crz} = 2.880 \text{ m}$$

5.4.2 POSOUZENÍ - Ohyb a osový tlak

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cry}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (1.16 \cdot 10^{-6})}{2.880^2}$$

$$N_{cr,y} = 289.863 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{crz}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (1.16 \cdot 10^{-6})}{2.880^2}$$

$$N_{cr,z} = 289.863 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0.49$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0.00132 \cdot (235 \cdot 10^3)}{289.863}}$$

$$\lambda_y = 1.034$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0.00132 \cdot (235 \cdot 10^3)}{289.863}}$$

$$\lambda_z = 1.034$$

$$\phi_y = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (1.034 - 0.2) + 1.034^2]$$

$$\phi_y = 1.239$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (1.034 - 0.2) + 1.034^2]$$

$$\phi_z = 1.239$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)}}$$

$$\chi_y = 0.52$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)}}$$

$$\chi_z = 0.52$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.52 \cdot 0.00132 \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$N_{b,Rd} = 161.304 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0$$

$$\frac{103.293}{161.304} = 0.64$$

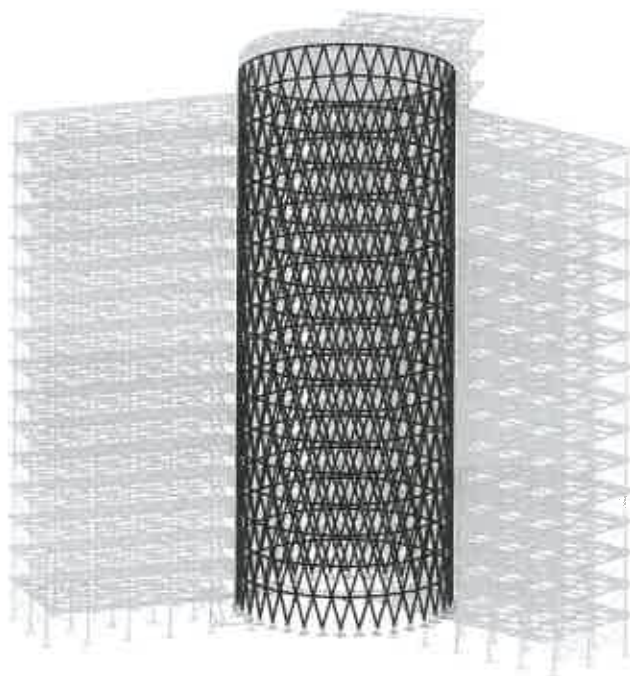
$$0.64 < 1.00$$

Vyhovuje

Poznámka: Ostatní pruty jsou namáhány menšími silami a byly posouzeny programem RFEM

5.5 KONSTRUKCE ATRIA

POSOUZENÍ NEJVÍCE NAMÁHANÉHO PRUTU



5.5.1 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

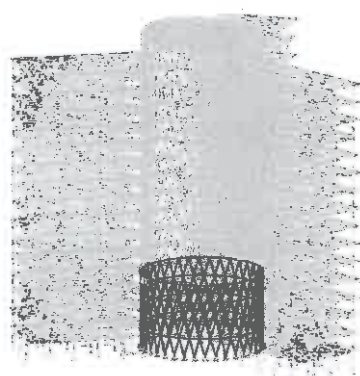
KZ 3

$$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{vitr A}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (\text{plné})$$

Vnitřní síly dle programu RFEM

5.5.2 POSOUZENÍ - Ohyb a osový tlak - patra 1-4

Výpočet dle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3 metody 2



$$A = 0.007367 \text{ m}^2$$

$$I_y = 5.073 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 5.073 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 5.5024 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

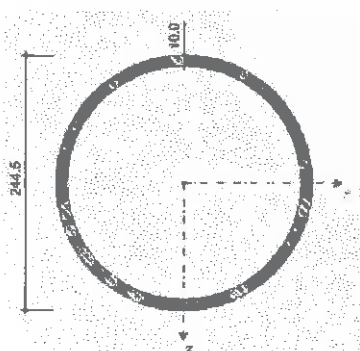
$$W_{pl,z} = 5.5024 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$



Posuzovaný prut č.233

$$L_{cry} = L \cdot 0.5$$

$$L_{cry} = 4.686 \cdot 0.5 = 2.343$$

$$L_{cry} = 2.343 \text{ m}$$

$$L_{crz} = 2.343 \text{ m}$$

$$N_{Ed} = 1288.372 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{y,Ed} = 2.98 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 5.53 \text{ kNm}$$

$$\varepsilon = 0.66$$

$$d = 244.5 \text{ mm}$$

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

$$\frac{d}{t} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \quad \frac{244.5}{10} \leq 33$$

$$24.45 < 33$$

Průřez třídy 1

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cry}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (5,073 \cdot 10^{-5})}{2,343^2}$$

$$N_{cr,y} = 1,915 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{crz}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (5,073 \cdot 10^{-5})}{2,343^2}$$

$$N_{cr,z} = 1,915 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,007367 \cdot (355 \cdot 10^3)}{19150}}$$

$$\lambda_y = 0,37$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,007367 \cdot (355 \cdot 10^3)}{19150}}$$

$$\lambda_z = 0,37$$

Vzpěrná křivka c

$$\alpha = 0,49$$

$$\phi_y = 0,5 \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2 \right] = 0,5 \left[1 + 0,49 \cdot (0,37 - 0,2) + 0,37^2 \right]$$

$$\phi_y = 0,61$$

$$\phi_z = 0,5 \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2 \right] = 0,5 \left[1 + 0,49 \cdot (0,37 - 0,2) + 0,37^2 \right]$$

$$\phi_z = 0,61$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}}$$

$$\chi_y = 0,913$$

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

$$\chi_z = 0,913$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 0,007367 \cdot (355 \cdot 10^3)$$

$$N_{Rk} = 2,615 \times 10^3 \text{ kN}$$

interakční součinitele:

$$C_{my} = 0,99 \quad 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h \quad \alpha_h = 0,98$$

$$C_{mz} = 1,0 \quad 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h \quad \alpha_h = 1,0$$

k_{yy}

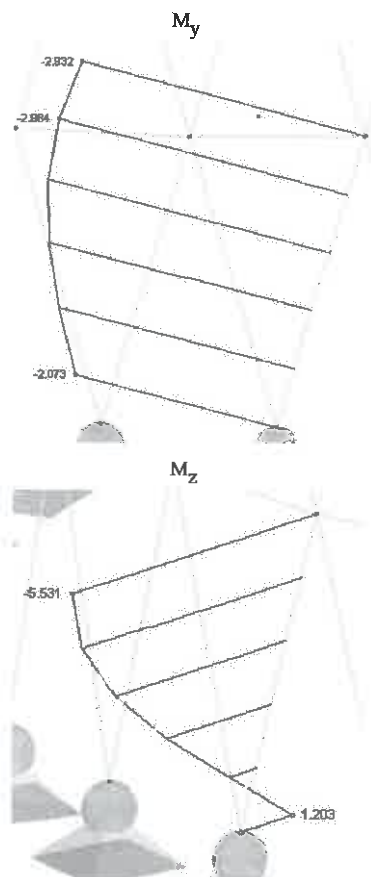
$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \leq C_{my} \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right]$$

$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0,99 \left[1 + (0,37 - 0,2) \cdot \frac{1288,372}{\left(\frac{0,913 \cdot 2615}{1,00} \right)} \right] = 1,081$$

$$C_{my} \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0,99 \left[1 + 0,8 \cdot \frac{1288,372}{\left(\frac{0,913 \cdot 2615}{1,00} \right)} \right] = 1,417$$

$$1,081 \leq 1,417$$

$$k_{yy} = 1,081$$



k_{zz}

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \leq C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right]$$

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 1.0 \left[1 + (0.37 - 0.2) \cdot \frac{1288.372}{\left(\frac{0.913 \cdot 2615}{1.00} \right)} \right] = 1.092$$

$$C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 1.0 \left[1 + 0.8 \cdot \frac{1288.372}{\left(\frac{0.913 \cdot 2615}{1.00} \right)} \right] = 1.432$$

$$1.092 \leq 1.432$$

$$k_{zz} = 1.092$$

k_{yz}

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{yz} = 0.655$$

k_{zy}

$$k_{zy} = 0.6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0.649$$

Posouzení:

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} =$$

$$M_{y,Rd} = 195.335 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{5.5024 \cdot 10^{-4} \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{z,Rd} = 195.335 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{1288.372}{\left(\frac{0.913 \cdot 2615}{1.00} \right)} + 1.081 \cdot \left(\frac{2.98}{195.335} \right) + 0.655 \cdot \left(\frac{5.53}{195.335} \right) = 0.575$$

$$0.575 \leq 1.00$$

Vyhovuje

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

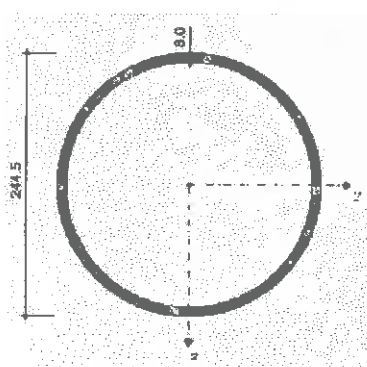
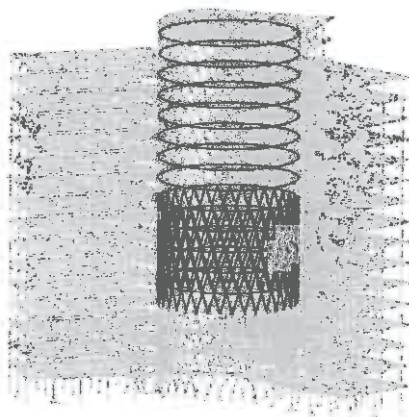
$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{1288.372}{\left(\frac{0.913 \cdot 2615}{1.00} \right)} + 0.649 \cdot \left(\frac{2.98}{195.335} \right) + 1.092 \cdot \left(\frac{5.53}{195.335} \right) = 0.58$$

$$0.58 \leq 1.00$$

Vyhovuje

5.5.3 POSOUZENÍ - Ohyb a osový tlak - patra 5-9 + prstence

Výpočet dle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3 metody 2



$$\epsilon = 0.66$$

$$d = 244.5 \text{ mm}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} \leq 50 \cdot \epsilon^2 \quad \frac{244.5}{8} \leq 33$$

$$30.6 < 33$$

Průřez třídy 1

Vzpěrná křivka c

$$\alpha = 0.49$$

$$A = 0.005944 \text{ m}^2$$

$$I_y = 4.160 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 4.160 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 4.4763 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 4.4763 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

Posuzovaný prut č. 2891

$$L_{cry} = L \cdot 0.5$$

$$L_{cry} = 4.686 \cdot 0.5 = 2.343$$

$$L_{cry} = 2.343 \text{ m}$$

$$L_{crz} = 2.343 \text{ m}$$

$$N_{Ed} = 958.559 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{y,Ed} = 6.675 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 7.46 \text{ kNm}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cry}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (4.160 \cdot 10^{-5})}{2.343^2}$$

$$N_{cr,y} = 1.571 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{crz}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (4.160 \cdot 10^{-5})}{2.343^2}$$

$$N_{cr,z} = 1.571 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0.005944 \cdot (355 \cdot 10^3)}{15710}}$$

$$\lambda_y = 0.366$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0.005944 \cdot (355 \cdot 10^3)}{15710}}$$

$$\lambda_z = 0.366$$

$$\phi_y = 0.5 \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2 \right] = 0.5 \left[1 + 0.49 \cdot (0.366 - 0.2) + 0.366^2 \right]$$

$$\phi_y = 0.608$$

$$\phi_z = 0.5 \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2 \right] = 0.5 \left[1 + 0.49 \cdot (0.366 - 0.2) + 0.366^2 \right]$$

$$\phi_z = 0.608$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)}}$$

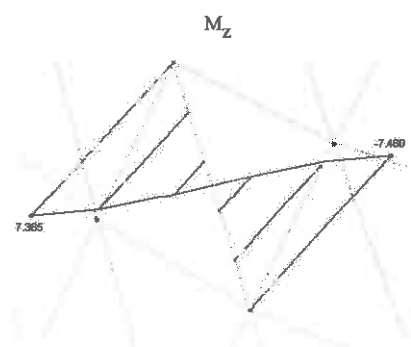
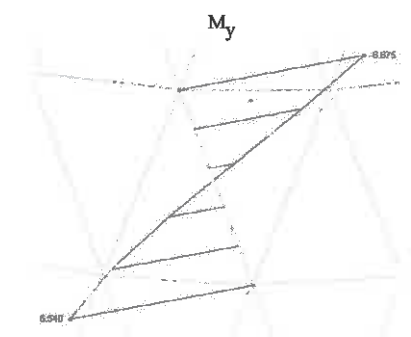
$$\chi_y = 0.914$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)}}$$

$$\chi_z = 0.914$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 0.005944 \cdot (355 \cdot 10^3)$$

$$N_{Rk} = 2.11 \times 10^3 \text{ kN}$$



interakční součinitele:

$$C_{my} = 0.208 \quad 0.6 + 0.4 \cdot \psi \quad \psi = -0.98$$

$$C_{mz} = 0.204 \quad 0.6 + 0.4 \cdot \psi \quad \psi = -0.99$$

k_{yy}

$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right] \leq C_{my} \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right]$$

$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right] = 0.208 \cdot \left[1 + (0.366 - 0.2) \cdot \left(\frac{958.559}{\left(\frac{0.914 \cdot 2110}{1.00} \right)} \right) \right] = 0.225$$

$$C_{my} \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right] = 0.208 \cdot \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{958.559}{\left(\frac{0.914 \cdot 2110}{1.00} \right)} \right) \right] = 0.291$$

$$0.225 \leq 0.291$$

$$k_{yy} = 0.225$$

k_{zz}

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \right] \leq C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \right]$$

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \right] = 0.204 \cdot \left[1 + (0.366 - 0.2) \cdot \left(\frac{958.559}{\left(\frac{0.914 \cdot 2110}{1.00} \right)} \right) \right] = 0.221$$

$$C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \right] = 0.204 \cdot \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{958.559}{\left(\frac{0.914 \cdot 2110}{1.00} \right)} \right) \right] = 0.285$$

$$0.221 \leq 0.285$$

$$k_{zz} = 0.221$$

k_{yz}

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{yz} = 0.133$$

k_{zy}

$$k_{zy} = 0.6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0.135$$

Posouzení:

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{4.4763 \cdot 10^{-4} \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{y,Rd} = 158.909 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{4.4763 \cdot 10^{-4} \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{z,Rd} = 158.909 \text{ kNm}$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}}{\gamma_{M1}} \leq 1.00$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}}{\gamma_{M1}} = \frac{958.559}{\left(\frac{6.675}{158.909}\right)} + 0.225 \cdot \left(\frac{6.675}{158.909}\right) + 0.133 \cdot \left(\frac{7.46}{158.909}\right) = 0.513$$

$$0.513 \leq 1.00$$

Vyhovuje

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}}{\gamma_{M1}} \leq 1.00$$

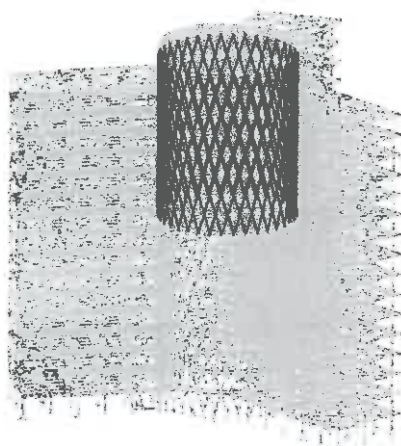
$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}}{\gamma_{M1}} = \frac{958.559}{\left(\frac{0.914 \cdot 2110}{1.00}\right)} + 0.135 \cdot \left(\frac{6.675}{158.909}\right) + 0.221 \cdot \left(\frac{7.46}{158.909}\right) = 0.513$$

$$0.513 \leq 1.00$$

Vyhovuje

5.5.4 POSOUZENÍ - Ohyb a osový tlak - patra 10-16

Výpočet dle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3 metody 2



$$A = 0.004496 \text{ m}^2$$

$$I_y = 3.199 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 3.199 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 3.4137 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 3.4137 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$\varepsilon = 0.66$$

$$d = 244.5 \text{ mm}$$

$$t = 6 \text{ mm}$$

Posuzovaný prut č. 5594

$$L_{cry} = L \cdot 0.5$$

$$L_{cry} = 4.686 \cdot 0.5 = 2.343$$

$$L_{cry} = 2.343 \text{ m}$$

$$L_{crz} = 2.343 \text{ m}$$

$$N_{Ed} = 555.801 \text{ kN (tlak)}$$

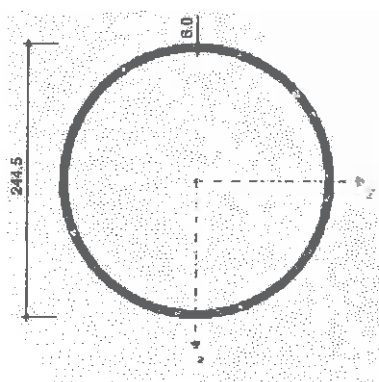
$$M_{y,Ed} = 6.362 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 7.442 \text{ kNm}$$

$$\frac{d}{t} \leq 70 \cdot \varepsilon^2 \quad \frac{244.5}{8} \leq 46.2$$

$$40.75 < 46.2$$

Průřez třídy 2



Vzpěrná křivka c

$$\alpha = 0.49$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cry}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (3.199 \cdot 10^{-5})}{2.343^2}$$

$$N_{cr,y} = 1.208 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{crz}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (3.199 \cdot 10^{-5})}{2.343^2}$$

$$N_{cr,z} = 1.208 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0.004496 \cdot (355 \cdot 10^3)}{12080}}$$

$$\lambda_y = 0.363$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0.004496 \cdot (355 \cdot 10^3)}{12080}}$$

$$\lambda_z = 0.363$$

$$\phi_y = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.363 - 0.2) + 0.363^2]$$

$$\phi_y = 0.606$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.363 - 0.2) + 0.363^2]$$

$$\phi_z = 0.606$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)}}$$

$$\chi_y = 0.916$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)}}$$

$$\chi_z = 0.916$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 0.004496 \cdot (355 \cdot 10^3)$$

$$N_{Rk} = 1.596 \times 10^3 \text{ kN}$$

interakční součinitele:

$$C_{my} = 0.224 \quad 0.6 + 0.4 \cdot \psi \quad \psi = -0.94$$

$$C_{mz} = 0.228 \quad 0.6 + 0.4 \cdot \psi \quad \psi = -0.93$$

k_{yy}

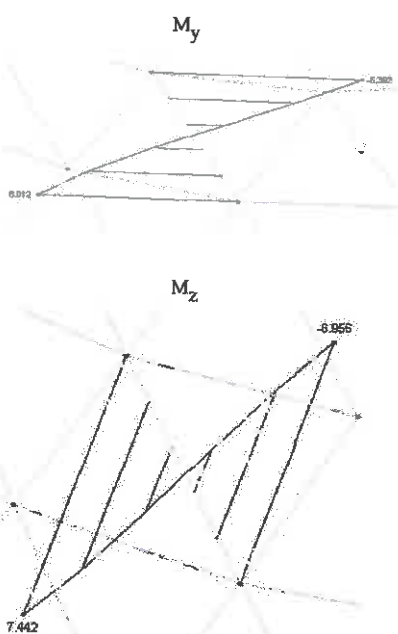
$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \leq C_{my} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right]$$

$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.224 \left[1 + (0.363 - 0.2) \cdot \frac{555.801}{\left(\frac{0.916 \cdot 1596}{1.00} \right)} \right] = 0.238$$

$$C_{my} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.224 \left[1 + 0.8 \cdot \frac{555.801}{\left(\frac{0.916 \cdot 1596}{1.00} \right)} \right] = 0.292$$

$$0.238 \leq 0.292$$

$$k_{yy} = 0.238$$



k_{zz}

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \leq C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right]$$

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.228 \left[1 + (0.363 - 0.2) \cdot \frac{555.801}{\left(\frac{0.916 \cdot 1596}{1.00} \right)} \right] = 0.242$$

$$C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.228 \left[1 + 0.8 \cdot \frac{555.801}{\left(\frac{0.916 \cdot 1596}{1.00} \right)} \right] = 0.297$$

$$0.242 \leq 0.297$$

$$k_{zz} = 0.242$$

k_{yz}

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{yz} = 0.145$$

k_{zy}

$$k_{zy} = 0.6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0.143$$

Posouzení:

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{3.4137 \cdot 10^{-4} \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{y,Rd} = 121.186 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{3.4137 \cdot 10^{-4} \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{z,Rd} = 121.186 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{555.801}{\left(\frac{0.916 \cdot 1596}{1.00} \right)} + 0.238 \cdot \left(\frac{6.362}{121.186} \right) + 0.145 \cdot \left(\frac{7.442}{121.186} \right) = 0.402$$

$$0.402 \leq 1.00$$

Vyhovuje

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

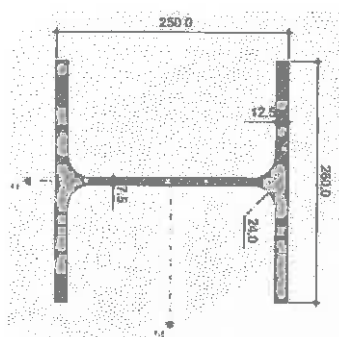
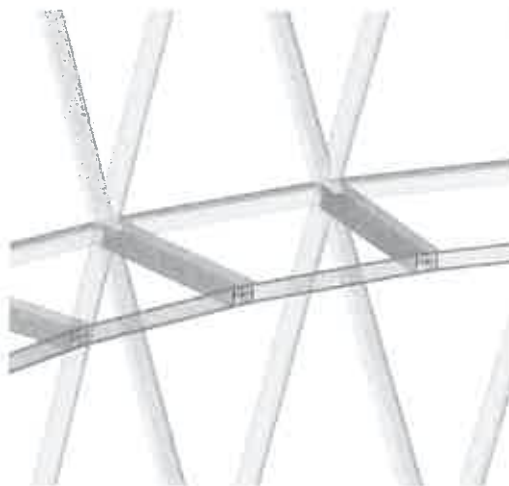
$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{555.801}{\left(\frac{0.916 \cdot 1596}{1.00} \right)} + 0.143 \cdot \left(\frac{6.362}{121.186} \right) + 0.242 \cdot \left(\frac{7.442}{121.186} \right) = 0.403$$

$$0.403 \leq 1.00$$

Vyhovuje

5.6 KONZOLA

POSOUZENÍ NEJVÍCENAMÁHANÉHO PRUTU



$$\begin{aligned} \epsilon &= 1 \\ c_f &= 102.3 \text{ mm} \\ c_w &= 177 \text{ mm} \\ t_f &= 12.5 \text{ mm} \\ t_w &= 7.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{c_f}{t_f} \leq 9 \cdot \epsilon \quad \frac{102.3}{12.5} \leq 9$$

$$8.18 < 9$$

$$\frac{c_w}{t_w} \leq 72 \cdot \epsilon \quad \frac{177}{7.5} \leq 72$$

$$23.6 < 72$$

Průřez třídy I

OCELOVÝ PROFIL

Třída průřezu:

Délka:

Výška průřezu:

Šířka průřezu:

Tloušťka stojny:

Tloušťka pásnice:

Poloměr zaoblení:

Plocha průřezu:

Poloměr setrvačnosti:

Moment setrvačnosti:

Plastický průřezový modul:

Hmotnost profilu:

Materiál

Ocel:

Mez kluzu:

Návrhová mez kluzu:

Modul pružnosti:

HEA 260

1

$L = 2500 \text{ mm}$

$h_a = 260 \text{ mm}$

$b = 250 \text{ mm}$

$t_w = 7.5 \text{ mm}$

$t_f = 12.5 \text{ mm}$

$r = 25 \text{ mm}$

$A_a = 8682 \text{ mm}^2$

$i_y = 109.7 \text{ mm}$

$i_z = 65 \text{ mm}$

$I_y = 104\,500\,000 \text{ mm}^4$

$I_z = 36\,880\,000 \text{ mm}^4$

$W_{ply} = 919\,800 \text{ mm}^3$

$W_{pl,z} = 430\,200 \text{ mm}^3$

$m = 68.2 \text{ kg m}^{-1}$

S 235

$f_y = 235 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$ ($\gamma_{M0} = 1.0$)

$E_a = 210 \text{ GPa}$

5.6.1 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

KZ 13

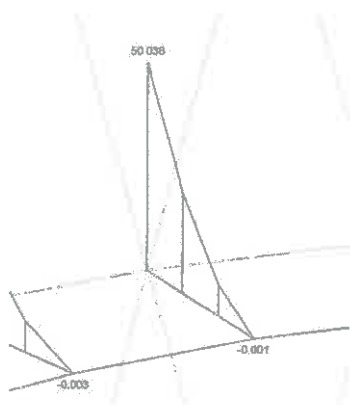
$\Sigma 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot (\text{užitné poch. plochy atria}) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (\text{vitr B})$

Vnitřní síly dle programu RFEM

Prut č. 9777

$M_{y,Ed} = 18.268 \text{ kNm}$

$M_{z,Ed} = 50.038 \text{ kNm}$



5.6.2 POSOUZENÍ - Ohyb a osový tlak

$$A = 0.008682 \text{ m}^2$$

$$I_y = 1.045 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = 3.688 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 9.198 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 4.302 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$f_y = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

Nosník je ohýbán na měkkou osu $\Rightarrow$ nedochází ke klopení

$$M_{b,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{b,Rd} = 101.097$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{50.038}{101.097} = 0.495$$

$$0.49 < 1.00$$

Vyhovuje

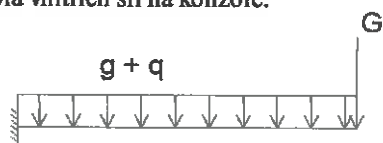
Kontrola vnitřních sil na konzole:

$$g_{d,kce} = 3.24 \text{ kNm}^{-1}$$

$$g_{d,kon} = 0.763 \text{ kNm}^{-1}$$

$$G_{d,zab} = 3.439 \text{ kN}$$

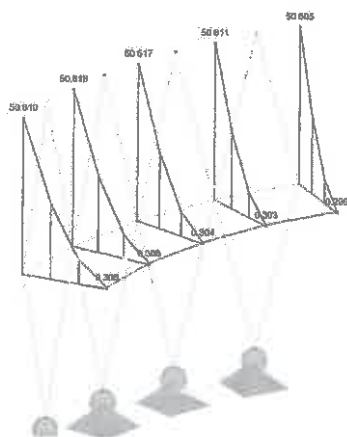
$$q_d = 8.954 \text{ kNm}^{-1}$$



$$M = g_{d,kon} \cdot \frac{L^2}{2} + q_d \cdot \frac{L^2}{2} + G_{d,zab} \cdot L + g_{d,kce} \cdot \frac{L^2}{2} = 0.763 \cdot \left(\frac{2.5^2}{2} \right) + 8.954 \cdot \left(\frac{2.5^2}{2} \right) + 3.439 \cdot 2.5 + 3.24 \cdot \left(\frac{2.5^2}{2} \right)$$

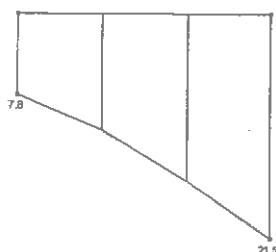
$$M = 49.088 \text{ kNm}$$

$$\text{dle RFEM } M = 50.617 \text{ kNm}$$



Poznámka: konzoly jsou umístěny symetricky a ve výsledcích jsou vnitřní síly téměř identické $\Rightarrow$ průřez na všech konzolách bude stejný

5.6.3 POSOUZENÍ - Průhyb



$$u = 21.5 - 8.8 = 12.7$$

$$v_{lim} = \frac{2 \cdot L}{400} = \frac{2 \cdot 2.5}{400}$$

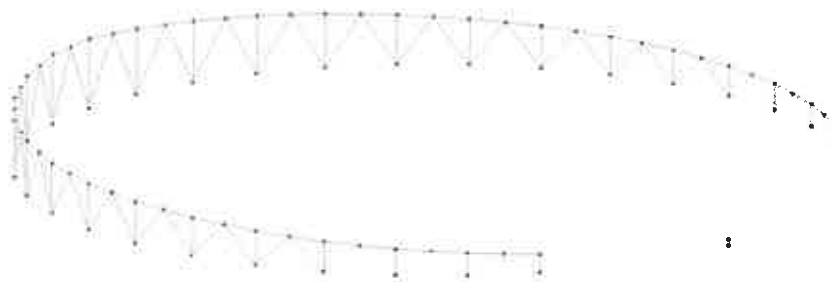
$$v_{lim} = 0.013 \text{ m}$$

$$12.7 < 13 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.7 PRSTENEC

POSOUZENÍ NEJVÍCE NAMÁHANÉHO PRUTU



5.7.1 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

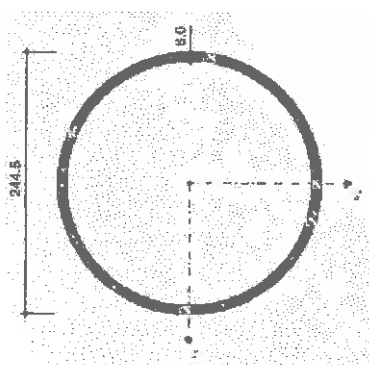
KZ 6

$$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{vitr b}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (\text{plné})$$

Vnitřní síly dle programu RFEM

5.7.2 POSOUZENÍ - Ohyb a osový tlak

Výpočet dle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3 metody 2



$$\varepsilon = 0.66$$

$$d = 244.5 \text{ mm}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \quad \frac{244.5}{8} \leq 33$$

$$30.6 < 33$$

Průřez třídy 1

$$A = 0.005944 \text{ m}^2$$

$$I_y = 4.160 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 4.160 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{ply} = 4.4763 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 4.4763 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$L_{crz} = L \cdot 0.5$$

$$L_{crz} = 2.615 \cdot 0.5 = 1.308$$

$$L_{crz} = 1.308 \text{ m}$$

$$L_{cry} = 0.654 \text{ m}$$

$$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

Posuzovaný prut č. 11467

$$N_{Ed} = 211.172 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{y,Ed} = 2.7 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 20.46 \text{ kNm}$$

$$\alpha = 0.49$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (4.160 \cdot 10^{-5})}{0.654^2}$$

$$N_{cr,y} = 2.016 \times 10^5 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (4.160 \cdot 10^{-5})}{1.308^2}$$

$$N_{cr,z} = 5.04 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0.005944 \cdot (355 \cdot 10^3)}{201600}}$$

$$\lambda_y = 0.102$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0.005944 \cdot (355 \cdot 10^3)}{50400}}$$

$$\lambda_z = 0.205$$

$$\phi_y = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.102 - 0.2) + 0.102^2]$$

$$\phi_y = 0.481$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.205 - 0.2) + 0.205^2]$$

$$\phi_z = 0.522$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}}$$

$$\chi_y = 1.051$$

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

$$\chi_z = 0.998$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 0.005944 \cdot (355 \cdot 10^3)$$

$$N_{Rk} = 2.11 \times 10^3 \text{ kN}$$

interakční součinitele:

$$C_{my} = 0.604 \quad 0.1 + 0.8 \cdot \alpha_s = 0.604 \quad \alpha_s = -0.63$$

$$C_{mz} = 0.928 \quad 0.2 + 0.8 \cdot \alpha_s = 0.928 \quad \alpha_s = 0.91$$

k_{yy}

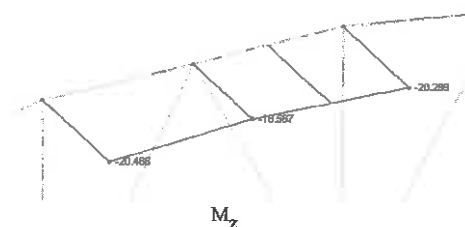
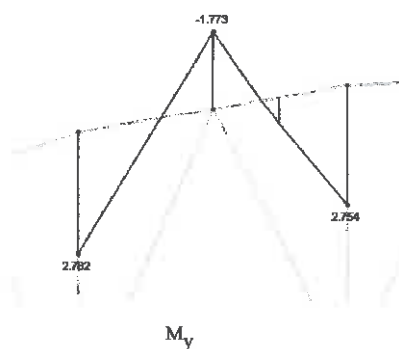
$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \leq C_{my} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right]$$

$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.604 \left[1 + (0.102 - 0.2) \cdot \frac{211.172}{\left(\frac{1.00 \cdot 2110}{1.00} \right)} \right] = 0.598$$

$$C_{my} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \text{ explicit, ALL} \rightarrow 0.604 \left[1 + 0.8 \cdot \frac{211.172}{\left(\frac{1.00 \cdot 2110}{1.00} \right)} \right] = 0.652$$

$$0.598 \leq 0.652$$

$$k_{yy} = 0.598$$



k_{zz}

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \leq C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right]$$

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.928 \left[1 + (0.205 - 0.2) \cdot \frac{211.172}{\left(\frac{0.998 \cdot 2110}{1.00} \right)} \right] = 0.928$$

$$C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.928 \left[1 + 0.8 \cdot \frac{211.172}{\left(\frac{0.998 \cdot 2110}{1.00} \right)} \right] = 1.002$$

$$0.928 \leq 1.002$$

$$k_{zz} = 0.928$$

k_{yz}

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{yz} = 0.557$$

k_{zy}

$$k_{zy} = 0.6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0.359$$

Posouzení:

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{4.4763 \cdot 10^{-4} \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{y,Rd} = 158.909$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{4.4763 \cdot 10^{-4} \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{z,Rd} = 158.909$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{211.172}{\left(\frac{1.00 \cdot 2110}{1.00} \right)} + 0.598 \cdot \left(\frac{2.7}{158.909} \right) + 0.557 \cdot \left(\frac{20.46}{158.909} \right) = 0.182$$

$$0.182 \leq 1.00$$

Vyhovuje

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

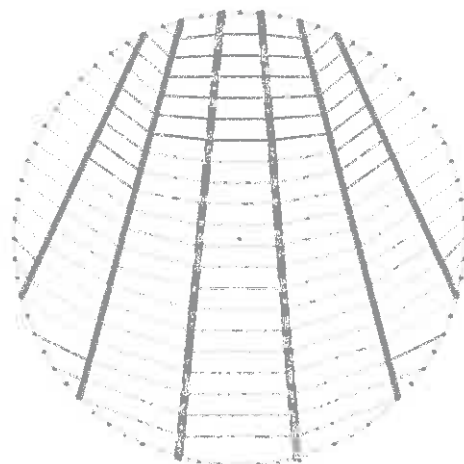
$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{211.172}{\left(\frac{0.998 \cdot 2110}{1.00} \right)} + 0.359 \cdot \left(\frac{2.7}{158.909} \right) + 0.928 \cdot \left(\frac{20.46}{158.909} \right) = 0.226$$

$$0.226 \leq 1.00$$

Vyhovuje

5.8 VAZNÍKY

VAZNÍK Č. 1



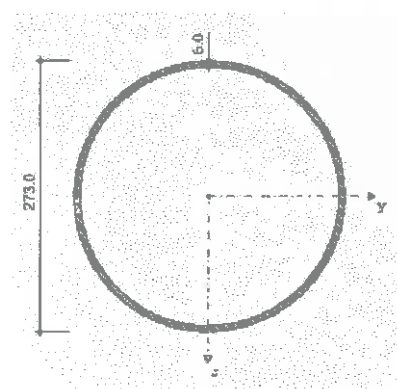
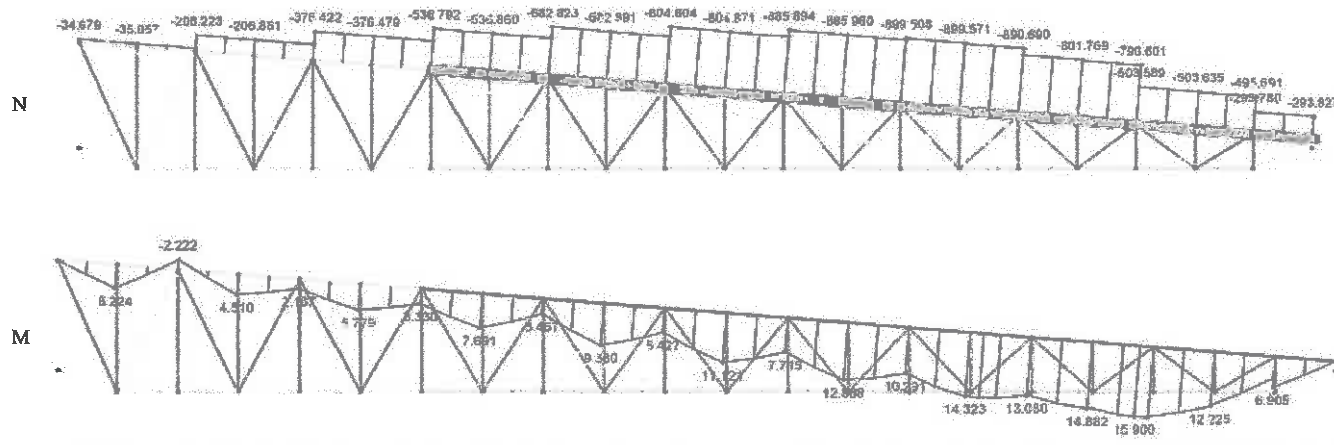
5.8.1 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

KZ 7

$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{sníh})$

Vnitřní síly byly použity dle programu RFEM

5.8.2 POSOUZENÍ - Horní pás, část 1



$$N_{Ed} = 899.571 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 14.325 \text{ kNm}$$

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

$$A = 0.00503 \text{ m}^2$$

$$I_y = 4.487 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 4.487 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 4.28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 4.28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$L_{cry} = 1.411 \text{ m}$$

$$L_{crz} = 1.411 \text{ m}$$

$$f_y = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

Výpočet dle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3 metody 2

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (4.487 \cdot 10^{-5})}{1.411^2}$$

$$N_{cr,y} = 4.671 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (4.487 \cdot 10^{-5})}{1.411^2}$$

$$N_{cr,z} = 4.671 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0.00503 \cdot (235 \cdot 10^3)}{46710}}$$

$$\lambda_y = 0.159$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0.00503 \cdot (235 \cdot 10^3)}{46710}}$$

$$\lambda_z = 0.159$$

$$\alpha = 0.49$$

$$\phi_y = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.159 - 0.2) + 0.159^2]$$

$$\phi_y = 0.503$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.159 - 0.2) + 0.159^2]$$

$$\phi_z = 0.503$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)}} = \frac{1}{(0.503 + \sqrt{0.503^2 - 0.159^2})}$$

$$\chi_y = 1.02$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)}} = \frac{1}{(0.503 + \sqrt{0.503^2 - 0.159^2})}$$

$$\chi_z = 1.02$$

$$\psi = 0.71$$

$$C_{my} = 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.6 + 0.4 \cdot 0.71$$

$$C_{my} = 0.884$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 0.00503 \cdot (235 \cdot 10^3)$$

$$N_{Rk} = 1.182 \times 10^3 \text{ kN}$$

=> uvažuje se jako prostý tlak $\chi = 1$

interakční součinitele:

$$C_{my} = 0.884$$

$$C_{mz} = 0.884$$

$$k_{yy}$$

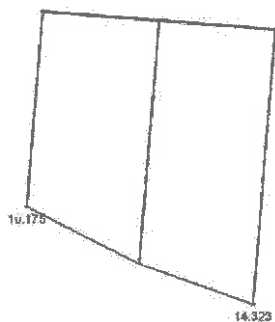
$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right] \leq C_{my} \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right]$$

$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right] = 0.884 \left[1 + (0.159 - 0.2) \cdot \left(\frac{899.571}{\left(\frac{1.00 \cdot 1182}{1.00} \right)} \right) \right] = 0.856$$

$$C_{my} \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right] = 0.884 \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{899.571}{\left(\frac{1.00 \cdot 1182}{1.00} \right)} \right) \right] = 1.422$$

$$0.856 \leq 1.422$$

$$k_{yy} = 0.856$$



k_{zz}

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \leq C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right]$$

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.884 \left[1 + (0.159 - 0.2) \cdot \frac{899.571}{\left(\frac{1.00 \cdot 1182}{1.00} \right)} \right] = 0.856$$

$$C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.884 \left[1 + 0.8 \cdot \frac{899.571}{\left(\frac{1.00 \cdot 1182}{1.00} \right)} \right] = 1.422$$

$$0.856 \leq 1.422$$

$$k_{zz} = 0.856$$

 k_{yz}

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{yz} = 0.514$$

 k_{zy}

$$k_{zy} = 0.6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0.514$$

Posouzení:

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{4.28 \cdot 10^{-4} \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{y,Rd} = 100.58 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{4.28 \cdot 10^{-4} \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{z,Rd} = 100.58 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{899.571}{\left(\frac{1.00 \cdot 1182}{1.00} \right)} + 0.856 \cdot \left(\frac{14.325}{100.58} \right) + 0.514 \cdot \left(\frac{0}{100.58} \right) = 0.883$$

$$0.883 \leq 1.00$$

Vyhovuje

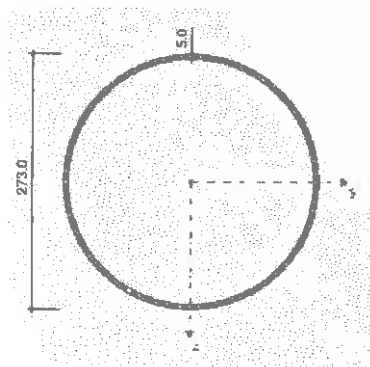
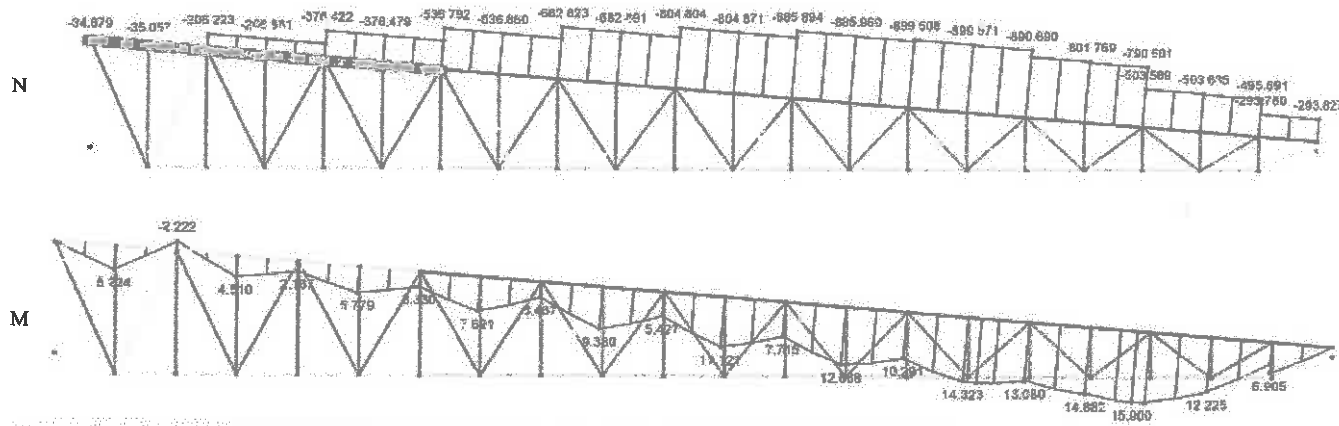
$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{899.571}{\left(\frac{1.00 \cdot 1182}{1.00} \right)} + 0.514 \cdot \left(\frac{14.325}{100.58} \right) + 0.856 \cdot \left(\frac{0}{100.58} \right) = 0.834$$

$$0.834 \leq 1.00$$

Vyhovuje

5.8.3 POSOUZENÍ - Horní pás, část 2



$$N_{Ed} = 376.479 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 5.799 \text{ kNm}$$

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

$$A = 0.00421 \text{ m}^2$$

$$I_y = 3.78 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 3.78 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 3.59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 3.59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$f_y = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$L_{cry} = 1.411 \text{ m}$$

$$L_{crz} = 1.411 \text{ m}$$

Výpočet dle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3 metody 2

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cry}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (3.78 \cdot 10^{-5})}{1.411^2}$$

$$N_{cr,y} = 3.935 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{crz}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (3.78 \cdot 10^{-5})}{1.411^2}$$

$$N_{cr,z} = 3.935 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0.00421 \cdot (235 \cdot 10^3)}{39350}}$$

$$\lambda_y = 0.159$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0.00421 \cdot (235 \cdot 10^3)}{39350}}$$

$$\lambda_z = 0.159$$

$$\alpha = 0.49$$

$$\phi_y = 0.5 \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2 \right] = 0.5 \left[1 + 0.49 \cdot (0.159 - 0.2) + 0.159^2 \right]$$

$$\phi_y = 0.503$$

$$\phi_z = 0.5 \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2 \right] = 0.5 \left[1 + 0.49 \cdot (0.159 - 0.2) + 0.159^2 \right]$$

$$\phi_z = 0.503$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)}} = \frac{1}{(0.503 + \sqrt{0.503^2 - 0.159^2})}$$

$$\chi_y = 1.02$$

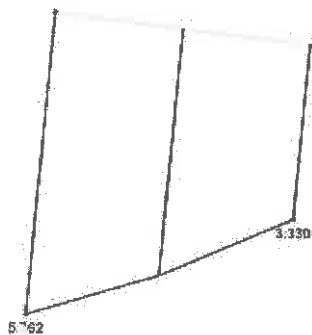
$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)}} = \frac{1}{(0.503 + \sqrt{0.503^2 - 0.159^2})}$$

$$\chi_z = 1.02$$

$$\psi = 0.578$$

$$C_{my} = 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.6 + 0.4 \cdot 0.578$$

$$C_{my} = 0.831$$



$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 0.00421 \cdot (235 \cdot 10^3)$$

=> uvažuje se jako prostý tlak $\chi = 1$

$$N_{Rk} = 989.35 \text{ kN}$$

interakční součinitele:

$$C_{my} = 0.831$$

$$C_{mz} = 0.831$$

k_{yy}

$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right] \leq C_{my} \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right]$$

$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right] = 0.831 \cdot \left[1 + (0.159 - 0.2) \cdot \left(\frac{376.479}{\left(\frac{1.00 \cdot 989.35}{1.00} \right)} \right) \right] = 0.818$$

$$C_{my} \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \right] = 0.831 \cdot \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{376.479}{\left(\frac{1.00 \cdot 989.35}{1.00} \right)} \right) \right] = 1.084$$

$$0.818 \leq 1.084$$

$$k_{yy} = 0.818$$

k_{zz}

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \right] \leq C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \right]$$

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \right] = 0.831 \cdot \left[1 + (0.159 - 0.2) \cdot \left(\frac{376.479}{\left(\frac{1.00 \cdot 989.35}{1.00} \right)} \right) \right] = 0.818$$

$$C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \right] = 0.831 \cdot \left[1 + 0.8 \cdot \left(\frac{376.479}{\left(\frac{1.00 \cdot 989.35}{1.00} \right)} \right) \right] = 1.084$$

$$0.818 \leq 1.084$$

$$k_{zz} = 0.818$$

k_{yz}

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{yz} = 0.491$$

k_{zy}

$$k_{zy} = 0.6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0.491$$

Posouzení:

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{3.59 \cdot 10^{-4} \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{y,Rd} = 84.365 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{3.59 \cdot 10^{-4} \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{z,Rd} = 84.365 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{X_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right)} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{X_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right)} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{376.479}{\left(\frac{1.00 \cdot 989.35}{1.00}\right)} + 0.818 \cdot \left(\frac{5.799}{84.365}\right) + 0.491 \cdot \left(\frac{0}{84.365}\right) = 0.437$$

$$0.437 \leq 1.00$$

Vyhovuje

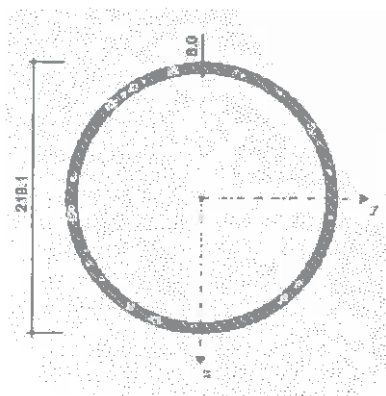
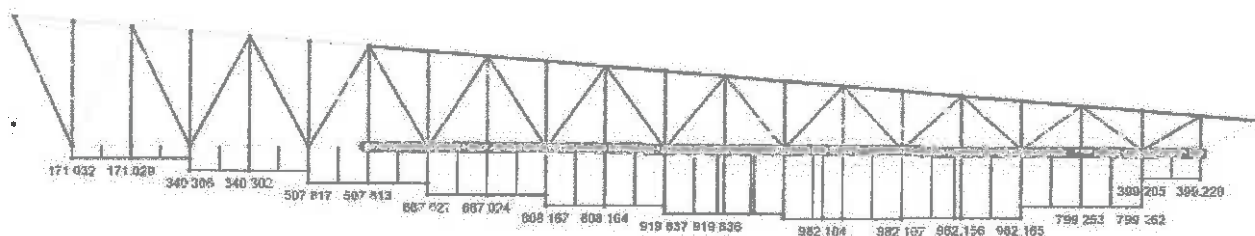
$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{X_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right)} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{X_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right)} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{376.479}{\left(\frac{1.00 \cdot 989.35}{1.00}\right)} + 0.491 \cdot \left(\frac{5.799}{84.365}\right) + 0.818 \cdot \left(\frac{0}{84.365}\right) = 0.414$$

$$0.414 \leq 1.00$$

Vyhovuje

5.8.4 POSOUZENÍ - Dolní pás, část 1



$$N_{t,Ed} = 982.107 \text{ kN}$$

$$A = 0.00531 \text{ m}^2$$

$$f_y = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.00531 \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$N_{t,Rd} = 1.248 \times 10^3 \text{ kN}$$

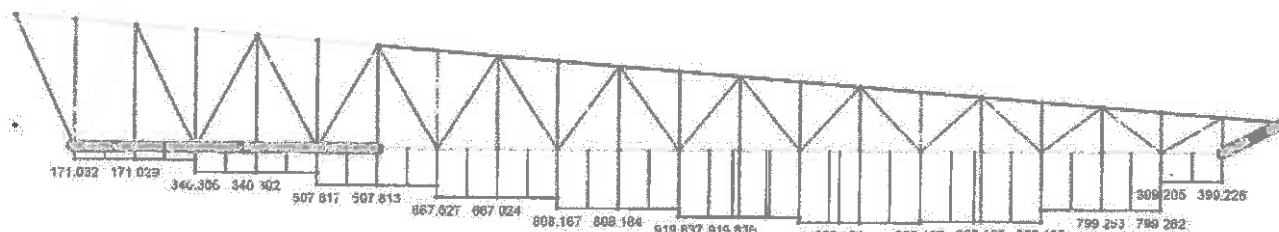
$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1.0$$

$$\frac{982.107}{1248} = 0.787$$

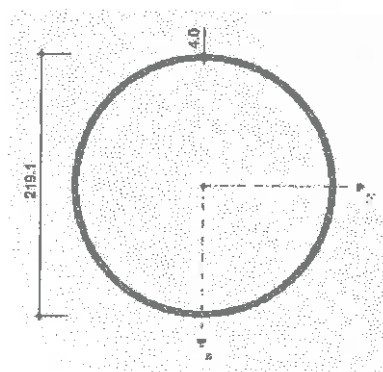
$$0.787 < 1.00$$

Vyhovuje

5.8.5 POSOUZENÍ - Dolní pás, část 2



$$N_{tEd} = 507.813 \text{ kN}$$



$$A = 0.0027 \text{ m}^2$$

$$f_y = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$N_{tRd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.0027 \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$N_{tRd} = 634.5 \text{ kN}$$

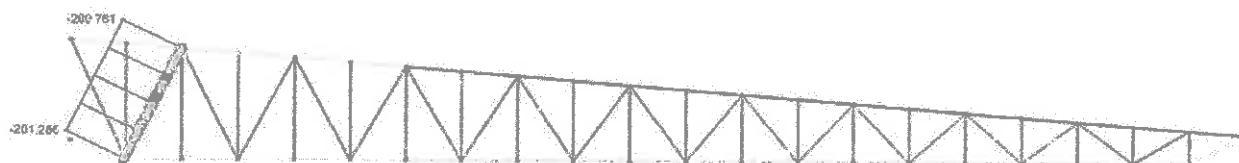
$$\frac{N_{tEd}}{N_{tRd}} \leq 1.0$$

$$\frac{507.813}{634.5} = 0.8$$

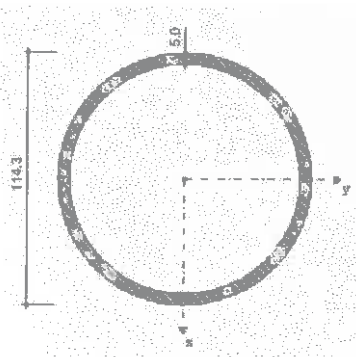
$$0.8 < 1.00$$

Vyhovuje

5.8.6 POSOUZENÍ - 1. tlačná diagonála



$$N_{Ed} = 201.286 \text{ kN}$$



$$A = 0.00172 \text{ m}^2$$

$$I_y = 2.57 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2.57 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{ply} = 5.98 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 5.98 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$L_{cry} = 3.212 \text{ m}$$

$$L_{crz} = 3.212 \text{ m}$$

$$f_y = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cry}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (2.57 \cdot 10^{-6})}{3.212^2}$$

$$N_{cr,y} = 516.299 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{crz}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (2.57 \cdot 10^{-6})}{3.212^2}$$

$$N_{cr,z} = 516.299 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0.00172 \cdot (235 \cdot 10^3)}{516.299}}$$

$$\lambda_y = 0.885$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0.00172 \cdot (235 \cdot 10^3)}{516.299}}$$

$$\lambda_z = 0.885$$

$$\alpha = 0.49$$

$$\phi_y = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.885 - 0.2) + 0.885^2]$$

$$\phi_y = 1.059$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.885 - 0.2) + 0.885^2]$$

$$\phi_z = 1.059$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)}} = \frac{1}{(1.059 + \sqrt{1.059^2 - 0.885^2})}$$

$$\chi_y = 0.61$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)}} = \frac{1}{(1.059 + \sqrt{1.059^2 - 0.885^2})}$$

$$\chi_z = 0.61$$

$$\chi = 0.61$$

$$N_{Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.61 \cdot 0.00172 \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

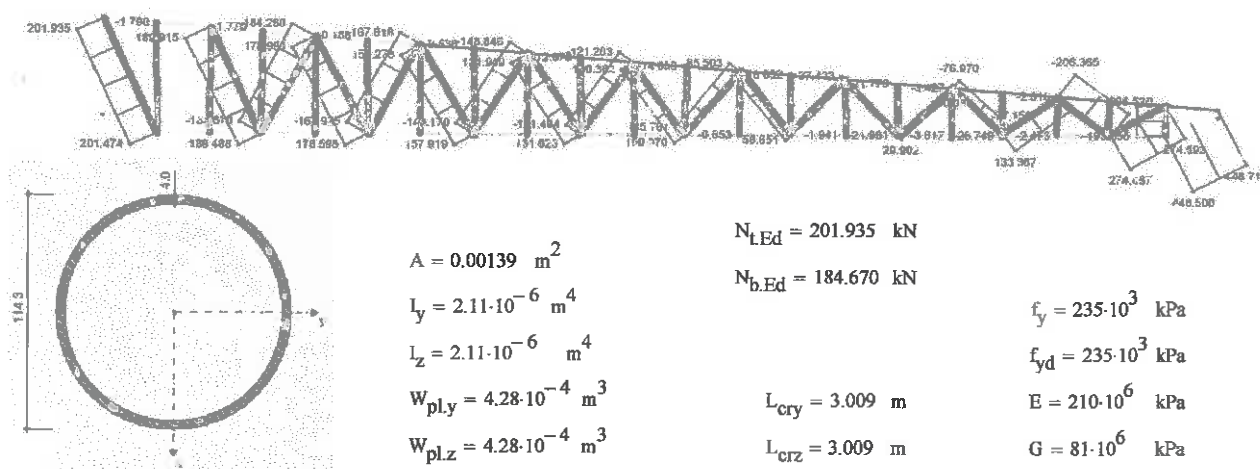
$$N_{Rd} = 246.562 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1.0$$

$$\frac{201.286}{246.562} = 0.816$$

$$0.816 < 1.00 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.8.7 POSOUZENÍ - diagonály a svislice vazníků



Vzpěr:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (2,11 \cdot 10^{-6})}{3,009^2}$$

$$N_{cr,y} = 483.011 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (2,11 \cdot 10^{-6})}{3,009^2}$$

$$N_{cr,z} = 483.011 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00139 \cdot (235 \cdot 10^3)}{483.011}}$$

$$\lambda_y = 0.822$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,00139 \cdot (235 \cdot 10^3)}{483.011}}$$

$$\lambda_z = 0.822$$

$$\alpha = 0.49$$

$$\phi_y = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2] = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.822 - 0.2) + 0.822^2]$$

$$\phi_y = 0.99$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2] =$$

$$\phi_z = 0.99$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)}} = \frac{1}{(0.99 + \sqrt{0.99^2 - 0.822^2})}$$

$$\chi_y = 0.649$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)}} = \frac{1}{(0.99 + \sqrt{0.99^2 - 0.822^2})}$$

$$\chi_z = 0.649$$

$$\chi = 0.649$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.649 \cdot 0.00139 \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$N_{b,Rd} = 211.99 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{b,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0$$

$$\frac{184.67}{211.99} = 0.871$$

$$0.871 < 1.00 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Tah:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.00139 \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$N_{t,Rd} = 326.65 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1.0$$

$$\frac{201.935}{326.65} = 0.618$$

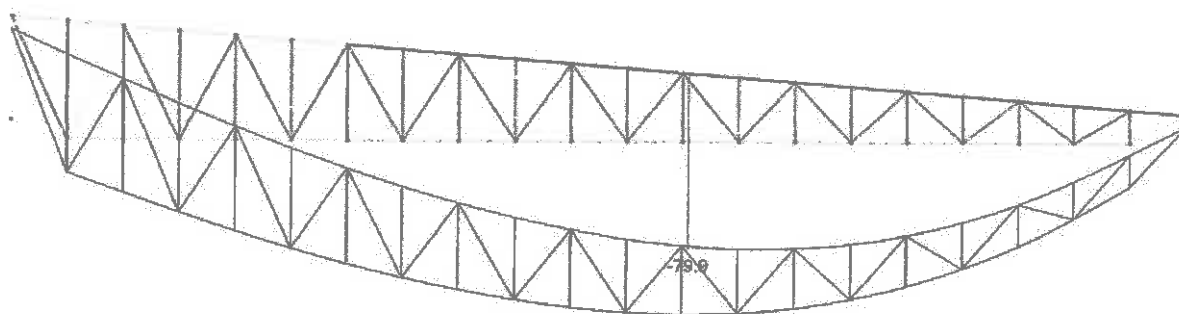
$$0.618 < 1.00 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Porovnání výsledků:

	Ruční výpočet	RFEM
Horní pás část 1	0,88	0,89
Horní pás část 2	0,44	0,44
Dolní pás část 1	0,79	0,79
Dolní pás část 2	0,80	0,80
Diagonála 1.flačená	0,82	0,84
Diagonály - tlak	0,87	0,89
Diagonály - tah	0,62	0,62

Výsledky jsou téměř stejné a rozdíly jsou "na stranu bezpečnou" další posouzení bude provedeno programem RFEM, výsledky jsou uvedeny na následujících obrázcích.

5.8.8 POSOUZENÍ - Vazník 1 - Průhyb



$$L_{\text{vazniku}} = 29547 \text{ mm}$$

$$u = 79.9 \text{ mm}$$

$$u_{\text{lim}} = \frac{L_{\text{vazniku}}}{300} = \frac{29547}{300}$$

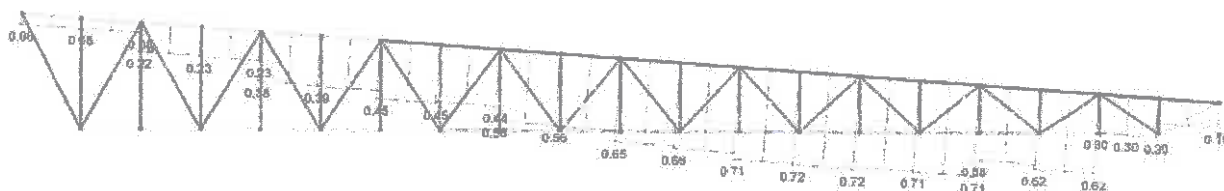
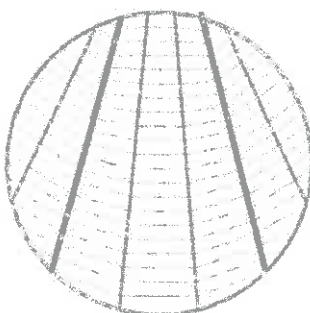
$$u_{\text{lim}} = 98.49 \text{ mm}$$

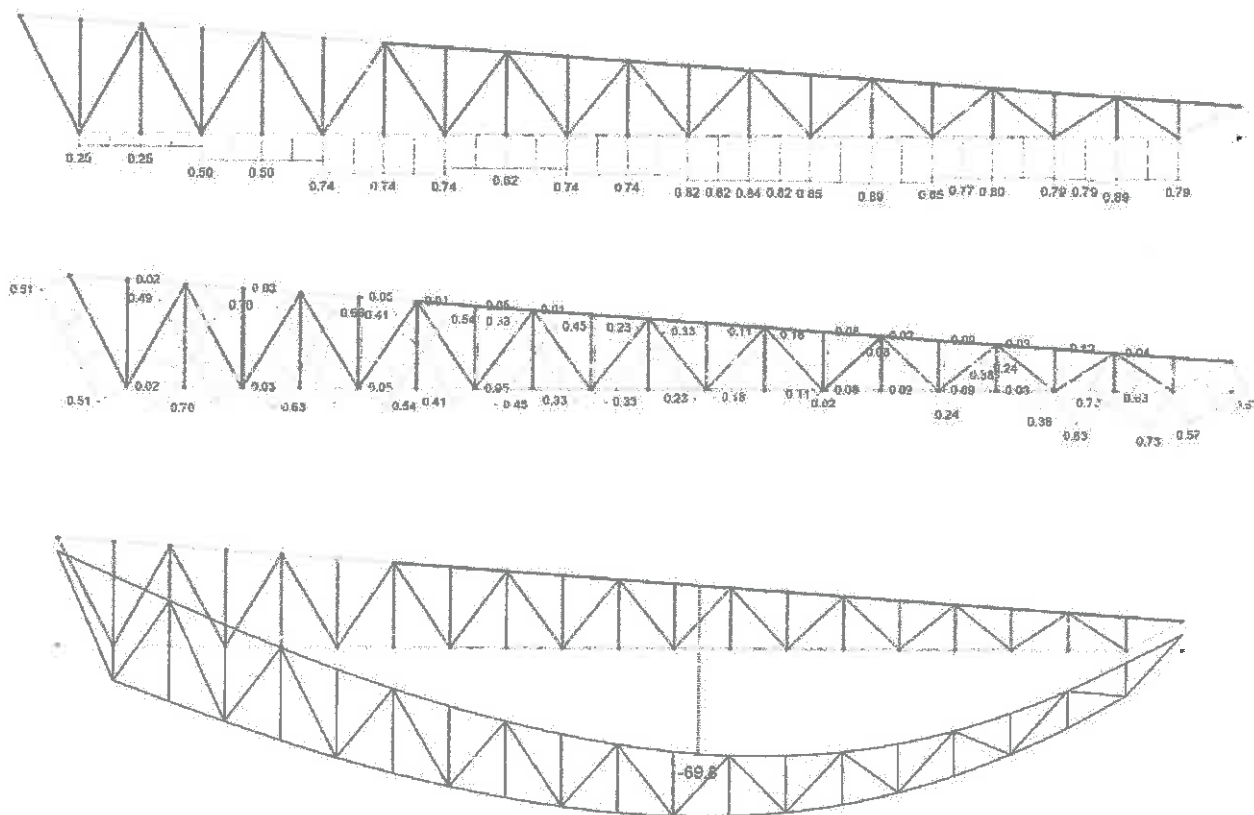
$$u \leq u_{\text{lim}}$$

$$79.9 \leq 98.49$$

Vyhovuje

5.8.9 POSOUZENÍ - Vazník 2





$$L_{\text{vazniku}} = 25980 \text{ mm}$$

$$u = 69.8 \text{ mm}$$

$$u_{\text{lim}} = \frac{L_{\text{vazniku}}}{300} = \frac{25980}{300}$$

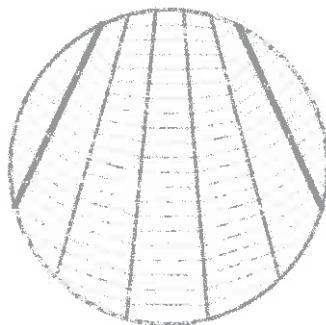
$$u_{\text{lim}} = 86.6 \text{ mm}$$

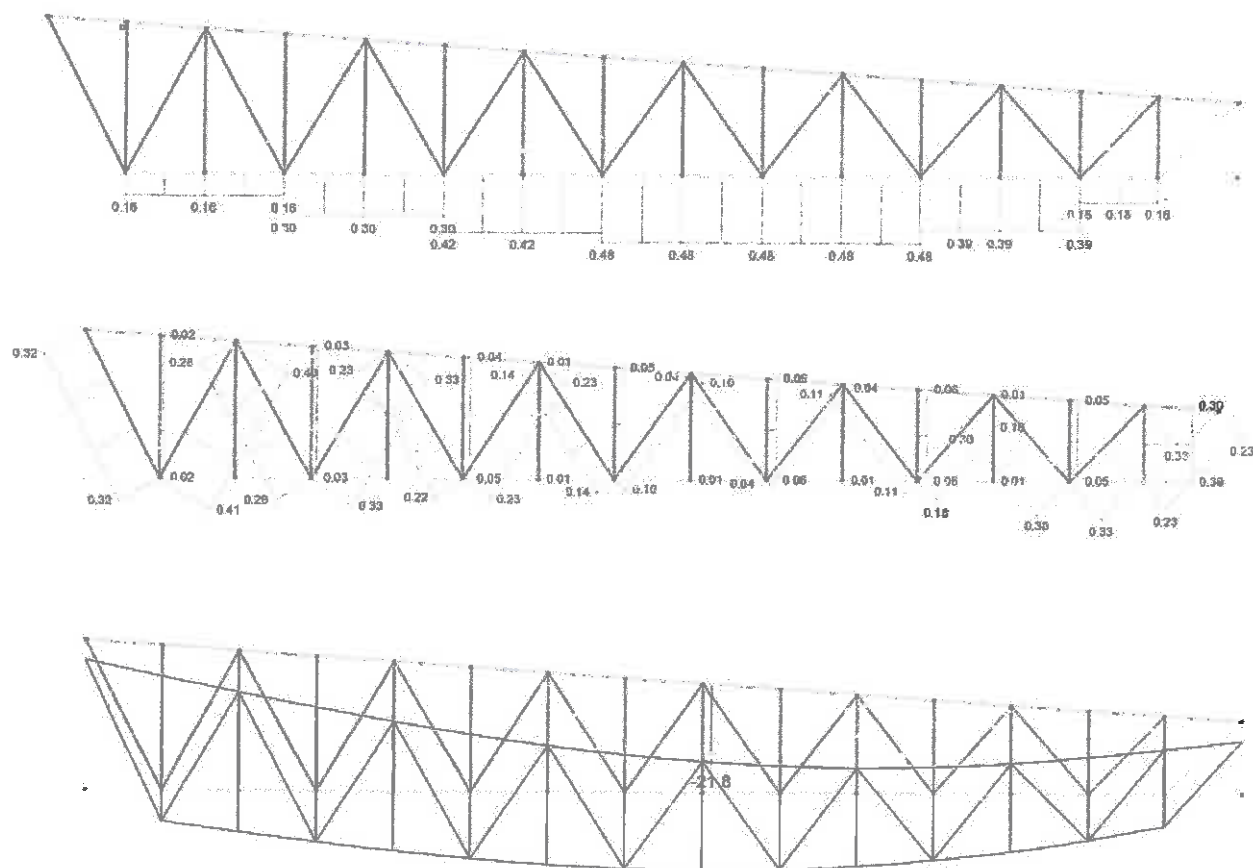
$$u \leq u_{\text{lim}}$$

$$69.8 \leq 86.6$$

Vyhovuje

5.8.10 POSOUZENÍ - Vazník 3





$$L_{\text{vazniku}} = 19290 \text{ mm}$$

$$u = 21.8 \text{ mm}$$

$$u_{\text{lim}} = \frac{L_{\text{vazniku}}}{300} = \frac{19290}{300}$$

$$u_{\text{lim}} = 64.3 \text{ mm}$$

$$u \leq u_{\text{lim}}$$

$$21.8 \leq 64.3$$

Vyhovuje

5.9 VAZNICE IV

BĚŽNÁ VAZNICE

OCELOVÝ PROFIL

Třída průřezu:

Délka:

Výška průřezu:

Šířka průřezu:

Tloušťka:

Poloměr zaoblení:

Plocha průřezu:

Moment setrvačnosti:

RHS 140x80x4

1

$L = 5,067$ mm

$h = 140$ mm

$b = 80$ mm

$t = 4$ mm

$r = 27$ mm

$A = 1650$ mm²

$I_y = 4300000$ mm⁴

$I_z = 1800000$ mm⁴

$W_{pl,y} = 75500$ mm³

$W_{pl,z} = 51300$ mm³

$m = 13$ kg m⁻¹

Plastický průřezový modul

Hmotnost profilu:

Materiál

Ocel:

Mez kluzu:

Návrhová mez kluzu:

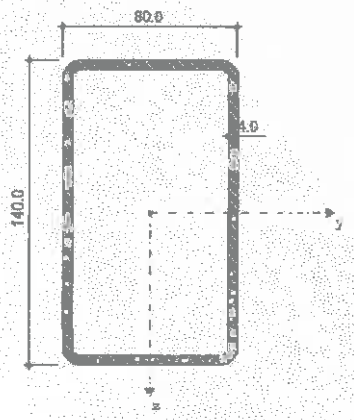
Modul pružnosti:

S 235

$f_y = 235$ MPa

$f_{yd} = 235$ MPa ($\gamma_{M0} = 1,0$)

$E_a = 210$ GPa



$$\varepsilon = 1$$

$$c_1 = 124 \text{ mm}$$

$$c_2 = 64 \text{ mm}$$

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

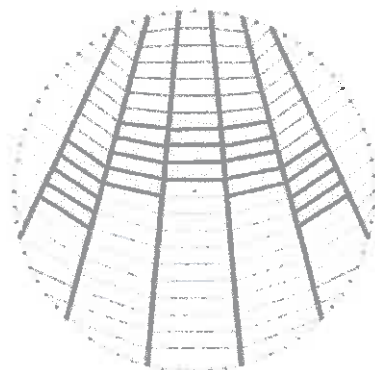
$$\frac{c_1}{t} \leq 72 - \varepsilon \quad \frac{124}{4} \leq 72$$

$$31 < 72$$

$$\frac{c_2}{t} \leq 33 - \varepsilon \quad \frac{64}{4} \leq 33$$

$$16 < 33$$

Průřez třídy 1



STÁLÉ

vlatní tíha vaznice

g_k	g_d ($\gamma = 1,35$)
0,130	0,176 kNm ⁻¹

Střešní plášť (skleněná střecha) F1

Střešní plášť (skleněná střecha) F2

G_k	G_d
1,144	1,545 kN
2,375	3,206 kN

PROMĚNNÉ

Sníh F1

Sníh F2

Q_k	Q_d ($\gamma = 1,5$)
0,915	1,373 kN
1,9	2,85 kN

Vnitřní síly:

$$F_{k1} = 2.06 \text{ kN} \quad F_{d1} = 2.917 \text{ kN}$$

$$F_{k2} = 4.275 \text{ kN} \quad F_{d2} = 6.06 \text{ kN}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$F_{d2} \cdot \frac{L}{3} + F_{d2} \cdot \frac{L \cdot 2}{3} + F_{d1} \cdot L - R_b \cdot L + g_d \cdot \frac{L^2}{2} = 0$$

$$R_b = \frac{F_{d2} \cdot \frac{L}{3} + F_{d2} \cdot \frac{L \cdot 2}{3} + F_{d1} \cdot L + g_d \cdot \frac{L^2}{2}}{L} = \frac{6.06 \cdot \left(\frac{5.067}{3}\right) + 6.06 \cdot \left(\frac{5.067 \cdot 2}{3}\right) + 2.917 \cdot 5.067 + 0.176 \cdot \left(\frac{5.067^2}{2}\right)}{5.067}$$

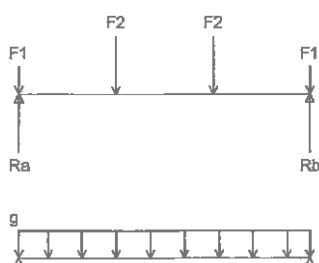
$$R_b = 9.423$$

$$\Sigma F = 0$$

$$F_{d1} + F_{d2} + F_{d2} + F_{d1} + g_d \cdot L - R_b - R_a = 0$$

$$R_a = F_{d1} + F_{d2} + F_{d2} + F_{d1} + g_d \cdot L - R_b = 2.917 + 6.06 + 6.06 + 2.917 + 0.176 \cdot 5.067 - 9.423$$

$$R_a = 9.423$$





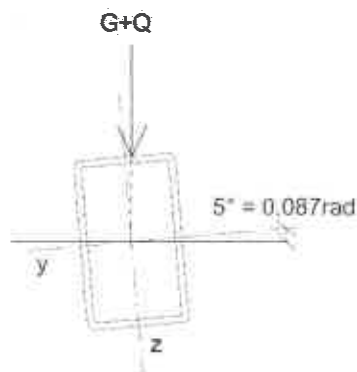
$$M_1 = R_a \cdot \frac{L}{3} - F_{d1} \cdot \frac{L}{3} - g_d \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{L}{6} = 9.423 \cdot \left(\frac{5.067}{3}\right) - 2.917 \cdot \left(\frac{5.067}{3}\right) - 0.176 \cdot \left(\frac{5.067}{3}\right) \cdot \left(\frac{5.067}{6}\right)$$

$$M_1 = 10.738 \text{ kNm}$$

$$M_2 = R_b \cdot \frac{L}{3} - F_{d1} \cdot \frac{L}{3} - g_d \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{L}{6} = 9.423 \cdot \left(\frac{5.067}{3}\right) - 2.917 \cdot \left(\frac{5.067}{3}\right) - 0.176 \cdot \left(\frac{5.067}{3}\right) \cdot \left(\frac{5.067}{6}\right)$$

$$M_2 = 10.738 \text{ kNm}$$

$$\beta = 0.087 \text{ rad}$$



$$M_{y,Ed} = M_2 \cdot \cos(\beta) = 10.738 \cdot \cos(0.087)$$

$$M_{y,Ed} = 10.697$$

$$M_{z,Ed} = M_2 \cdot \sin(\beta) = 10.738 \cdot \sin(0.087)$$

$$M_{z,Ed} = 0.933$$

$$V_{\max} = R_a - F_{d1} = 9.423 - 2.917$$

$$V_{\max} = 6.506 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = V_{\max} \cdot \cos(\beta) = 6.506 \cdot \cos(0.087)$$

$$V_{y,Ed} = 6.481$$

$$V_{z,Ed} = V_{\max} \cdot \sin(\beta) = 6.506 \cdot \sin(0.087)$$

$$V_{z,Ed} = 0.565$$

$$h = 0.140 \text{ mm}$$

$$b = 0.080 \text{ mm}$$

$$r = 0.008 \text{ mm}$$

$$t = 0.004 \text{ mm}$$

5.9.2 POSOUZENÍ - Smyk

$$A_{v,y} = (h - 2 \cdot r) \cdot t = (0.140 - 2 \cdot 0.008) \cdot 0.004$$

$$A_{v,y} = 4.96 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{v,z} = (b - 2 \cdot r) \cdot t = (0.080 - 2 \cdot 0.008) \cdot 0.004$$

$$A_{v,z} = 2.56 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{v,y} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0.000496 \cdot (235 \cdot 10^3)}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)}$$

$$V_{pl,y,Rd} = 67.296 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} \leq 1.0 \quad \frac{6.481}{67.296} = 0.096 < 1.0$$

Vyhovuje

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0.000256 \cdot (235 \cdot 10^3)}{(\sqrt{3} \cdot 1.00)}$$

$$V_{pl,z,Rd} = 34.733 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} \leq 1.0 \quad \frac{0.565}{34.733} = 0.016 < 1.0$$

Vyhovuje

5.9.3 POSOUZENÍ - dvouosý ohyb

$$A = 0.00165 \text{ m}^2$$

$$W_{pl,y} = 75.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$I_y = 4.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,z} = 51.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$I_z = 1.8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{75.5 \cdot 10^{-6} \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{pl,y,Rd} = 17.742 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{51.3 \cdot 10^{-6} \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{pl,z,Rd} = 12.055 \text{ kNm}$$

$$a_w = \frac{(A - 2 \cdot b \cdot t)}{A} =$$

$$a_w = 0.612$$

$$a_f = \frac{(A - 2 \cdot b \cdot t)}{A} = \frac{(0.00165 - 2 \cdot 0.140 \cdot 0.004)}{0.00165}$$

$$a_f = 0.321$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \quad N_{Ed} = 0 \Rightarrow n = 0$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot \frac{(1-n)}{(1-0.5 \cdot a_w)} = 17.742 \cdot \left[\frac{(1-0)}{(1-0.5 \cdot 0.612)} \right]$$

$$M_{N,y,Rd} = 25.565 \text{ kNm}$$

$$M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd} \Rightarrow \text{použito } M_{pl,y,Rd}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \cdot \frac{(1-n)}{(1-0.5 \cdot a_f)} = 12.055 \cdot \left[\frac{(1-0)}{(1-0.5 \cdot 0.321)} \right]$$

$$M_{N,z,Rd} = 14.36 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd} \Rightarrow \text{použito } M_{pl,z,Rd}$$

$$\alpha = \frac{1.66}{1 - 1.13 \cdot n} = \frac{1.66}{(1 - 1.13 \cdot 0)}$$

$$\alpha = 1.66$$

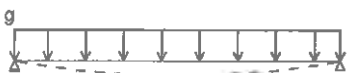
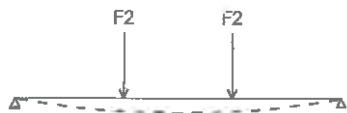
$$\beta = \alpha = 1.66$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta \leq 1.00$$

$$\left(\frac{10.697}{17.742} \right)^{1.66} + \left(\frac{0.933}{12.055} \right)^{1.66} = 0.446$$

$$0.446 < 1.00 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.9.4 POSOUZENÍ PRŮHYBU



$$\delta = \frac{1}{E \cdot I_y} \left(\frac{23}{648} \cdot F_{k2} \cdot L^3 + \frac{5}{384} \cdot g_k \cdot L^4 \right) = \frac{1}{[210 \cdot 10^6 \cdot (4.3 \cdot 10^{-6})]} \left(\frac{23}{648} \cdot 4.275 \cdot 5.067^3 + \frac{5}{384} \cdot 0.13 \cdot 5.067^4 \right)$$

$$\delta = 0.023$$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{200} = \frac{5.067}{200}$$

$$\delta_{\max} = 0.025$$

$$\delta_1 \leq \delta_{\max}$$

$$23 \leq 25 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.9.5 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

ruční výpočet

vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 10.697 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0.933 \text{ kNm}$$

Výsledky z programu RFEM

$$N_{Ed} = 11.988 \text{ kN}$$

$$M_y = 10.463 \text{ kNm}$$

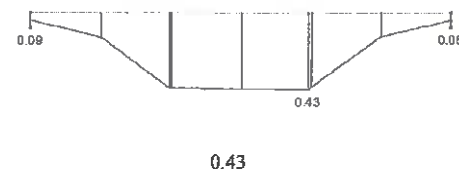
$$M_z = 0.905 \text{ kNm}$$

posouzení:

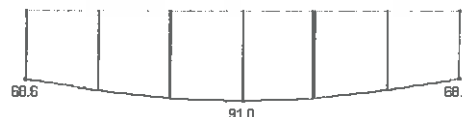
$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta \leq 1.00$$

$$\left(\frac{10.697}{17.742} \right)^{1.66} + \left(\frac{0.933}{12.055} \right)^{1.66} = 0.446$$

RF-STEELE03 PŘ3
Mezní stav únosnost



průhyb:



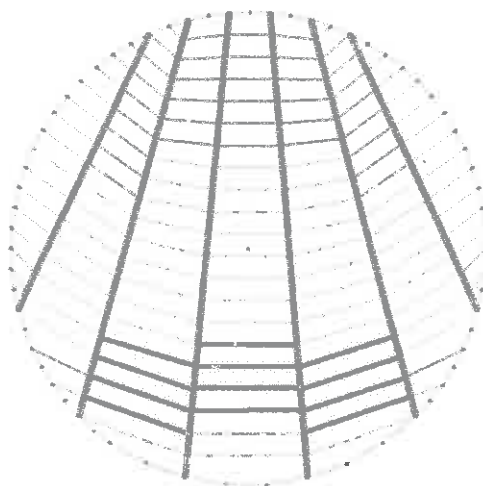
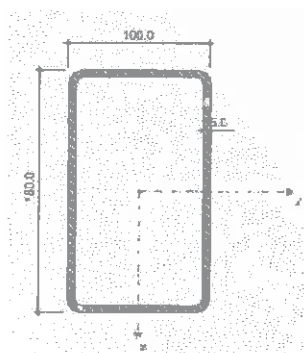
$$\delta = 23 \text{ mm}$$

$$\delta = 91 - \left(\frac{68.6 + 68.1}{2} \right) = 22.65 \text{ mm}$$

Poznámka:

Výsledky z programu RFEM se téměř shodují s výsledky provedené ručním výpočtem, proto se již dále budou používat hodnoty vnitřních sil spočítané programem RFEM.

Prvek: Vaznice II
profil RHS 180/100/5
materiál S 235
délka $L = 7,029 \text{ m}$



Průřezové charakteristiky:

$A = 2640 \text{ mm}^2$
 $I_y = 11240000 \text{ mm}^4$
 $I_z = 4520000 \text{ mm}^4$
 $W_{pl,y} = 154000 \text{ mm}^3$
 $W_{pl,z} = 103000 \text{ mm}^3$

Návrhové vnitřní síly:

$N_{Ed} = 32,902 \text{ kN}$
 $M_{y,Ed} = 20,041 \text{ kNm}$
 $M_{z,Ed} = 1,422 \text{ kNm}$

Posouzení na MSÚ

$N_{pl,Rd} = 620,4 \text{ kN}$
 $M_{pl,y,Rd} = 36,19 \text{ kNm}$
 $M_{pl,z,Rd} = 24,21 \text{ kNm}$
 $a_w = 0,6212$
 $a_z = 0,3182$
 $M_{N,y,Rd} = 49,711 \text{ kNm}$
 $M_{N,z,Rd} = 27,258 \text{ kNm}$
 $\alpha = 1,6653$
 $\beta = 1,6653$

$n = 0,053$
 $b = 100 \text{ mm}$
 $h = 180 \text{ mm}$
 $t = 5 \text{ mm}$

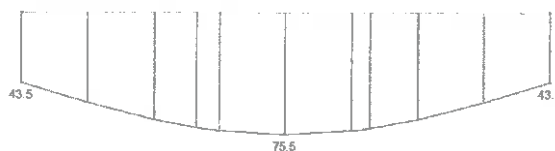
$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta \leq 1,00$$

$$0,3737 + 0,0089 \leq 1,00$$

$$0,3827 \leq 1,00$$

Vyhovuje

Posouzení na MSP



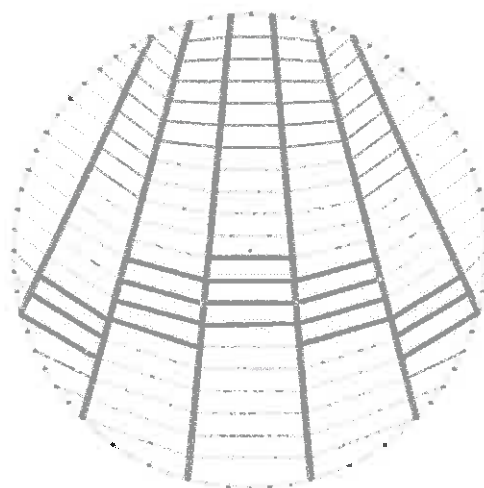
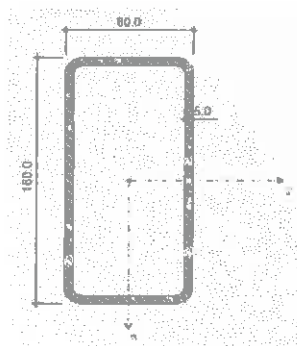
$u = 32,2 \text{ mm}$
 $u_{lim} = 35,145$
 $u / u_{lim} = 0,9162 \leq 1,00$

Vyhovuje

Prvek:

Vaznice III

profil RHS 160/80/5
materiál S 235
délka L= 6,048 m



Průřezové charakteristiky:

A= 2240 mm²
I_y= 7220000 mm⁴
I_z= 2440000 mm⁴
W_{pl,y}= 113000 mm³
W_{pl,z}= 69700 mm³

Návrhové vnitřní síly:

N_{Ed}= 18,788 kN
M_{y,Ed}= 14,958 kNm
M_{z,Ed}= 1,177 kNm

Posouzení na MSÚ

N_{pl,Rd}= 526,4 kN
M_{pl,y,Rd}= 26,56 kNm
M_{pl,z,Rd}= 16,38 kNm
a_w= 0,6429
a_t= 0,2857
M_{N,y,Rd}= 37,737 kNm
M_{N,z,Rd}= 18,427 kNm
α= 1,6624
β= 1,6624

n= 0,0357

b= 80 mm

h= 160 mm

t= 5 mm

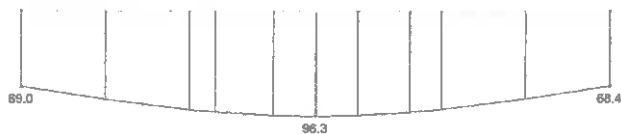
$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta \leq 1,00$$

$$0,3851 + 0,0126 \leq 1,00$$

$$0,3977 \leq 1,00$$

Vyhovuje

Posouzení na MSP



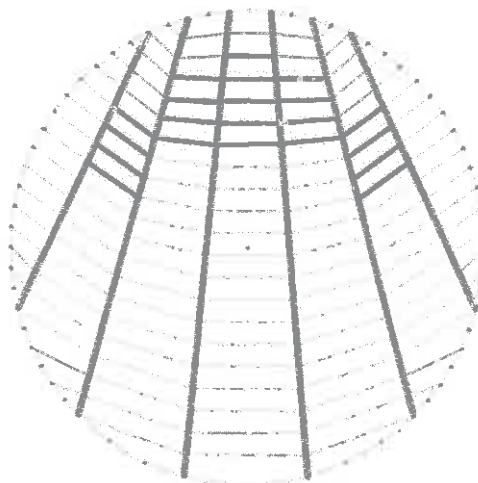
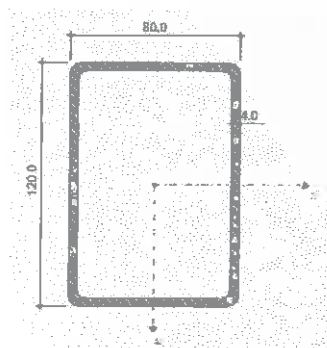
v= 27,6 mm
v_{lim}= 30,24
v / v_{lim}= 0,9127 ≤ 1,00

Vyhovuje

Prvek:

Vaznice V

profil RHS 120/80/4
materiál S 235
délka L= 4,086 m



Průřezové charakteristiky:

A= 1520 mm²
I_y= 3030000 mm⁴
I_x= 1610000 mm⁴
W_{pl,y}= 61200 mm³
W_{pl,x}= 46100 mm³

Návrhové vnitřní síly:

N_{Ed}= 14,035 kN
M_{y,Ed}= 6,749 kNm
M_{z,Ed}= 0,612 kNm

Posouzení na MSÚ

N_{pl,Rd}= 357,2 kN
M_{pl,y,Rd}= 14,38 kNm
M_{pl,x,Rd}= 10,83 kNm
a_w= 0,5789
a_f= 0,3684
M_{Ny,Rd}= 19,446 kNm
M_{Nx,Rd}= 12,758 kNm
α= 1,6629
β= 1,6629

n= 0,0393

b= 80 mm
h= 120 mm
t= 4 mm

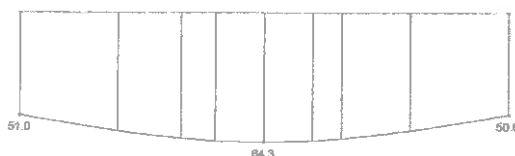
$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta \leq 1,00$$

$$0,2842 + 0,0084 \leq 1,00$$

$$0,2926 \leq 1,00$$

Vyhovuje

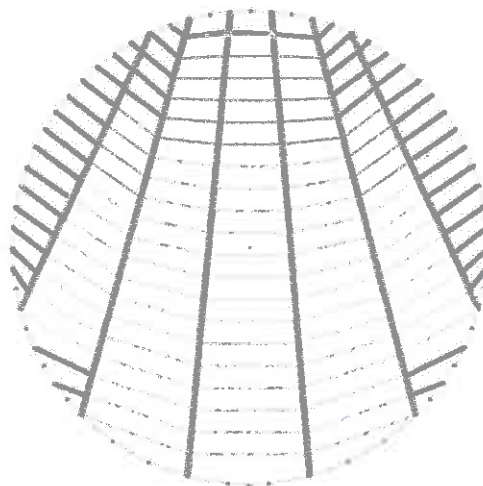
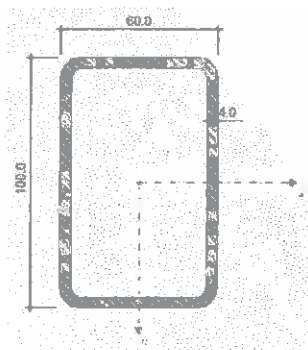
Posouzení na MSP



u= 13,5 mm
u_{lim}= 20,43
u / u_{lim}= 0,6608 ≤ 1,00

Vyhovuje

Prvek: Vaznice VI
profil RHS 100/60/4
materiál S 235
délka L= 3,568 m



Průřezové charakteristiky:

A= 1170 mm²
I_y= 1530000 mm⁴
I_z= 687000 mm⁴
W_{pl,y}= 37900 mm³
W_{pl,z}= 26600 mm³

Návrhové vnitřní síly:

N_{Ed}= 13,937 kN
M_{y,Ed}= 5,036 kNm
M_{z,Ed}= 0,419 kNm

Posouzení na MSÚ

N_{pl,Rd}= 274,95 kN
M_{pl,y,Rd}= 8,91 kNm
M_{pl,z,Rd}= 6,25 kNm
a_w= 0,5897
a_f= 0,3162
M_{Ny,Rd}= 11,991 kNm
M_{Nx,Rd}= 7,0487 kNm
α= 1,6648
β= 1,6648

n= 0,0507
b= 60 mm
h= 100 mm
t= 4 mm

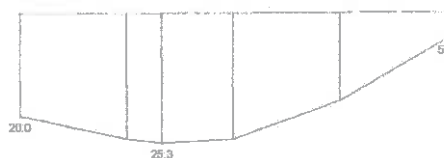
$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta \leq 1,00$$

$$0,387 + 0,0111 \leq 1,00$$

$$0,3982 \leq 1,00$$

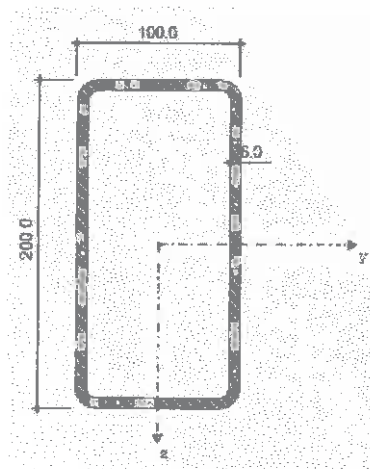
Vyhovuje

Posouzení na MSP



u= 12,65 mm
u_{lim}= 17,84
u / u_{lim}= 0,7091 ≤ 1,00

Vyhovuje



$$\epsilon = 1$$

$$c_1 = 176 \text{ mm}$$

$$c_2 = 76 \text{ mm}$$

$$t = 6 \text{ mm}$$

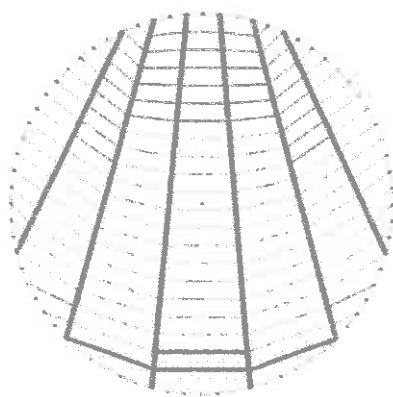
$$\frac{c_1}{t} \leq 72 \cdot \epsilon \quad \frac{176}{6} \leq 72$$

$$29.33 < 72$$

$$\frac{c_2}{t} \leq 33 \cdot \epsilon \quad \frac{76}{6} \leq 33$$

$$12.6 < 33$$

Průřez třídy 1



$$L_{cry} = 7.519 \text{ m}$$

$$L_{crz} = 7.519 \text{ m}$$

5.10 VAZNICE I

NEJVÍCE NAMÁHANÁ VAZNICE dle RFEM

OCELOVÝ PROFIL

Třída průřezu:

Délka:

Výška průřezu:

Šířka průřezu:

Tloušťka:

Poloměr zaoblení:

Plocha průřezu:

Moment setrvačnosti:

Plastický průřezový modul

Hmotnost profilu:

Materiál

Ocel:

Mez kluzu:

Návrhová mez kluzu:

Modul pružnosti:

RHS 200x100x6

1

$L = 7519 \text{ mm}$

$h = 200 \text{ mm}$

$b = 100 \text{ mm}$

$t = 6 \text{ mm}$

$r = 12 \text{ mm}$

$A = 3360 \text{ mm}^2$

$I_y = 17\,030\,000 \text{ mm}^4$

$I_z = 5\,770\,000 \text{ mm}^4$

$W_{pl,y} = 213\,000 \text{ mm}^3$

$W_{pl,z} = 132\,000 \text{ mm}^3$

$m = 26,4 \text{ kg m}^{-1}$

S 235

$f_y = 235 \text{ MPa}$

$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$ ($\gamma_{M0} = 1,0$)

$E_a = 210 \text{ GPa}$

5.10.1 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

KZ 24

$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{snřh})$

Vnitřní síly dle programu RFEM

$$N_{Ed} = 66.893 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

$$M_{y,Ed} = 31.784 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 3.252 \text{ kNm}$$

5.10.2 POSOUZENÍ - Ohyb a osový tlak

Výpočet dle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3 metody 2

$$A = 0.00336 \text{ m}^2$$

$$I_y = 1.703 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 5.77 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_t = 1.417 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_w = 2.908 \cdot 10^{-9} \text{ m}^6$$

$$W_{pl,y} = 2.13 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 1.32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$i_y = 0.0712 \text{ m}$$

$$i_z = 0.0414 \text{ m}$$

$$y_0 = 0 \text{ m}$$

$$z_0 = 0 \text{ m}$$

$$f_y = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{yd} = 235 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1.00$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cry}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (1,703 \cdot 10^{-5})}{7,519^2}$$

$$N_{cr,y} = 624,329 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{crz}^2} = \frac{\pi^2 \cdot (210 \cdot 10^6) \cdot (5,77 \cdot 10^{-6})}{7,519^2}$$

$$N_{cr,z} = 211,531 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,00336 \cdot (235 \cdot 10^3)}{624,329}}$$

$$\lambda_y = 1,125$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{0,00336 \cdot (235 \cdot 10^3)}{211,531}}$$

$$\lambda_z = 1,932$$

$$\alpha = 0,34$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,125 - 0,2) + 1,125^2]$$

$$\phi_y = 1,29$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,932 - 0,2) + 1,932^2]$$

$$\phi_z = 2,661$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)}}$$

$$\chi_y = 0,52$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)}}$$

$$\chi_z = 0,223$$

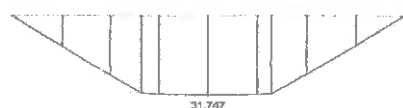
$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 0,00336 \cdot (235 \cdot 10^3)$$

$$N_{Rk} = 789,6 \text{ kN}$$

interakční součinitele:

$$C_{my} = 0,9$$

$$C_{mz} = 0,9$$



$$k_{yy}$$

$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \leq C_{my} \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right]$$

$$C_{my} \left[1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0,9 \cdot \left[1 + (1,125 - 0,2) \cdot \frac{66,893}{\left(\frac{0,52 \cdot 789,6}{1,00} \right)} \right] = 1,036$$

$$C_{my} \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \text{ explicit, ALL} \rightarrow 0,9 \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{66,893}{\left(\frac{0,52 \cdot 789,6}{1,00} \right)} \right] = 1,017$$

$$1,036 \leq 1,017$$

$$k_{yy} = 1,017$$

k_{zz}

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] \leq C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right]$$

$$C_{mz} \left[1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.9 \left[1 + (1.932 - 0.2) \cdot \frac{66.893}{\left(\frac{0.223 \cdot 789.6}{1.00} \right)} \right] = 1.492$$

$$C_{mz} \left[1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} \right] = 0.9 \left[1 + 0.8 \cdot \frac{66.893}{\left(\frac{0.223 \cdot 789.6}{1.00} \right)} \right] = 1.174$$

$$1.492 \leq 1.174$$

$$k_{zz} = 1.174$$

k_{yz}

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{yz} = 0.704$$

k_{zy}

$$k_{zy} = 0.6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0.61$$

Posouzení:

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{2.13 \cdot 10^{-4} \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{y,Rd} = 50.055$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{1.32 \cdot 10^{-4} \cdot (235 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$M_{z,Rd} = 31.02$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{66.893}{\left(\frac{0.52 \cdot 789.6}{1.00} \right)} + 1.017 \cdot \left(\frac{31.784}{50.055} \right) + 0.704 \cdot \left(\frac{3.252}{31.02} \right) = 0.882$$

$$0.882 \leq 1.00$$

Vyhovuje

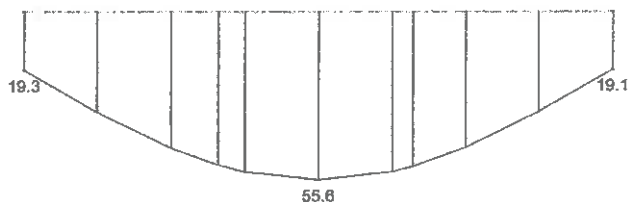
$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{66.893}{\left(\frac{0.223 \cdot 789.6}{1.00} \right)} + 0.61 \cdot \left(\frac{31.784}{50.055} \right) + 1.174 \cdot \left(\frac{3.252}{31.02} \right) = 0.89$$

$$0.89 \leq 1.00$$

Vyhovuje

5.10.3 POSOUZENÍ PRŮHYBU



$$\delta = 55.6 - \left(\frac{19.3 + 19.1}{2} \right) = 36.4$$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{200} = \frac{7519}{200}$$

$$\delta_{\max} = 37.595$$

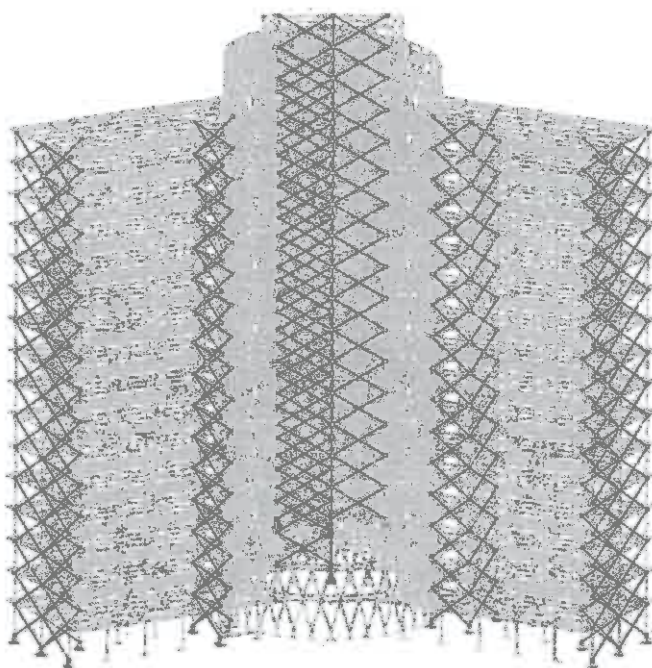
$$\delta_1 \leq \delta_{\max}$$

$$36.4 \leq 37.6\text{mm}$$

Vyhovuje

5.11 ZTUŽIDLA ADMINISTRATIVNÍ ČÁSTI

POSOUZENÍ NEJVÍCE NAMÁHANÉHO PRUTU



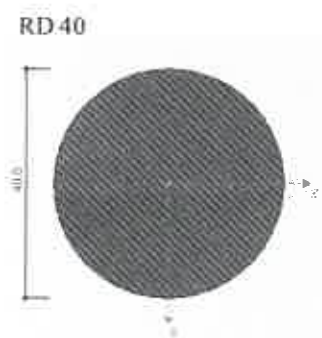
5.11.1 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

KZ 6

$$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{vitr B}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (\text{plně})$$

Vnitřní síly dle programu RFEM

5.11.2 POSOUZENÍ - Tah - Ztužidla v podlažích 1-8



$$N_{tEd} = 210.387 \text{ kN} \quad \text{prut č. 1462}$$

$$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$A = 0.001257 \text{ m}^2$$

$$f_{yd} = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$N_{tRd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.001257 \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$N_{tRd} = 446.2 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{tEd}}{N_{tRd}} \leq 1.0$$

$$\frac{210.387}{446.2} = 0.472$$

$$0.472 < 1.00 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.11.3 POSOUZENÍ - Tah - Ztužidla v podlažích 9-16



$$N_{tEd} = 139.663 \text{ kN}$$

prut č. 6794

$$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$A = 0.000707 \text{ m}^2$$

$$f_{yd} = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$N_{tRd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.000707 \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$E = 210 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$G = 81 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$N_{tRd} = 250.9 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{tEd}}{N_{tRd}} \leq 1.0$$

$$\frac{139.663}{250.9} = 0.557$$

$$0.557 < 1.00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Alternativně lze použít system Macalloy 460 v průměru R20

6 POSOUZENÍ SPOJŮ

6.1 SPOJ STROPNICE - PRŮVLAK

Stropnice běžná IPE 240, průvlak IPE 450

ŠROUBY:	2x M16 8.8
Průměr šroubu	$d = 16 \text{ mm}$
Průměr otvoru	$d_0 = 17 \text{ mm}$
Průměr hlavy šroubu	$d_m = 25.85 \text{ mm}$
Plocha dřívku šroubu	$A = 201 \text{ mm}^2$
Plocha jádra šroubu	$A_s = 157 \text{ mm}^2$
Počet šroubů	2

STYČNÍKOVÝ PLECH

Tloušťka	$t_p = 8 \text{ mm}$
Ocel:	S 235
Mez kluzu	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u = 360 \text{ MPa}$

STROPNICE

	IPE 240
Tloušťka stojny	$t_w = 6.2 \text{ mm}$
Ocel	S 235

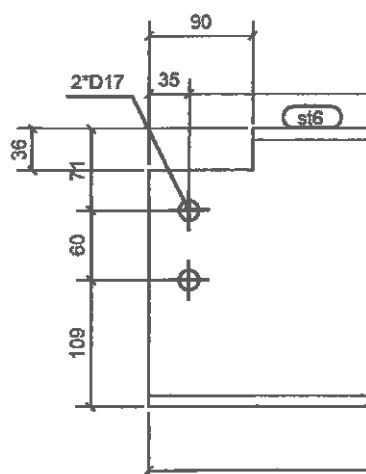
PRŮVLAK

	IPE 450
Tloušťka stojny	$t_{wp} = 9.4 \text{ mm}$
Ocel	S 235

Návrhové vnitřní síly: $V_{Ed} = 78.141 \text{ kN}$

Přípoj je navržen na sílu od stropnice v 2. fázi
další síly se na přípoj neuvažují z důvodu spřažení
stropnice s betonovou deskou.

Návrh a kontrola roztečí:



$$t = \min(t_p; t_w) = \min(8; 6.2) = 6.2 \text{ mm}$$

$$e_1 = e_2 = 40 \text{ mm}$$

$$e_{1,min} = e_{2,min} = 1.2 \cdot d_0 = 1.2 \cdot 17 = 20.4 \text{ mm}$$

$$e_{1,max} = e_{2,max} = 4 \cdot t + 40 = 4 \cdot 6.2 + 40 = 64.8 \text{ mm}$$

$$e_{1,min} \leq e_1 \leq e_{1,max}$$

$$20.4 \leq 35 \leq 64.8$$

Vyhovuje

$$p_1 = 60 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} = 2.2 \cdot d_0 = 2.2 \cdot 17 = 37.4 \text{ mm}$$

$$p_{1,max} = \min(14 \cdot t; 200) = \min(14 \cdot 6.2; 200) = 86.8 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} \leq p_1 \leq p_{1,max}$$

$$37.4 \leq 60 \leq 86.8$$

Vyhovuje

6.1.1 POSOUZENÍ - STŘIH

počet šroubů:

$$n_b = 2$$

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n_b} = \frac{78,141}{2}$$

$$F_{V,Ed} = 39,071 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = 0,6$$

Únosnost ve střihu:

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157}{1,25}$$

$$F_{V,Rd} = 60,288 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Ed} \leq F_{V,Rd}$$

$$39,071 \leq 60,29 \text{ kN} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

6.1.2 POSOUZENÍ - OTLAČENÍ

$$F_{V,Ed} = 39,071 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5) = \min(2,8 \cdot 35 / 17 - 1,7 ; 2,5) = \min(4,888 ; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_d = \min(e_1 / 3 \cdot d_0 ; (p_1 / 3 \cdot d_0) - 1/4) = \min(35 / 3 \cdot 17 ; 60 / 3 \cdot 17 - 1/4) = \min(0,784 ; 0,926) = 0,784$$

$$\alpha_b = \min(\alpha_d ; f_{ub} / f_u ; 1,0) = \min(0,784 ; 800 / 360 ; 1,00) = \min(0,77 ; 2,22 ; 1,00) = 0,784$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,784 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 8}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 7,225 \times 10^4 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} \leq F_{b,Rd}$$

$$39,071 \leq 72,25 \text{ kN} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

6.1.3 POSOUZENÍ - STYČNÍKOVÉHO PLECHU

plocha: $A_p = h \cdot t = 140 \cdot 8$

$$A_p = 1,12 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha:

$$A_{net} = A_p - n_b \cdot (d_0 \cdot t) = 140 \cdot 8 - 2 \cdot (17 \cdot 8)$$

$$A_{net} = 848 \text{ mm}^2$$

SMYK:

$$V_{Ed} = 39,071 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{[140 \cdot 8 - 2 \cdot (17 \cdot 8)] \cdot 360}{(\sqrt{3} \cdot 1,25)}$$

$$V_{c,Rd} = 1,41 \times 10^5 \text{ N}$$

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$39,071 \leq 141 \text{ kN} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

6.1.4 POSOUZENÍ - SVARU plech-průvlak

návrh: $a = 4 \text{ mm}$

délka: $l = h - 2 \cdot a = 140 - 2 \cdot 4$

$l = 132 \text{ mm}$

účinná plocha:

$$A_w = a \cdot l = 4 \cdot (140 - 2 \cdot 4)$$

$$A_w = 528 \text{ mm}^2$$

Moment:

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e = 39071 \cdot 45$$

$$M_{Ed} = 1.758 \times 10^6 \text{ kNm}$$

Modul průřezu svaru:

$$W_w = \frac{a \cdot l^2}{6} = \frac{4 \cdot 132^2}{6}$$

$$W_w = 1.162 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{W_w} = \frac{1.758 \cdot 10^6}{11620}$$

$$\sigma = 151.291 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{151.291}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{kol} = 106.979 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{151.291}{\sqrt{2}}$$

$$\tau_{kol} = 106.979 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rov} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot A_w} = \frac{39071}{2 \cdot 528}$$

$$\tau_{rov} = 36.999 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{rov}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \rightarrow \sqrt{106.979^2 + 3 \cdot (106.979^2 + 36.999^2)} \leq \frac{360}{(0.8 \cdot 1.25)}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{rov}^2)} = \sqrt{106.979^2 + 3 \cdot (106.979^2 + 36.999^2)} = 223.349 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{(0.8 \cdot 1.25)} = 360 \text{ MPa}$$

$$223.35 \leq 360$$

Vyhovuje

$$\sigma_{kol} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow 106.979 \leq \frac{0.9 \cdot 360}{1.25}$$

$$\frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow \frac{0.9 \cdot 360}{1.25} = 259.2 \text{ MPa}$$

$$106.979 \leq 259.2$$

Vyhovuje

6.2 SPOJ PRŮVLAK SLOUP

Průvlak běžný IPE 450, Sloup HEB 500

ŠROUBY:	6x M12 8.8
Průměr šroubu	$d = 12 \text{ mm}$
Průměr otvoru	$d_0 = 13 \text{ mm}$
Průměr hlavy šroubu	$d_m = 20.45 \text{ mm}$
Plocha dřívku šroubu	$A = 113 \text{ mm}^2$
Plocha jádra šroubu	$A_s = 84.3 \text{ mm}^2$

Počet šroubů 6

ČELNÍ DESKA

Tloušťka	$t_p = 10 \text{ mm}$
Ocel:	S 235
Mez kluzu	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u = 360 \text{ MPa}$

PPRŮVLAK

IPE 450	
Tloušťka stojny	$t_w = 9.4 \text{ mm}$
Tloušťka pásnic	$t_f = 14.6 \text{ mm}$
Ocel	S 235

SLOUP

HEB 500	
Tloušťka pásnic	$t_f = 28 \text{ mm}$
Ocel	S 355

Návrhové vnitřní síly:

Vnitřní síly dle programu RFEM

KZ 23

$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{plné}) + 1,5 \cdot 0,6 \cdot (\text{vitr B})$

Prut č. 10 552

$$V_{z,Ed} = 114.927 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 41.221 \text{ kN}$$

Vnitřní síly dle ručního výpočtu:

$$V_{z,Ed} = 130.23 \text{ kN}$$

Návrh a kontrola roztečí:

$$t = \min(t_p; t_f) = \min(10; 28) = 10 \text{ mm}$$

$$e_1 = e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$e_{1,min} = e_{2,min} = 1.2 \cdot d_0 = 1.2 \cdot 13 = 15.6 \text{ mm}$$

$$e_{1,max} = e_{2,max} = 4 \cdot t + 40 = 4 \cdot 10 + 40 = 80 \text{ mm}$$

$$e_{1,min} \leq e_1 \leq e_{1,max}$$

$$15.6 \leq 50 \leq 80$$

Vyhovuje

$$p_1 = 100 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} = 2.2 \cdot d_0 = 2.2 \cdot 13 = 28.6 \text{ mm}$$

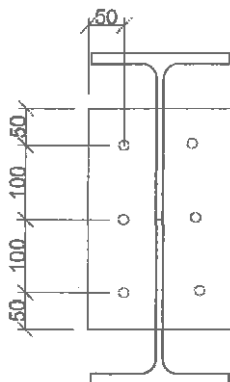
$$p_{1,max} = \min(14 \cdot t; 200) = \min(14 \cdot 10; 200) = 140 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} \leq p_1 \leq p_{1,max}$$

$$28.6 \leq 100 \leq 140$$

Vyhovuje

Rozdíl v $V_{z,Ed}$ je dán použitým součinitelem α_n který je zahrnut v ZS 23



počet šroubů:

$$n_b = 6$$

pro šrouby 8.8

$$\alpha_v = 0.6$$

6.2.1 POSOUZENÍ - STŘIH

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{n_b} = \frac{130.23}{6}$$

$$F_{V,Ed} = 21.705 \text{ kN}$$

Únosnost ve střihu:

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800 \cdot 84.3}{1.25}$$

$$F_{V,Rd} = 32.371 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Ed} \leq F_{V,Rd}$$

$$21.705 \leq 32.371 \text{ kN}$$

Vyhovuje

6.2.2 POSOUZENÍ - OTLAČENÍ

$$F_{V,Ed} = 21.705 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min((2.8 \cdot e_2 / d_0) - 1.7; 2.5) = \min((2.8 \cdot 50 / 13) - 1.7; 2.5) = \min(9.069; 2.5) = 2.5$$

$$\alpha_d = \min(e_1 / 3 \cdot d_0; (p_1 / 3 \cdot d_0) - 1/4) = \min(50 / 3 \cdot 13; 100 / 3 \cdot 13 - 1/4) = \min(1.282; 2.314) = 1.282$$

$$\alpha_b = \min(\alpha_d; f_{ub} / f_u; 1.0) = \min(1.282; 800 / 360; 1.00) = \min(1.282; 2.22; 1.00) = 1.00$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2.5 \cdot 1.00 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 10}{1.25}$$

$$F_{b,Rd} = 8.64 \times 10^4 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} \leq F_{b,Rd}$$

$$21.705 \leq 86.4 \text{ kN}$$

Vyhovuje

6.2.3 POSOUZENÍ - TAH

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n_b} = \frac{41.221}{6}$$

$$F_{t,Ed} = 6.87 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 84.3 \cdot 800}{1.25}$$

$$F_{t,Rd} = 4.856 \times 10^4 \text{ N}$$

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

$$6.87 \leq 48.560 \text{ kN}$$

Vyhovuje

6.2.4 POSOUZENÍ - PROTLAČENÍ

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot 20.45 \cdot 10 \cdot 360}{1.25}$$

$$B_{p,Rd} = 1.11 \times 10^5 \text{ N}$$

$$F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$$

$$6.87 \leq 111 \text{ kN}$$

Vyhovuje

6.2.5 POSOUZENÍ - ČELNÍ DESKY

plocha: $A_p = b \cdot t = 300 \cdot 10$

$$A_p = 3 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha:

$$A_{net} = A_p - n_b \cdot (d_0 \cdot t) = 300 \cdot 10 - 3 \cdot (13 \cdot 10)$$

$$A_{net} = 2.61 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$V_{z.Ed} = 130.23 \text{ kN}$$

$$V_{c.Rd} = \frac{A_{net} f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{[300 \cdot 10 - 3 \cdot (13 \cdot 10)] \cdot 360}{(\sqrt{3} \cdot 1.25)}$$

$$V_{c.Rd} = 4.34 \times 10^5 \text{ N}$$

$$V_{Ed} \leq V_{c.Rd}$$

$$130.23 \leq 434 \text{ kN}$$

Vyhovuje

6.2.6 POSOUZENÍ - SVARU stojna - čelní deska

návrh: $a = 5 \text{ mm}$

délka: $l = h - 2 \cdot a = 300 - 2 \cdot 5$

$$l = 290 \text{ mm}$$

účinná plocha:

$$A_w = a \cdot l = 5 \cdot (300 - 2 \cdot 5)$$

$$A_w = 1.45 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{41221}{1450}$$

$$\sigma = 28.428 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{28.428}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{kol} = 20.102 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{28.428}{\sqrt{2}}$$

$$\tau_{kol} = 20.102 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rov} = \frac{V_{z.Ed}}{2A_w} = \frac{130230}{(2 \cdot 1450)}$$

$$\tau_{rov} = 44.907 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{rov}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \rightarrow \sqrt{20.102^2 + 3 \cdot (20.102^2 + 44.907^2)} \leq \frac{360}{(0.8 \cdot 1.25)}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{rov}^2)} = \sqrt{20.102^2 + 3 \cdot (20.102^2 + 44.907^2)} = 87.557 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{(0.8 \cdot 1.25)} = 360 \text{ MPa}$$

$$87.557 \leq 360$$

Vyhovuje

$$\sigma_{kol} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow 20.102 \leq \frac{0.9 \cdot 360}{1.25}$$

$$\frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow \frac{0.9 \cdot 360}{1.25} = 259.2 \text{ MPa}$$

$$20.102 \leq 259.2$$

Vyhovuje

6.3 SPOJ ZTUŽIDLO - SLOUP

Ztužidlo (1.-8.) RD 40 na sloup HEB

ČEP:

Průměr šroubu	$d = 50 \text{ mm}$
Průměr otvoru	$d_0 = 51 \text{ mm}$
Plocha dířku šroubu	$A = 1260 \text{ mm}^2$
Elastický modul	$W_{el} = 6283,2 \text{ mm}^3$

PLECH

Tloušťka	$t_p = 25 \text{ mm}$
Ocel:	S 355
Mez kluzu	$f_y = 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u = 490 \text{ MPa}$

$$F_{Ed} = 359.116 \text{ kN}$$

$d = 0.050 \text{ m}$	$a = 0.02 \text{ m}$
$d_0 = 0.051 \text{ m}$	$b = 0.025 \text{ m}$
$t = 0.025 \text{ m}$	$c = 0.005 \text{ m}$

$$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{up} = 490 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$W_{el} = 12.2718 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$A = 0.00196 \text{ m}^2$$

Konstrukční zásady:

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3}$$

$$\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{359.116 \cdot 1.00}{2 \cdot 0.025 \cdot (355 \cdot 10^3)} + \frac{2 \cdot 0.051}{3} = 0.054$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3}$$

$$\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{359.116 \cdot 1.00}{2 \cdot 0.025 \cdot (355 \cdot 10^3)} + \frac{0.051}{3} = 0.037$$

únosnost ve stříhu:

$$F_{V,Rd} = \frac{0.6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 0.00196 \cdot (490 \cdot 10^3)}{1.25}$$

$$F_{V,Rd} = 460.99 \text{ kN}$$

únosnost plechu a čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1.5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.5 \cdot 0.025 \cdot 0.050 \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$F_{b,Rd} = 665 \text{ kN}$$

únosnost v ohybu:

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c + 2 \cdot a) = \frac{359.116}{8} \cdot (0.025 + 4 \cdot 0.005 + 2 \cdot 0.02)$$

$$M_{Ed} = 3.816 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{1.5 \cdot W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.5 \cdot (12.2718 \cdot 10^{-6}) \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

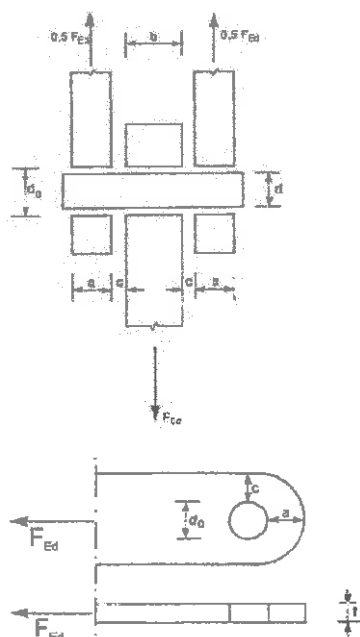
$$M_{Rd} = 6.535 \text{ kNm}$$

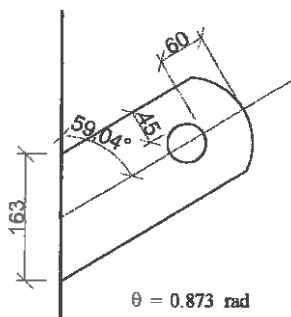
kombinace:

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{Ed}}{F_{V,Rd}} \right)^2 \leq 1.00$$

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{Ed}}{F_{V,Rd}} \right)^2 = \left(\frac{3.816}{6.535} \right)^2 + \left(\frac{359.116}{460.99} \right)^2 = 0.948$$

$0.948 < 1.00$ Vyhovuje





Posouzení svarů styčnickového plechu na sloup:

návrh: $a = 8 \text{ mm}$

délka:

$l = 160 \text{ mm}$

účinná plocha:

$A_w = a \cdot l = 8 \cdot 160$

$A_w = 1.28 \times 10^3 \text{ mm}^2$

$F_{rov} = \cos(\theta) \cdot F_{Ed} = \cos(0.873) \cdot 359.116$

$F_{rov} = 230.743$

$F_{kol} = \sin(\theta) \cdot F_{Ed} = \sin(0.873) \cdot 359.116$

$F_{kol} = 275.176$

$\sigma = \frac{F_{kol}}{3A_w} = \frac{275.176}{(3 \cdot 1280)}$

$\sigma = 71.66 \text{ MPa}$

$\sigma_{kol} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{71.66}{\sqrt{2}}$

$\sigma_{kol} = 50.671 \text{ MPa}$

$\tau_{kol} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{71.66}{\sqrt{2}}$

$\tau_{kol} = 50.671 \text{ MPa}$

$\tau_{rov} = \frac{F_{rov}}{3A_w} = \frac{230.743}{(3 \cdot 1280)}$

$\tau_{rov} = 60.089 \text{ MPa}$

$\beta_w = 0.8$

$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{rov}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \rightarrow \sqrt{50.671^2 + 3 \cdot (50.671^2 + 60.089^2)} \leq \frac{360}{(0.8 \cdot 1.25)}$

$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{rov}^2)} = \sqrt{50.671^2 + 3 \cdot (50.671^2 + 60.089^2)} = 145.266 \text{ MPa}$

$\frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{(0.8 \cdot 1.25)} = 360 \text{ MPa}$

$145.266 \leq 360$

Vyhovuje

$\sigma_{kol} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow 50.671 \leq \frac{0.9 \cdot 360}{1.25}$

$\frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow \frac{0.9 \cdot 360}{1.25} = 259.2 \text{ MPa}$

$60.089 \leq 259.2$

Vyhovuje

6.4 SPOJ ZTUŽIDLO - SLOUP

Ztužidlo (9.-16.) RD 40 na sloup HEB

ČEP:

Průměr šroubu	$d = 40 \text{ mm}$
Průměr otvoru	$d_0 = 41 \text{ mm}$
Plocha dřívku šroubu	$A = 1260 \text{ mm}^2$
Elastický modul	$W_{el} = 6283,2 \text{ mm}^3$

PLECH

Tloušťka	$t_p = 25 \text{ mm}$
Ocel:	S 355
Mez kluzu	$f_y = 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u = 490 \text{ MPa}$

$F_{Ed} = 139.663 \text{ kN}$ Prut č. 6974

$d = 0.035 \text{ m}$	$a = 0.015 \text{ m}$	$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$
$d_0 = 0.036 \text{ m}$	$b = 0.02 \text{ m}$	$f_{up} = 490 \cdot 10^3 \text{ kPa}$
$t = 0.02 \text{ m}$	$c = 0.005 \text{ m}$	$W_{el} = 4.2092 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
		$A = 0.000962 \text{ m}^2$

Konstrukční zásady:

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} \quad \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{139.663 \cdot 1.00}{2 \cdot 0.02 \cdot (355 \cdot 10^3)} + \frac{2 \cdot 0.036}{3} = 0.034$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} \quad \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{139.663 \cdot 1.00}{2 \cdot 0.02 \cdot (355 \cdot 10^3)} + \frac{0.036}{3} = 0.022$$

únosnost ve stříhu:

$$F_{V,Rd} = \frac{0.6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 0.000962 \cdot (490 \cdot 10^3)}{1.25}$$

$$F_{V,Rd} = 226.26 \text{ kN}$$

únosnost plechu a čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1.5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.5 \cdot 0.02 \cdot 0.035 \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$F_{b,Rd} = 372 \text{ kN}$$

únosnost v ohybu:

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4c + 2a) = \frac{139.663}{8} \cdot (0.02 + 4 \cdot 0.005 + 2 \cdot 0.015)$$

$$M_{Ed} = 1.222 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{1.5 \cdot W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.5 \cdot (4.2092 \cdot 10^{-6}) \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

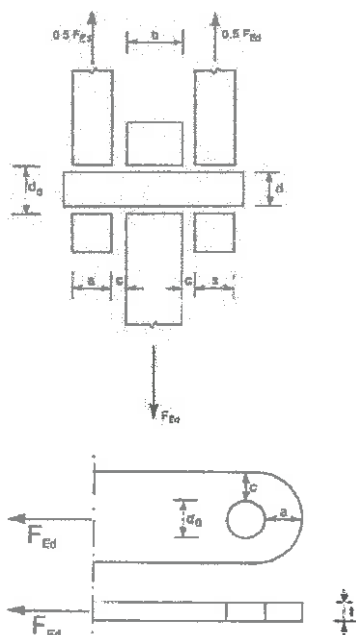
$$M_{Rd} = 2.241 \text{ kNm}$$

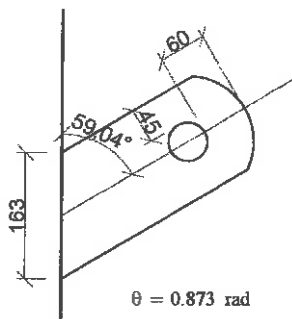
kombinace:

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{Ed}}{F_{V,Rd}} \right)^2 \leq 1.00$$

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{Ed}}{F_{V,Rd}} \right)^2 = \left(\frac{1.222}{2.241} \right)^2 + \left(\frac{139.663}{226.26} \right)^2 = 0.678$$

0.678 < 1.00 **Vyhovuje**





Posouzení svarů styčnickového plechu na sloup:

návrh: $a = 6 \text{ mm}$

délka

$l = 160 \text{ mm}$

účinná plocha:

$A_w = a \cdot l = 6 \cdot 160$

$A_w = 960 \text{ mm}^2$

$F_{rov} = \cos(\theta) \cdot F_{Ed} = \cos(0.873) \cdot 139.663$

$F_{rov} = 89.738 \text{ kN}$

$F_{kol} = \sin(\theta) \cdot F_{Ed} = \sin(0.873) \cdot 139.663$

$F_{kol} = 107.018 \text{ kN}$

$\sigma = \frac{F_{kol}}{3A_w} = \frac{107018}{(3 \cdot 960)}$

$\sigma = 37.159 \text{ MPa}$

$\sigma_{kol} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{37.159}{\sqrt{2}}$

$\sigma_{kol} = 26.275 \text{ MPa}$

$\tau_{kol} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{37.159}{\sqrt{2}}$

$\tau_{kol} = 26.275 \text{ MPa}$

$\tau_{rov} = \frac{F_{rov}}{3A_w} = \frac{89738}{(3 \cdot 960)}$

$\tau_{rov} = 31.159 \text{ MPa}$

$\beta_w = 0.8$

$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{rov}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \rightarrow \sqrt{26.275^2 + 3 \cdot (26.275^2 + 31.159^2)} \leq \frac{360}{(0.8 \cdot 1.25)}$

$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{rov}^2)} = \sqrt{26.275^2 + 3 \cdot (26.275^2 + 31.159^2)} = 75.327 \text{ MPa}$

$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{(0.8 \cdot 1.25)} = 360 \text{ MPa}$

$75.327 \leq 360$

Vyhovuje

$\sigma_{kol} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow 26.275 \leq \frac{0.9 \cdot 360}{1.25}$

$\frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow \frac{0.9 \cdot 360}{1.25} = 259.2 \text{ MPa}$

$31.159 \leq 259.2$

Vyhovuje

6.5 SPOJ VAZNICE VAZNÍK

Stropnice běžná IPE 240, průvlak IPE 450

ŠROUBY:	2x M12 6.8
Průměr šroubu	$d = 12 \text{ mm}$
Průměr otvoru	$d_0 = 13 \text{ mm}$
Průměr hlavy šroubu	$d_m = 20,45 \text{ mm}$
Plocha dřívku šroubu	$A = 113 \text{ mm}^2$
Plocha jádra šroubu	$A_g = 84,3 \text{ mm}^2$
Počet šroubů	2

STYČNÍKOVÝ PLECH

Tloušťka	$t_{p1} = 6 \text{ mm}$
Ocel:	S 235
Mez kluzu	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u = 360 \text{ MPa}$

VAZNICE

Tloušťka styč. plechu	$t_{p2} = 6 \text{ mm}$
Ocel	S 235

VAZNÍK

Tloušťka stěny	t = 6 mm
Ocel	S 235

Návrhové vnitřní síly:

Vnitřní síly dle programu RFEM

KZ 23

$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{sníh}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (\text{plně})$

Prut č. 11 521

$V_{Ed} = 12.023 \text{ kN}$

Návrh a kontrola roztečí:

$N_{Ed} = 10.394 \text{ kN}$

$$t = \min(t_{p1}; t_{p2}) = \min(6; 6) = 6 \text{ mm}$$

$$e_1 = e_2 = 30 \text{ mm}$$

$$e_{1,min} = e_{2,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 13 = 15,6 \text{ mm}$$

$$e_{1,max} = e_{2,max} = 4 \cdot t + 40 = 4 \cdot 6 + 40 = 64 \text{ mm}$$

$$e_{1,min} \leq e_1 \leq e_{1,max}$$

$$15,6 \leq 30 \leq 64$$

Vyhovuje

$$p_1 = 60 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 13 = 28,6 \text{ mm}$$

$$p_{1,max} = \min(14 \cdot t; 200) = \min(14 \cdot 6; 200) = 84 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} \leq p_1 \leq p_{1,max}$$

$$28,6 \leq 60 \leq 84$$

Vyhovuje

$$F_{Ed} = \sqrt{V_{Ed}^2 + N_{Ed}^2} = \sqrt{12.023^2 + 10.394^2}$$

$$F_{Ed} = 15.893 \text{ kN}$$

6.5.1 POSOUZENÍ - STŘIH

počet šroubů:

$$n_b = 2$$

$$\alpha_v = 0.5$$

$$F_{V,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n_b} = \frac{15.893}{2}$$

$$F_{V,Ed} = 7.947 \text{ kN}$$

Únosnost ve střihu:

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.5 \cdot 600 \cdot 84.3}{1.25}$$

$$F_{V,Rd} = 20.232 \times 10^3$$

$$F_{V,Ed} \leq F_{V,Rd}$$

$$7.947 \leq 20.232 \text{ kN} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

6.5.2 POSOUZENÍ - OTLAČENÍ

$$F_{V,Ed} = 7.947 \text{ kN}$$

$$k_t = \min(2.8 \cdot e_2 / d_0 - 1.7; 2.5) = \min(2.8 \cdot 30 / 13 - 1.7; 2.5) = \min(4.762; 2.5) = 2.5$$

$$\alpha_d = \min(e_1 / 3 \cdot d_0; (p_1 / 3 \cdot d_0) - 1/4) = \min(30 / 3 \cdot 13; 60 / 3 \cdot 13 - 1/4) = \min(0.769; 1.288) = 0.769$$

$$\alpha_b = \min(\alpha_d; f_{ub} / f_u; 1.0) = \min(0.769; 800 / 360; 1.00) = \min(0.77; 2.22; 1.00) = 0.769$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_t \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2.5 \cdot 0.769 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 6}{1.25}$$

$$F_{b,Rd} = 3.986 \times 10^4$$

$$F_{V,Rd} \leq F_{b,Rd}$$

$$7.947 \leq 39.86 \text{ kN} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

6.5.3 POSOUZENÍ - STYČNÍKOVÉHO PLECHU

$$\text{plocha: } A_p = h \cdot t = 120 \cdot 6$$

$$A_p = 720 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha:

$$A_{net} = A_p - n_b \cdot (d_0 \cdot t) = 120 \cdot 6 - 2 \cdot (13 \cdot 6)$$

$$A_{net} = 564 \text{ mm}^2$$

SMYK:

$$V_{Ed} = 12.023 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{[120 \cdot 6 - 2 \cdot (13 \cdot 6)] \cdot 360}{(\sqrt{3} \cdot 1.25)}$$

$$V_{c,Rd} = 9.378 \times 10^4 \text{ N}$$

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$12.023 \leq 93.78 \text{ kN}$$

Vyhovuje

TAH:

$$F_{t,Ed} = 10.394 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot [120 \cdot 6 - 2 \cdot (13 \cdot 6)] \cdot 360}{1.25}$$

$$N_{t,Rd} = 1.462 \times 10^5 \text{ N}$$

$$F_{t,Ed} \leq N_{t,Rd}$$

$$10.394 \leq 146.2 \text{ kN}$$

Vyhovuje

6.5.4 POSOUZENÍ - SVARU plech-prvek

Svary pro oba styčnickové plechy budou uvažovány na nejmenší možnou délku tj. h ve skutečnosti ale budou délky svarů větší z důvodu napojování na kruhové nebo šikmé hrany.

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$\text{návrh: } a = 4$$

$$\text{délka: } l = h - 2 \cdot a = 120 - 2 \cdot 4$$

$$l = 112 \text{ mm}$$

účinná plocha:

$$A_w = a \cdot l = 4 \cdot (120 - 2 \cdot 4)$$

$$A_w = 448 \text{ mm}^2$$

Moment:

$$e = 100 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e = 12023 \cdot 100$$

$$M_{Ed} = 1.202 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

Modul průřezu svaru:

$$W_w = \frac{a \cdot l^2}{6} = \frac{4 \cdot (120 - 2 \cdot 4)^2}{6}$$

$$W_w = 8.363 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{W_w} = \frac{1.202 \cdot 10^6}{8363}$$

$$\sigma = 143.728 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{143.728}{\sqrt{2}}$$

$$\tau_{kol} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{143.728}{\sqrt{2}}$$

$$\tau_{rov} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot A_w} = \frac{12023}{2 \cdot 448}$$

$$\sigma_{kol} = 101.631 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} = 101.631 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rov} = 13.419 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{rov}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \rightarrow \sqrt{101.631^2 + 3 \cdot (101.631^2 + 13.419^2)} \leq \frac{360}{(\beta_w \cdot 1.25)}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{rov}^2)} = \sqrt{101.631^2 + 3 \cdot (101.631^2 + 13.419^2)} = 204.587$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{(0.8 \cdot 1.25)} = 360$$

$$204.587 \leq 360$$

Vyhovuje

$$\sigma_{kol} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow 101.631 \leq \frac{0.9 \cdot 360}{1.25}$$

$$\frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow \frac{0.9 \cdot 360}{1.25} = 259.2 \quad 101.631 \leq 259.2$$

Vyhovuje

$$\beta_w = 0.8$$

6.6 ČEPOVÝ SPOJ VAZNÍKU S ATRIEM

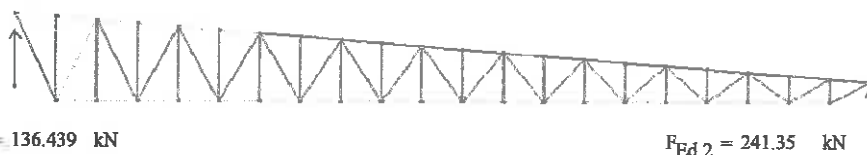
ČEP:

Průměr šroubu	$d = 45 \text{ mm}$
Průměr otvoru	$d_0 = 46 \text{ mm}$
Plocha dříku šroubu	$A = 1590 \text{ mm}^2$
Elastický modul	$W_{el} = 8946,2 \text{ mm}^3$

PLECH

Tloušťka	$t_p = 30 \text{ mm}$
Ocel:	S 355
Mez kluzu	$f_y = 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u = 490 \text{ MPa}$

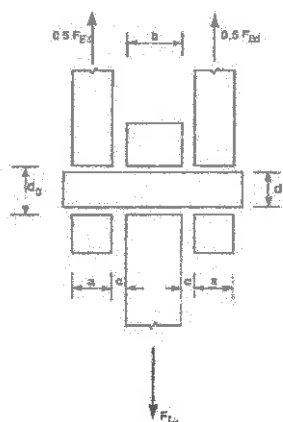
Návrhové vnitřní síly:



$$F_{Ed,1} = 136.439 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,2} = 241.35 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 241.35 \text{ kN}$$



$d = 0.045 \text{ m}$	$a = 0.02 \text{ m}$
$d_0 = 0.046 \text{ m}$	$b = 0.03 \text{ m}$
$t = 0.03 \text{ m}$	$c = 0.005 \text{ m}$

$$f_y = 355 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$f_{up} = 490 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$W_{el} = 8.9462 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$A = 0.00159 \text{ m}^2$$

Konstrukční zásady:

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3}$$

$$\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{241.35 \cdot 1.00}{2 \cdot 0.03 \cdot (355 \cdot 10^3)} + \frac{2 \cdot 0.046}{3} = 0.042$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3}$$

$$\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{241.35 \cdot 1.00}{2 \cdot 0.03 \cdot (355 \cdot 10^3)} + \frac{0.046}{3} = 0.027$$

únosnost ve stříhu:

$$F_{V,Rd} = \frac{0.6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 0.00159 \cdot (490 \cdot 10^3)}{1.25}$$

$$F_{V,Rd} = 373.96 \text{ kN}$$

únosnost plechu a čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1.5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.5 \cdot 0.03 \cdot 0.045 \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

$$F_{b,Rd} = 718 \text{ kN}$$

únosnost v ohybu:

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c + 2 \cdot a) = \frac{241.35}{8} \cdot (0.03 + 4 \cdot 0.005 + 2 \cdot 0.02)$$

$$M_{Ed} = 2.715 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{1.5 \cdot W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.5 \cdot (8.9462 \cdot 10^{-6}) \cdot (355 \cdot 10^3)}{1.00}$$

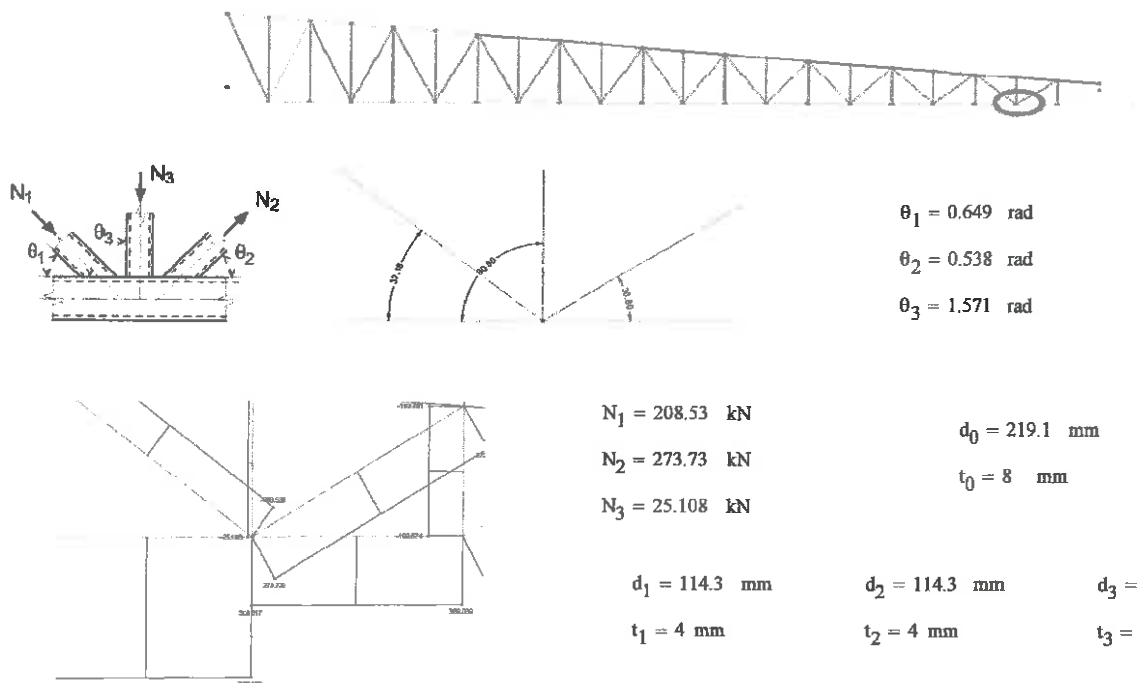
$$M_{Rd} = 4.764 \text{ kNm}$$

kombinace:

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{Ed}}{F_{V,Rd}} \right)^2 \leq 1.00$$

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{Ed}}{F_{V,Rd}} \right)^2 = \left(\frac{2.715}{4.764} \right)^2 + \left(\frac{241.35}{373.96} \right)^2 = 0.741$$

6.7 SPOJ PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU



Posouzení na porušení povrchu pásu:

$$f_{y0} = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{219.1}{(2 \cdot 8)}$$

$$g = 114.3$$

$$\gamma = 13.694$$

$$k_g = \gamma^{0.2} \left[1 + \frac{0.024 \cdot \gamma^{1.2}}{\left(0.5 \cdot \frac{g}{t_0} - 1.33 \right)} \right] = 13.694^{0.2} \left[1 + \frac{0.024 \cdot 13.694^{1.2}}{\left(0.5 \cdot \left(\frac{114.3}{8} \right) - 1.33 \right)} \right]$$

$$k_g = 1.691$$

$$k_p = 1$$

$$N_{1.Rd} = \frac{\frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \left[1.8 + 10.2 \cdot \left(\frac{d_1 + d_2 + d_3}{3 \cdot d_0} \right) \right]}{\gamma_{M5}} = \frac{\frac{1.691 \cdot 1 \cdot 235 \cdot 8^2}{\sin(0.649)} \left[1.8 + 10.2 \cdot \left(\frac{(114.3 + 114.3 + 114.3)}{(3 \cdot 219.1)} \right) \right]}{1.00}$$

$$N_{1.Rd} = 2.997 \times 10^5 \text{ N}$$

$$N_{1.Rd} = 299.7 \text{ kN}$$

$$N_1 \cdot \sin(\theta_1) + N_3 \cdot \sin(\theta_3) \leq N_{1.Rd} \cdot \sin(\theta_1)$$

$$N_1 \cdot \sin(\theta_1) + N_3 \cdot \sin(\theta_3) = 208.53 \cdot \sin(0.649) + 25.108 \cdot \sin(1.571) = 151.141$$

$$N_{1.Rd} \cdot \sin(\theta_1) = 299.7 \cdot \sin(0.649) = 181.136$$

$$151.141 < 181.136$$

Vyhovuje

$$N_2 \cdot \sin(\theta_2) \leq N_{1.Rd} \cdot \sin(\theta_1)$$

$$N_2 \cdot \sin(\theta_2) = 273.73 \cdot \sin(0.538) = 140.265$$

$$N_{1.Rd} \cdot \sin(\theta_1) = 299.7 \cdot \sin(0.649) = 181.136$$

$$140.265 < 181.136$$

Vyhovuje

Posouzení na prolomení smykem:

$$N_{1.Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin(\theta_1)}{2 \cdot \sin(\theta_1)} = \frac{235}{\sqrt{3}} \cdot 8 \cdot \pi \cdot 114.3 \cdot \left[\frac{(1 + \sin(0.649))}{(2 \cdot \sin(0.649))} \right]$$

$$N_{1.Rd} = 5.173 \times 10^5 \text{ N}$$

$$N_{1.Rd} = 517.3 \text{ kN}$$

$$N_{1.Rd} \geq N_1$$

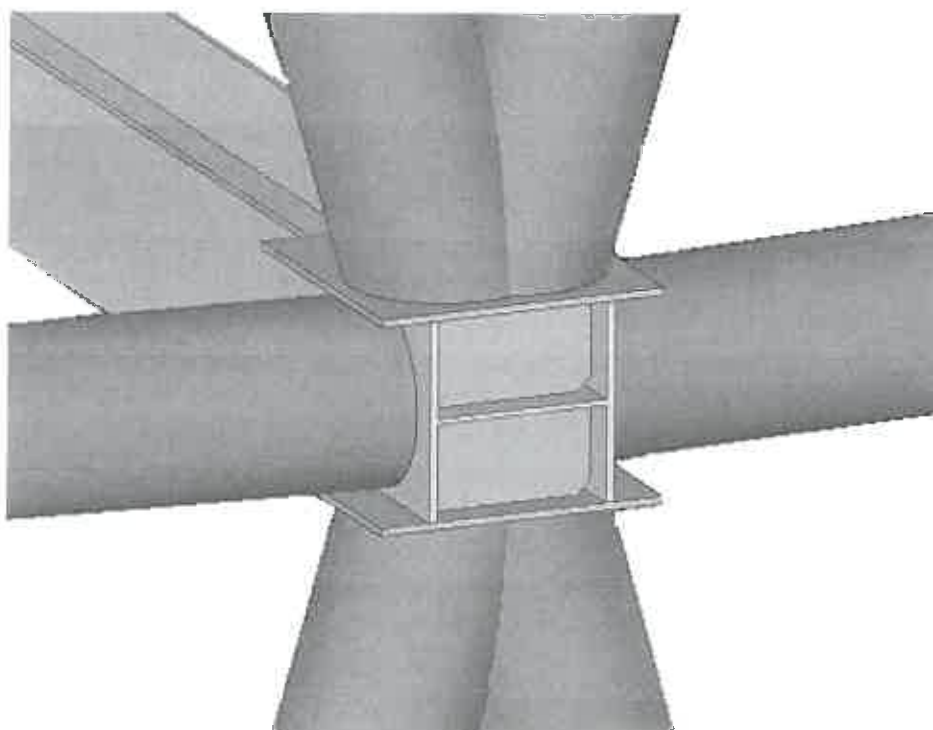
$$517.3 > 208.53$$

Vyhovuje

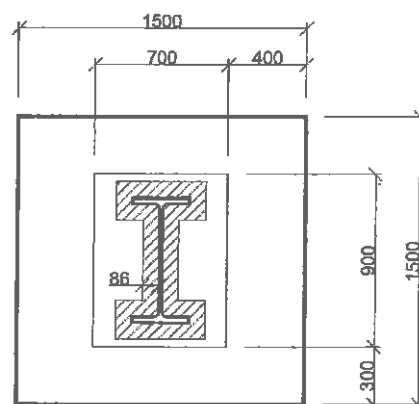
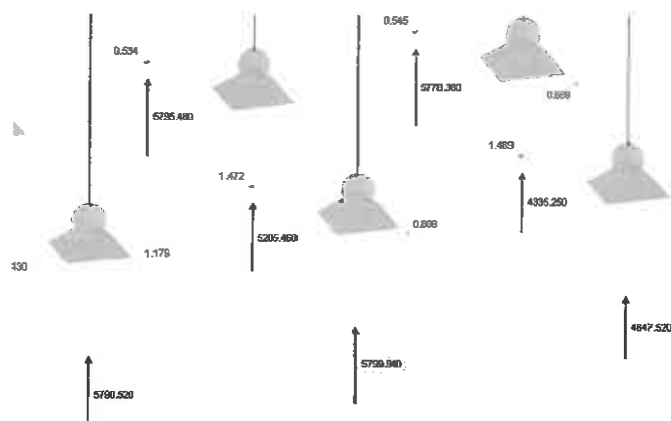
6.8 STYČNÍ ATRIA

Pruty CHS 244,5x10 a HEA 260

Tento styčník nebyl v diplomové práci podrobněji řešen, byl vypracován pouze jeho návrh s ohledem na vnitřní síly a nutnosti tuhého spojení prutů.



6.9 KOTVENÍ



Maximální tlak:

KZ 6

$$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{plně}) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot (\text{sněh})$$

Vnitřní síly dle programu RFEM

$$N_{Ed} = 5799,94 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} a &= 0,7 \text{ m} & b &= 0,9 \text{ m} & t &= 0,04 \text{ m} & f_{ck} &= 20 \cdot 10^3 \text{ kPa} \\ a_T &= 0,4 \text{ m} & b_T &= 0,3 \text{ m} & & & f_y &= 355 \cdot 10^3 \text{ kPa} \\ h &= 1 \text{ m} & & & & & & \end{aligned}$$

$$a + 2 \cdot a_T = 1,5 \text{ m}$$

$$b + 2 \cdot b_T = 1,5 \text{ m}$$

$$5 \cdot a = 3,5 \text{ m}$$

$$5 \cdot b = 4,5 \text{ m}$$

$$a + h = 1,7 \text{ m} \Rightarrow a_1 = 1,5 \text{ m}$$

$$b + h = 1,9 \text{ m} \Rightarrow b_1 = 1,5 \text{ m}$$

$$5 \cdot b_1 = 7,5 \text{ m}$$

$$5 \cdot a_1 = 7,5 \text{ m}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 1,5}{(0,7 \cdot 0,9)}}$$

$$k_j = 1,89$$

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 1,89 \cdot (20 \cdot 10^3)}{1,00}$$

$$f_j = 2,533 \times 10^4 \text{ kPa}$$

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = 0,04 \cdot \sqrt{\frac{355 \cdot 10^3}{3 \cdot (2,533 \cdot 10^4) \cdot 1,00}}$$

$$c = 0,086 \text{ m}$$

$$A_{eff} = 0,26984 \text{ m}^2$$

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 0,26984 \cdot (2,533 \cdot 10^4)$$

$$N_{Rd} = 6,835 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$6835 > 5799,94$$

Vyhovuje

Maximální H_{Ed}

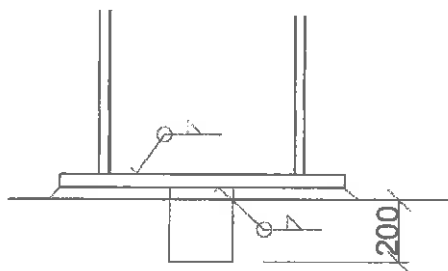
KZ 6

$$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{vitr b}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (\text{plně})$$

Vnitřní síly dle programu RFEM

$$H_{Ed} = 298.96 \text{ kN}$$

Vodorovná síla se bude přenášet smykovou zarážkou z odpalku HEB 200 délky 240 mm
Profil bude přivařen po celé délce koutovým svarem a 7



$$A_c = 0.2 \cdot 0.2 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$F_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot A_c}{\gamma_c} = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 0.04}{1.5}$$

$$F_{cd} = 533.333 \text{ kN}$$

$$\frac{H_{Ed}}{F_{cd}} \leq 1.00 \quad \frac{298.96}{533.333} = 0.561$$

$$0.561 < 1.00$$

Vyhovuje

$$x = 0.24 \text{ m}$$

$$W_{pl} = 3.058 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$M_{Ed} = H_{Ed} \cdot x = 298.96 \cdot 0.24$$

$$M_{Ed} = 71.75 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = W_{pl} \cdot f_y = 3.058 \cdot 10^{-4} \cdot (355 \cdot 10^3)$$

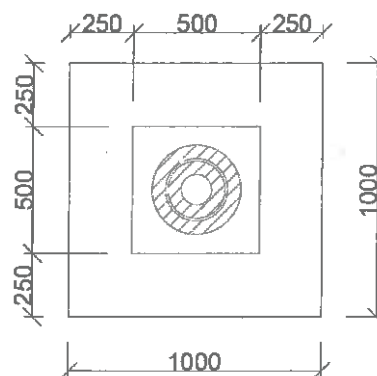
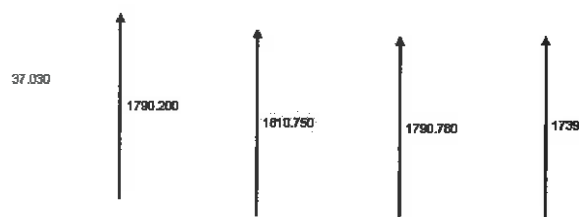
$$M_{Rd} = 108.559 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1.00 \quad \frac{71.75}{108.559} = 0.661$$

$$0.661 < 1.00$$

Vyhovuje

6.10 KOTVENÍ ATRIUM



Maximální tlak:

KZ 3

$$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{vitr A}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (\text{plně})$$

Vnitřní síly dle programu RFEM

$$N_{Ed} = 1810,75 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} a &= 0,5 \text{ m} & b &= 0,5 \text{ m} & t &= 0,025 \text{ m} & f_{ck} &= 20 \cdot 10^3 \text{ kPa} \\ a_T &= 0,25 \text{ m} & b_T &= 0,25 \text{ m} & & & f_y &= 355 \cdot 10^3 \text{ kPa} \\ h &= 0,8 \text{ m} & & & & & & \end{aligned}$$

$$a + 2 \cdot a_T = 1 \text{ m}$$

$$5 \cdot a = 2,5 \text{ m}$$

$$a + h = 1,3 \text{ m} \Rightarrow a_1 = 1 \text{ m}$$

$$5 \cdot b_1 = 5 \text{ m}$$

$$b + 2 \cdot b_T = 1 \text{ m}$$

$$5 \cdot b = 2,5 \text{ m}$$

$$b + h = 1,3 \text{ m} \Rightarrow b_1 = 1 \text{ m}$$

$$5 \cdot a_1 = 5 \text{ m}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 1}{(0,5 \cdot 0,5)}}$$

$$k_j = 2$$

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 2 \cdot (20 \cdot 10^3)}{1,00}$$

$$f_j = 2,68 \times 10^4 \text{ kPa}$$

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = 0,025 \cdot \sqrt{\frac{355 \cdot 10^3}{3 \cdot (2,68 \cdot 10^3) \cdot 1,00}}$$

$$c = 0,053 \text{ m}$$

$$A_{eff} = 0,085457 \text{ m}^2$$

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 0,085457 \cdot (2,68 \cdot 10^3)$$

$$N_{Rd} = 2,29 \times 10^3 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$2290 > 1810,75$$

Vyhovuje

Maximální H_{Ed}

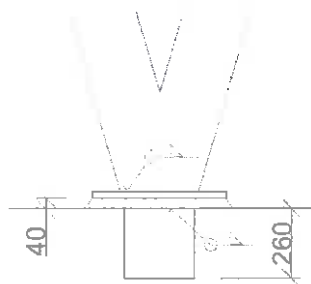
KZ 3

$$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{vitr A}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (\text{p ln é})$$

Vnitřní síly dle programu RFEM

$$H_{Ed} = 461.596 \text{ kN}$$

Vodorovná síla se bude přenášet smykovou zarážkou z odpalku HEB 260 délky 300 mm
Profil bude přivařen po celé délce koutovým svarem a 8



$$A_c = 0.26 \cdot 0.26 = 0.068 \text{ m}^2$$

$$F_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot A_c}{\gamma_c} = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 0.068}{1.5}$$

$$F_{cd} = 906.667 \text{ kN}$$

$$\frac{H_{Ed}}{F_{cd}} \leq 1.00 \quad \frac{461.596}{906.667} = 0.509$$

$$0.509 < 1.00$$

Vyhovuje

$$x = 0.3 \text{ m}$$

$$W_{pl} = 6.022 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$M_{Ed} = H_{Ed} \cdot x = 461.596 \cdot 0.3$$

$$M_{Ed} = 138.479 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = W_{pl} \cdot f_y = 6.022 \cdot 10^{-4} \cdot (355 \cdot 10^3)$$

$$M_{Rd} = 213.781 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1.00 \quad \frac{138.479}{213.781} = 0.648$$

$$0.648 < 1.00$$

Vyhovuje

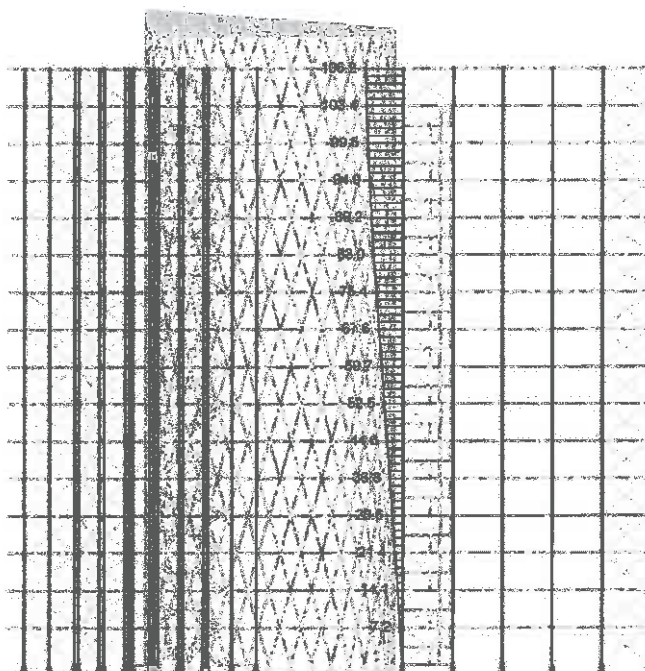
7 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

MSPKZ 40 $\Sigma G + ZS18 + 0,7 \cdot ZS10$

$$h = 72000 \text{ mm}$$

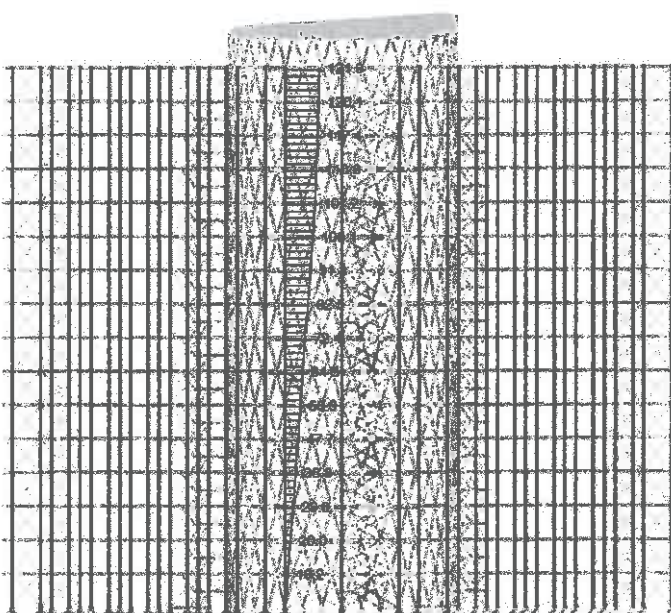
$$u_{lim} = \frac{h}{500} = \frac{72000}{500}$$

$$u_{lim} = 144 \text{ mm}$$



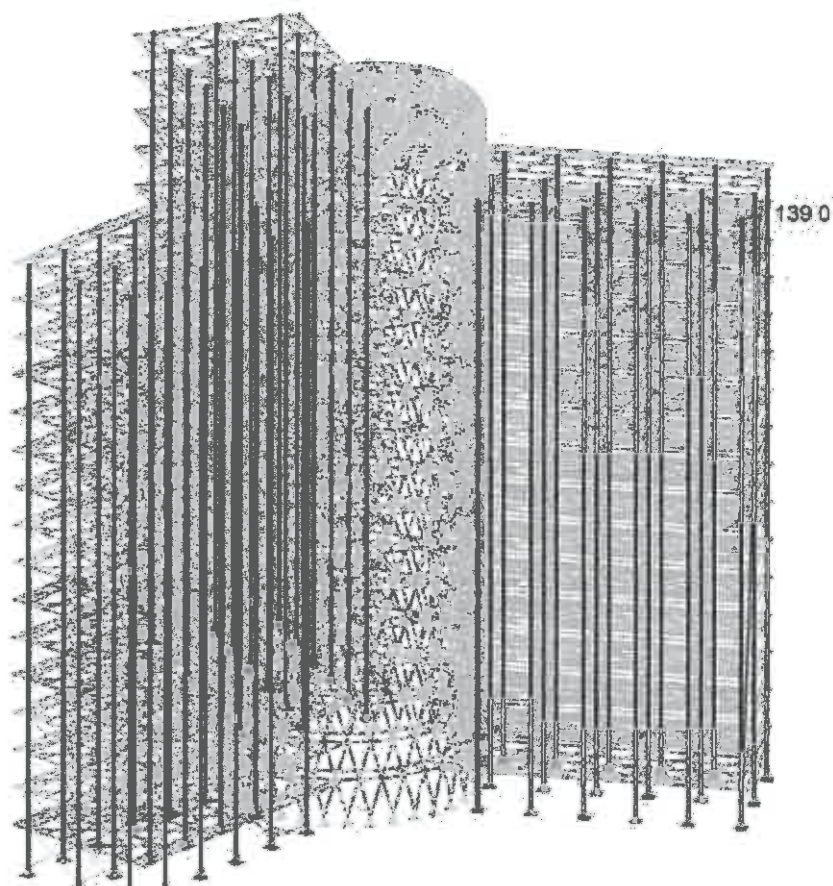
$$u_y < u_{lim}$$

$$106.2 < 144$$



$$u_x < u_{lim}$$

$$121.9 < 144$$

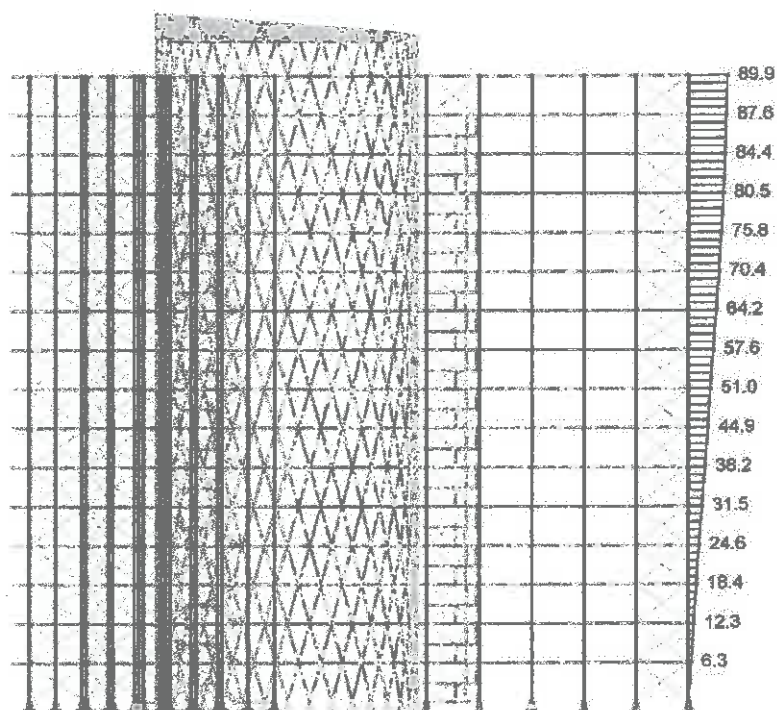


Globální deformace

$$u < u_{lim}$$

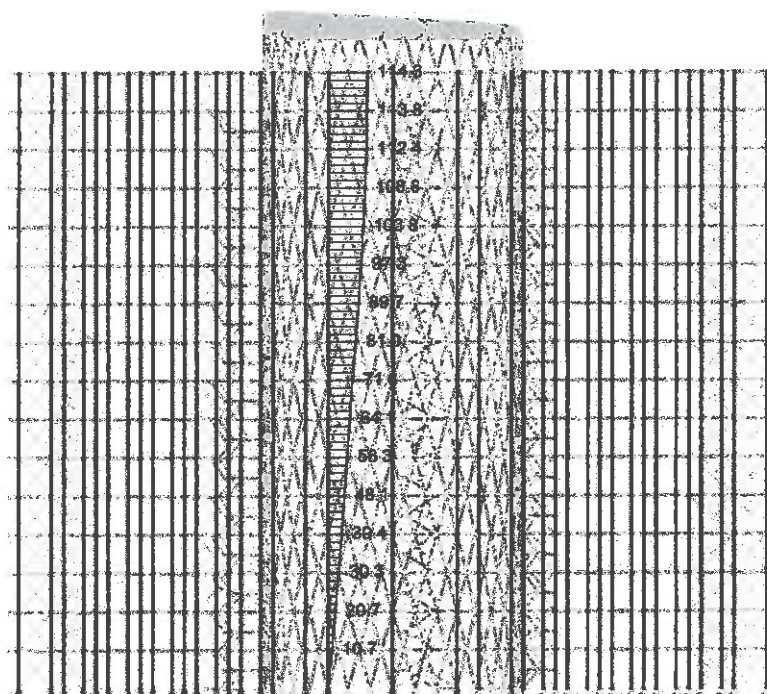
$$139 < 144$$

MSPKZ43 $\Sigma G + ZS19 + 0,7 \cdot ZS10$



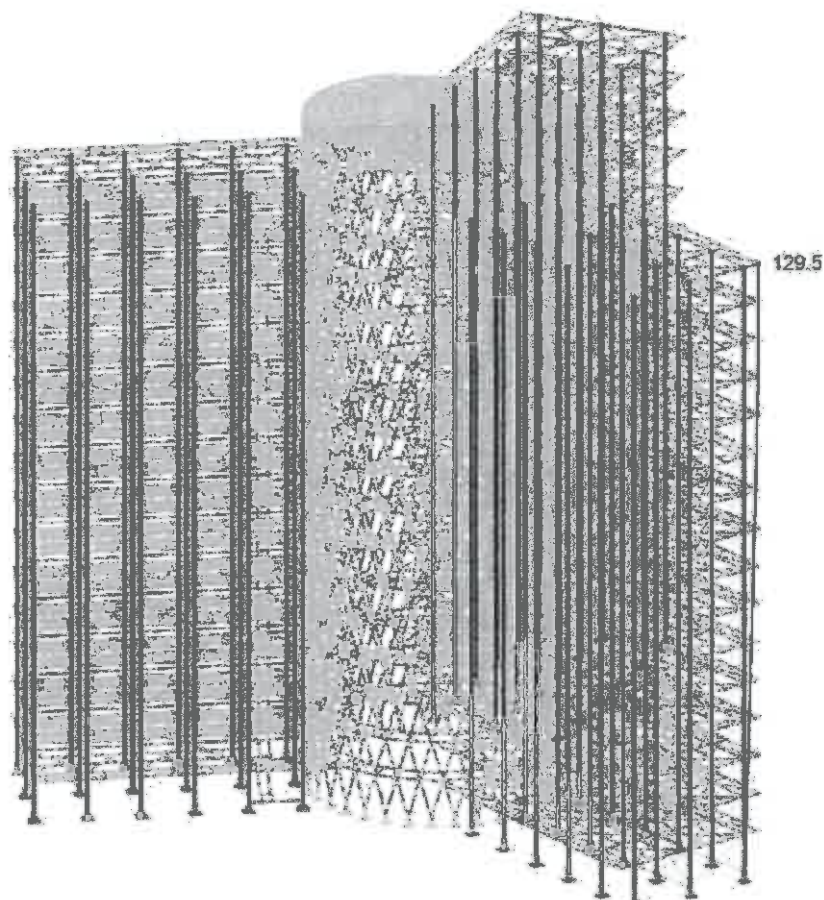
$$u_y < u_{lim}$$

$$89,9 < 144$$



$$u_x < u_{lim}$$

$$114.3 < 144$$



Globální deformace

$$u < u_{lim}$$

$$129.5 < 144$$



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VARIANTA B

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

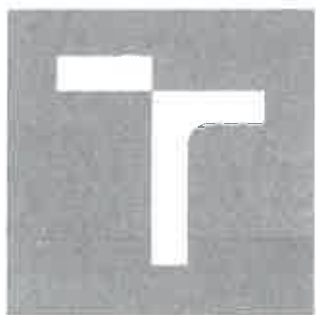
Bc. Ivo Dušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA – Varianta B

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ivo Dušek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

BRNO 2018



1	ÚVOD.....	3
2	ZATÍŽENÍ.....	3
2.1	Zatížení stálé.....	3
2.2	Zatížení proměnné.....	3
3	ZÁSADY NÁVRHU KONSTRUKCE.....	4
4	POPIS KONSTRUKCE A KONSTRUKČNÝCH PRVKŮ.....	4
4.1	Dispoziční řešení, popis konstrukce.....	5
4.1.1	Administrativní budova.....	5
4.1.1.1	Sloupy.....	6
4.1.1.2	Průvlaky.....	6
4.1.1.3	Stropnice.....	6
4.1.1.4	Stropní konstrukce.....	6
4.1.1.5	Svislá ztužidla.....	6
4.1.1.6	Konzoly atria.....	6
4.1.1.7	Konstrukce atria.....	6
4.1.1.8	Schodiště.....	6
4.1.1.9	Střešní plášť.....	7
4.1.1.10	Obvodový plášť.....	7
4.1.2	Zastřešení atria.....	7
4.1.2.1	Střešní plášť.....	7
4.1.2.2	Vaznice.....	7
4.1.2.3	Příhradový nosník.....	7
4.2	Kotvení.....	7
4.2.1	Kotvení administrativní části.....	7
4.2.2	Kotvení atria.....	8
5	MATERIÁL.....	8
6	POVRCHOVÁ ÚPRAVA KONSTRUKCE.....	8
7	VÝROBA, DOPRAVA, MONTÁŽ.....	8
8	VÝKAZ MATERIÁLU.....	9
9	EKONOMICKÉ HLEDISKO.....	9
10	ZÁVĚŘ.....	9

1 ÚVOD

V diplomové práci je vypracován návrh a posouzení prutové ocelové konstrukce budovy pro administrativní účely v Brně. Maximální půdorysné rozměry byly stanoveny na 100x100 m z důvodu velikosti možného pozemku. Půdorys budovy je rotačně symetrický. Budova má 16 nadzemních podlaží. Celková výška objektu je 79,15 m. Ztužení objektu zajišťují rámová ztužidla. V rovině stropu je ztužení zajištěno pomocí spřaženého ocelobetonového stropu.

POUŽITÉ NORMATIVNÍ DOKUMENTY:

- ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
 ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení -
 Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
 ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení -
 Zatížení sněhem
 ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení -
 Zatížení větrem
 ČSN EN 1991-1-6, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení -
 Zatížení během provádění
 ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná
 pravidla a pravidla pro pozemní stavby
 ČSN EN 1993-1-8, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8:
 Navrhování styčníků
 ČSN EN 1994-1-1, Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí -
 Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby

2 ZATÍŽENÍ

Statická analýza prutové ocelové konstrukce byla provedena v programu RFEM od společnosti Dlubal. Byl vytvořen prostorový model na němž byly vypočteny účinky stálého a proměnného zatížení konstrukce pomocí metody II. řádu. Zatížení stanoveno dle ČSN EN 1991.

Zatížení je podrobněji rozebráno ve statickém výpočtu.

2.1 Zatížení stálé

Vlastní tíha konstrukce	=> počítána programem RFEM
Strop - administrativní část	=> $g_k = 3,944 \text{ kNm}^{-2}$
Střešní kce - administrativní část	=> $g_k = 4,931 \text{ kNm}^{-2}$
Střešní konstrukce - atrium	=> $g_k = 1,00 \text{ kNm}^{-2}$
Pochozí plocha atria	=> $g_k = 1,00 \text{ kNm}^{-2}$
Opláštění administrativní části	=> $g_k = 1,00 \text{ kNm}^{-2}$
Opláštění atria	=> $g_k = 0,70 \text{ kNm}^{-2}$
Tíha kce schodiště	=> $g_k = 0,60 \text{ kNm}^{-2}$
Atika se zábradlím pochozí střechy	=> $g_k = 2,5 \text{ kNm}^{-1}$
Zábradlí pochozí plochy atria	=> $g_k = 1,00 \text{ kNm}^{-1}$

2.2 Zatížení proměnné

Užitné dle ČSN EN 1991-1-1	
administrativní část	=> $q_k = 3,3 \text{ kNm}^{-2}$
pochozí střecha	=> $q_k = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$
pochozí plocha atria	=> $q_k = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$
schodiště	=> $q_k = 3,0 \text{ kNm}^{-2}$

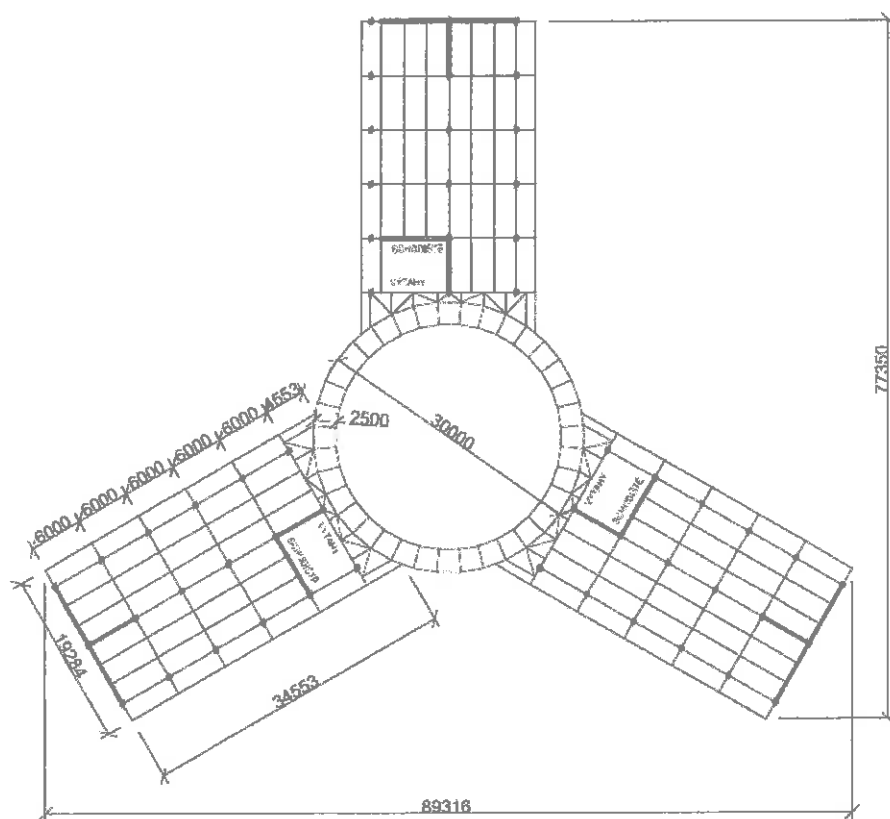
Zatížení sněhem	dle ČSN EN 1991-1-3 lokalita Brno, sněhová oblast II char. hodnota zatížení sněhem $s_k = 1 \text{ kNm}^{-2}$
Zatížení větrem	dle ČSN EN 1991-1-4 lokalita Brno, větrová oblast výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ ms}^{-1}$
Montážní zatížení	dle ČSN EN 1991-1-6 soustředné $\Rightarrow q_k = 1,5 \text{ kNm}^{-2}$ rovnoměrné $\Rightarrow q_k = 0,75 \text{ kNm}^{-2}$

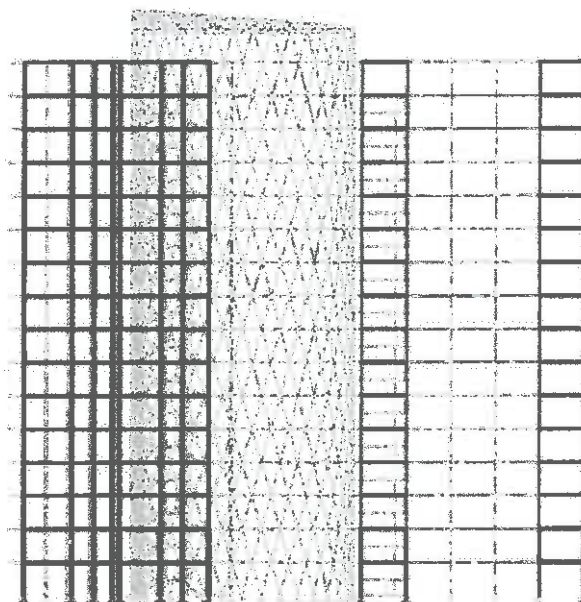
3 ZÁSADY NÁVRHU KONSTRUKCE

Statické posouzení konstrukce bylo provedeno pro:

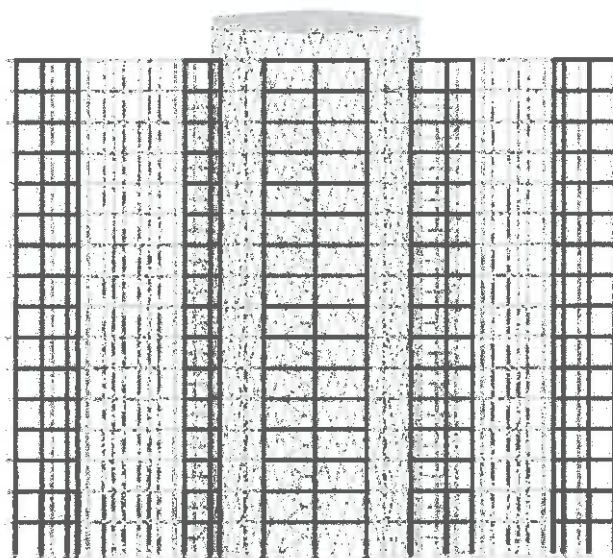
- I. Mezní stav únosnosti MSÚ - nejnepříznivější kombinace dle 6.10 ČSN EN 1990
- II. Mezní stav použitelnosti MSP - nejnepříznivější kombinace dle 6.14.a ČSN EN 1990

4 POPIS KONSTRUKCE A KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ





Schématický pohled Y



Schématický pohled X

4.1 Dispoziční řešení, popis konstrukce

4.1.1 Administrativní budova

Půdorys budovy je rotačně symetrický s rozměry 77,35 x 89,3 m. Tvar a rozměry jsou po výšce konstantní. Objekt se skládá z kruhového příhradového atria ke kterému přiléhají tři křídla administrativních částí. Atrium má uvnitř po obvodu vyložen na konzolách pochozí prstenec, který umožňuje pohyb mezi jednotlivými křídly. Konstrukce administrativní části má sloupce rozmístěny v rastru 6 x 7,5 m. Budova má celkem 16 podlaží. Konstrukční výška jednoho patra je 4,5 m. Nad stropem posledního patra je konstrukce pochozí střechy. Po obvodu je atika se zábradlím. V nejbližším poli k atriu se nachází schodiště a místo pro šachty výtahů. Tuhost konstrukce je ve vodorovném směru zajištěna spřaženými ocelobetonovými stropy. V příčném a podélném směru je ztiženi zajištěno rámovými ztužidly na koncích podélného směru. Všechny stropy jsou spřažené. Kei tvoří stropnice se spřahovacími trny přes trapézový plech tvořící ztracené bednění betonové desky.

4.1.1.1 Sloupy

Krajní sloupy jsou navrženy jako kyvné stojky na jedno patro. Vnitřní sloupy jsou navrženy přes dvě patra. Montážní styky jsou provedeny pomocí čelních desek přivařených koutovými svary a zajištěny šrouby M20 8.8. Kotvení je kloubové. Krajní sloupy jsou oboustranně přichyceny k průvlakům spojenými šrouby M12 8.8 k pásnici průvlaku. Průřezy sloupů jsou válcované HEB profily odstupňované po 1 až 2 patrech. V 1. patře je kombinace uzavřeného průřezu 500x500 a HEB500 ve 2. HEB 600 a HEB500. 3. a 4. patro HEB500. 5. a 6. patro HEB 450. V 7. a 8. patře HEB400. 10. patro HEB 300. 11. a 12. patro HEB260. 13. a 14. patro HEB 240 a v 15. a 16. patře HEB 200.

4.1.1.2 Průvlaky

Průvlaky jsou tvořeny prostými nosníky s převýslím koncem o délce 9,642 m. V poli délka 7,5 m a konzolová část 2,142 m. Jsou situovány v příčném směru. Na jednom konci kloubově přichycen k vnitřnímu sloupu šrouby M12 8.8 a ke krajním sloupům kloubově taktéž šrouby M12 8.8. Pod sloupy v krajní části jsou vevařeny výstuhy s plechu tloušťky korespondující k tloušťce pásnic sloupů nad průvlakem. Průvlaky jsou navrženy z profilů IPE 450 z oceli S235 a krajní průvlaky z profilu IPE 360. Průvlaky jsou konstrukčně spřaženy s betonovou stropní deskou.

4.1.1.3 Stropnice

Stropnice tvoří prosté nosníky o délce 6 m. Běžná rozteč je 2,5 m. U krajních sloupů je rozteč stropnic 2,321 m a 2,142 m. Jsou spřaženy s betonovou deskou pomocí spřahovacích tmy. Tmy jsou provedeny skrz trapézový plech. Stropnice jsou oboustranně kloubově připojeny k stojnám průvlaku a sloupů. Horní část pásnice je vyřízlá z důvodu spojení s průvlakem. Jsou navrženy z profilu IPE240. V krajních polích jsou stropnice profilu IPE 180, IPE 200 a IPE220 dle zatížení.

4.1.1.4 Stropní konstrukce

Stropy tvoří spřažená ocelobetonová konstrukce. Na stropnice a průvlaky je položen trapézový plech TR 50/250 tloušťky 1 mm v pozitivní poloze. Směr žeber je kolmý ke stropnicím. Skrze plech jsou přivařeny spřahovací tmy s hlavou. Tmy mají délku 100 mm a průměr 19 nebo 22 mm. Celková tloušťka desky je 120 mm (50 vlna + 70 deska). Betonová deska bude doplněna výstuží která není řešena v diplomové práci.

4.1.1.5 Ztužidla

Ztužidla jsou tvořena rámovými. Jsou tvořeny v 1. patře uzavřenými svařovanými průřezy a od 2. patra jsou ztužidla tvořeny profilem HEB500 který je rámově spojen s příčlemi které jsou stejného průřezu.

4.1.1.6 Konzoly atria

Jsou tvořeny profily HEA 260 a jsou vetknuty do konstrukce atria se kterou tvoří tuhý spoj. Délka konzoly je 2,5 m. Konce konzol jsou propojeny nosníky UPE 200 které stabilizují konzolu z roviny a slouží k uchycení zábradlí. Profil je natočen o 90° takže je ohýbán na měkkou osu a nedochází ke klopení.

4.1.1.7 Konstrukce atria

Konstrukce tvoří plochu válce o průměru 30 m. Je tvořena z profilu CHS 255,5 x 10. Je odstupňovaná po výšce pomocí profilů CHS 255,5 x 8 a CHS 255,5 x 6. Styčníky jsou tuhé aby přenášely ohybové momenty z konzoly do konstrukce. Na konstrukci je upevněna fasáda ze skleněných tabulí které jsou bodově uchyceny do konstrukce.

4.1.1.8 Schodiště

Nosné prvky schodiště byly navrženy konstrukčně. Tvoří zalomené nosníky a v diplomové práci nejsou řešeny, byly použity pouze na aplikaci zatížení. Schodnice jsou tvořeny profily UPE 300.

4.1.1.9 Střešní plášť

Střešní plášť tvoří plochá pochozí střecha se sklonem $1,5^\circ$. Spádová vrstva je tvořena perlit betonem. Izolace je z tuhých desek. Hydroizolaci tvoří PVC folie. Atika je 750 mm vysoká, vyzděná z cihel porotherm a je osazena zábradlím. Skladba střechy je osazena i s atikou na ocelobetonový strop posledního patra.

4.1.1.10 Obvodový plášť

Obvodový plášť tvoří hliníkový kazetový fasádní systém s prosklenými tabulemi v rámech. Orientace nosných rámů je svislá a uvažuje se uchycení mezi krajními stropnicemi a průvlaky.

4.1.2 Zastřešení atria

Je provedeno šesti příhradovými vazníky na kterých jsou uloženy vaznice.

4.1.2.1 Střešní plášť

Uvažuje se že střešní plášť bude tvořen skleněnými tabulemi, které budou uchyceny bodově na konstrukci vaznic a vazníků. Bude použito trojsklo s pojistnými lanky proti zřícení skla v případě porušení.

4.1.2.2 Vaznice

Vaznce jsou prosté nosníky oboustraně kloubově uloženy na vazníky pomocí žiletek a šrouby M12 6.8. Jsou bodově zatíženy od střešního pláště. Délka je různá od 7,5m po ± 1 m. Jsou použity profily RHS s pevností S235

4.1.2.3 Příhradový nosník

Příhradový vazník má proměnou výšku, je v jednom spádu 5° . Všechny vazníky tvoří šikmou rovinu proto jsou jejich výšky rozdílné.

Horní pás: Profil CHS 273x6 a CHS 273x5. Délka horního pásu je 29,641 m. Délka mezijednotlivými styčníky je 1,411 m. Vzpěrná délka je rovna této vzdálenosti pro oba směry, jelikož je v každém styčníku připojena vaznice.

Dolní pás: Profil CHS 219.1x8 a CHS 219.1x4 délka pásu je 26,73 m Délka mezi styčníky je 1,407 m. Vzpěrná délka v rovině je 1,407 m. a z roviny je vazník stabilizován táhly po cca. 5m. Táhla nejsou řešena v diplomové práci, protože jejich zatížení je minimální.

Svislice: Jsou tvořeny profily CHS 114.3x4. Délky svislic jsou proměnné. Max. délka je 3m. Kloubově připojeny k hornímu a dolnímu pásu.

Diagonály: 1. tlačená diagonála má profil CHS 114.3x5. Zbytek diagonál je tvořen o pro fiem CHS 114.3x4 mají různou systémovou délku. Max. délka je 3,212 m. Kloubově připojeny k hornímu a dolnímu pásu.

4.2 Kotvení

4.2.1 Kotvení administrativní části

Kotvení je navrženo jako kloubové. Sloup je přivařen koutovým obvodovým svarem k patnímu plechu který je z oceli S355. Plechy jsou tloušťky 40mm. Podlité je 40 mm Základové patky jsou z betonu třídy C20/25. Kotevní šrouby jsou navrženy konstrukčně jako 2x závitová tyč M20. Tolerance provádění ± 20 mm. Kotevní plech je opatřen smykovou zarážkou k přenosu smykových sil. Zarážka je z úpalku profilu HEB 200 délky 240mm a je připojen k patnímu plechu koutovým obvodovým svarem.

4.2.2 Kotvení atriá

Kotvení je navrženo jako kloubové. Nosníky jsou přivařeny koutovými obvodovými svary k patnímu plechu který je z oceli S355. Plechy jsou tloušťky 25mm. Podliti je 40 mm. Základové patky jsou z betonu třídy C20/25. Kotevní šrouby jsou navrženy konstrukčně jako 2x závitová tyč M20. Tolerance provádění ± 20 mm.

Kotevní plech je opatřen smykovou zarážkou k přenosu smykových sil. Zarážka je z úpalku profilu HEB 260 délky 300mm a je připojen k patnímu plechu koutovým obvodovým svarem.

5 MATERIÁL

Sloupy	ocel S355 JR
Stropní konstrukce	oceli S235 JR, S320 GD
	beton C 30/37
Diagonály ztužidel	ocel S355 JR
Konstrukce atriá	ocel S235 JR
Konstrukce zastřešení	ocel S235 JR
Základové konstrukce	C20/25

Spráhovací trny s pevností 360 MPa

Spojovací materiál - šrouby 8.8 a 6.8

Kotevní šroby předem zabetonovane S235

6 POVRCHOVÁ ÚPRAVA KONSTRUKCE

Ocelovou konstrukci je nutno chránit proti korozi. Povrchová ochrana bude provedena pomocí nátěru v souladu s platnými normami ČSN EN ISO 129 44 Nátěrové hmoty - protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrany nátěrovými systémy. Všechny ocelové prvky budou opatřeny antikorozním. Antikorozní nátěrový systém dle stupně korozní agresivity prostředí C2 (základ. 80 μ m a vrchní nátěr 80 μ m).

7 VÝROBA, DOPRAVA, MONTÁŽ

Dílenské spoje jsou svařované a budou provedeny ve výrobně. Výroba bude dle ČSN EN 1990-2

Provádění ocelových konstrukcí. Prvky musí být z výroby dodány tvarově neporušené a s neporušeným základním nátěrem. Třída provedení EXC2

Doprava konstrukce bude probíhat po jednotlivých prvcích.

Postup montáže:

Montáž konstrukce bude probíhat po jednotlivých patrech. Začne se montáží 1. a 2. patra konstrukce atriá na již připravené únosné základy, poté se osadí vnitřní sloupy a krajní sloupy 1. patra. Zajistí se jejich vertikální poloha a osadí se průvlaky. Následují stropnice 1. patra. Poté krajní sloupy 2. patra a osazení průvlaků se stropnicemi 2. patra. Za probíhající montáže 3. a 4. patra atriá se mohou osadit trapézové plechy a 2. patra zajistí se bodovými svary ke stropnicím. Montáž konstrukce schodiště. Při montáži dalších pater se postupuje stejným způsobem až se dojde do posledního patra. Na poslední patro atriá se osadí vazníky zajistí se táhly proti vybočení a osadí se vaznice.

8 VÝKAZ MATERIÁLU

Nebyl v této variantě řešen

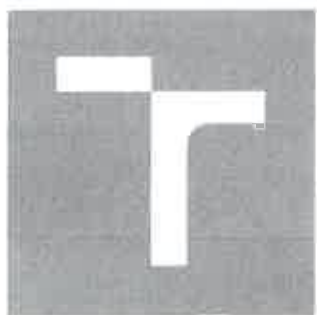
9 EKONOMICKÉ HLEDISKO

Celková přibližná hmotnost konstrukce	2 250 610 t
Zastavěná plocha	2644,5 m ²
Obestavěný prostor	190 404 m ³

Průměrná hmotnost je 851,05 kg m⁻² a 11,82 kg m⁻³

10 ZÁVĚR

Konstrukce je navržena dle platných norem a vyhovuje na I. a II. mezní stav.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

STATICKÝ VÝPOČET – Varianta B

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ivo Dušek

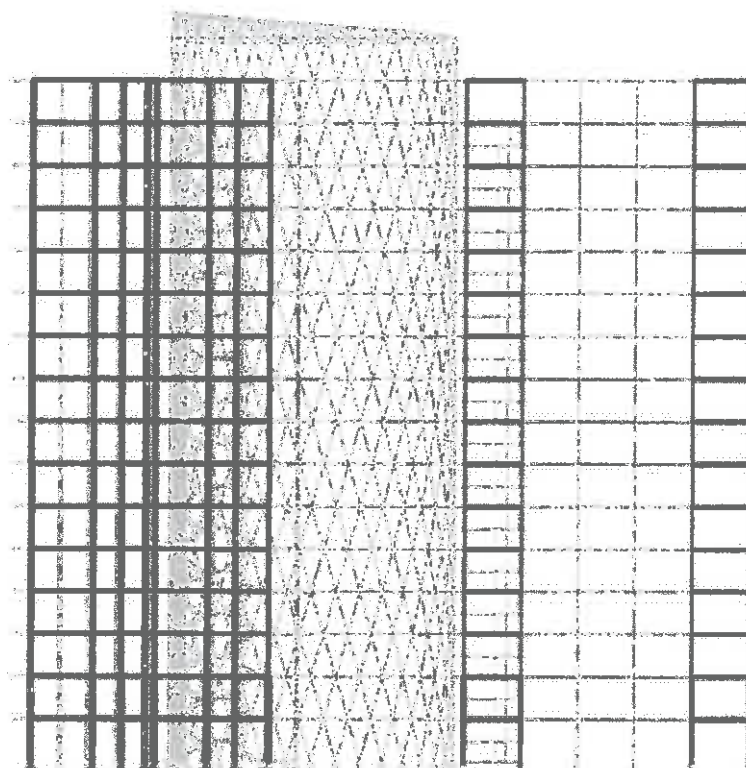
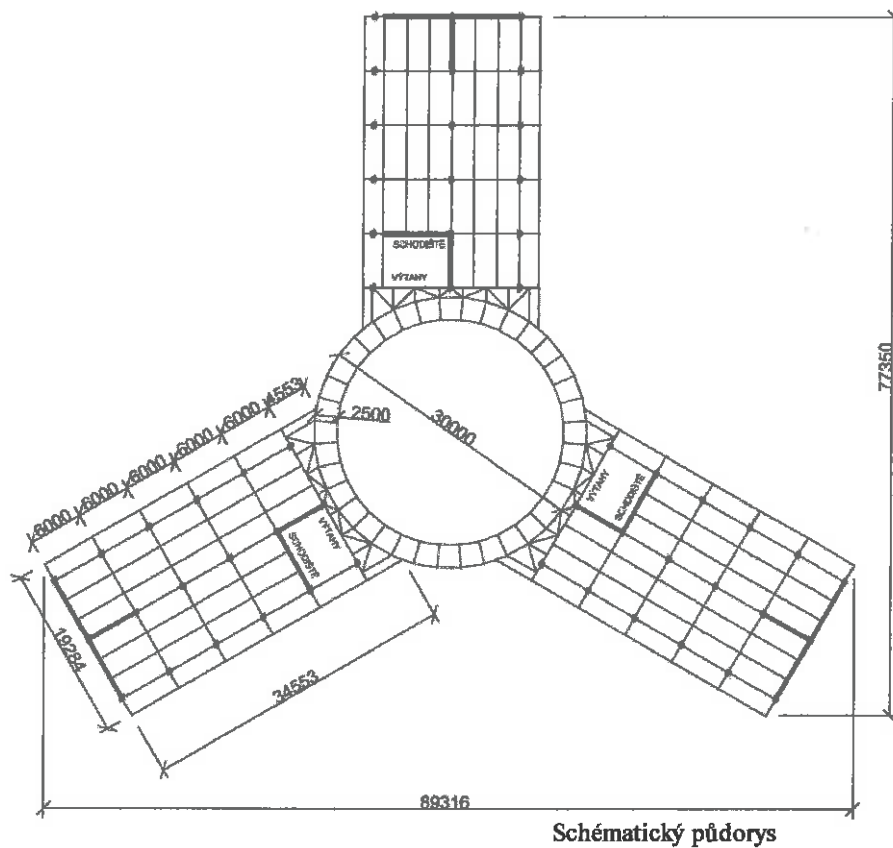
VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

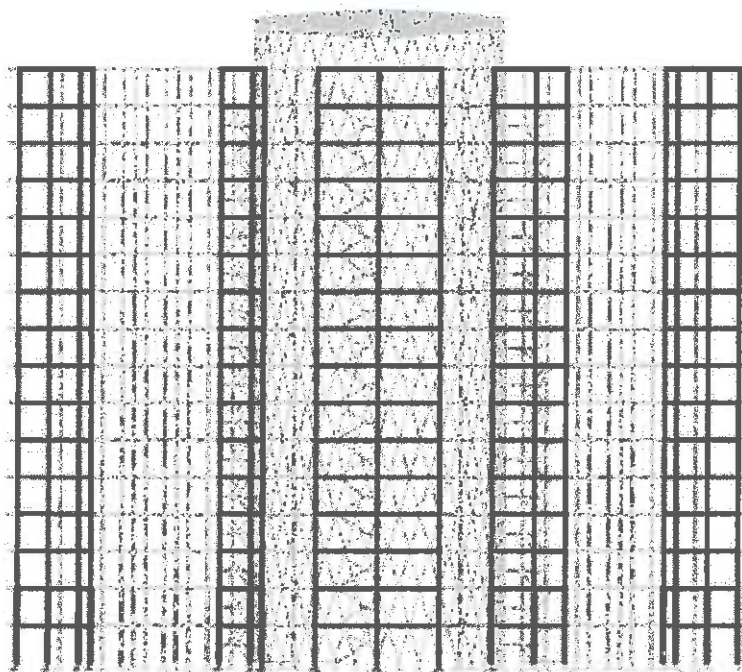
Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

BRNO 2018

2 GEOMETRIE



Schématický pohled Y



Schématický pohled X

3 VÝPOČTOVÝ MODEL

Stejný jako ve Variantě A jen jsou ztužidla modelována jako rám s tuhými připoji.

4 ZATÍŽENÍ

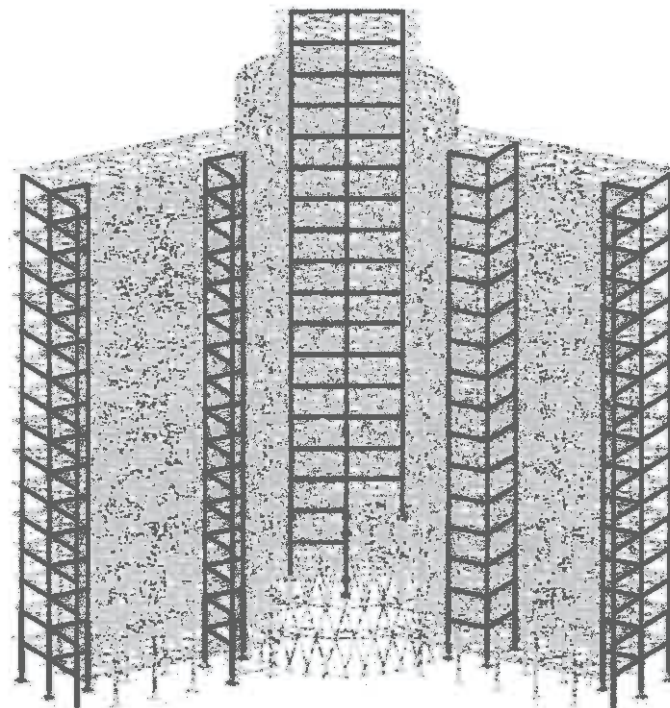
Identické s Variantou A

5 POSOUZENÍ PRVKŮ

Posouzení všech prvků je stejné jako ve variantě A

5.11 ZTUŽIDLA ADMINISTRATIVNÍ ČÁSTI

POSOUZENÍ NEJVÍCE NAMÁHANÉHO PRUTU



5.11.1 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

KZ 24

$$\Sigma 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot (\text{plně}) + 1,5 \cdot 0,6 \cdot (\text{vítr A})$$

Vnitřní síly dle programu RFEM

5.11.2 POSOUZENÍ - Kombinace tlaku a ohybu

Posouzení bylo provedeno programem RFEM a to jak sloupů tak příčlých ztužidla. Výsledky v příloženém protokolu.

6 PŘÍPOJE

Shodné postupy jako ve Variantě A jediný rozdíl je ve styčnicích rámového ztužidla kdy jsou použity spoje s výstuhami k dosažení maximální tuhosti připojů.

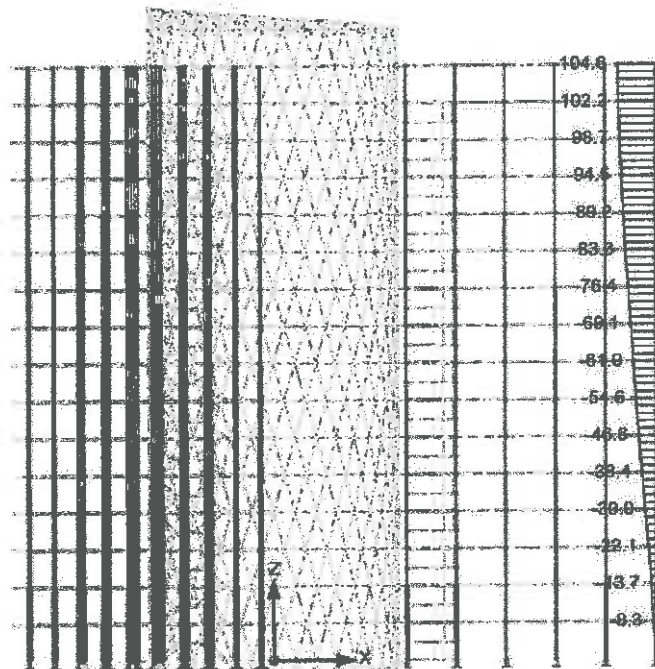
7 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

MSPKZ 40 $\Sigma G + ZS18 + 0,7 \cdot ZS10$

$$h = 72000 \text{ mm}$$

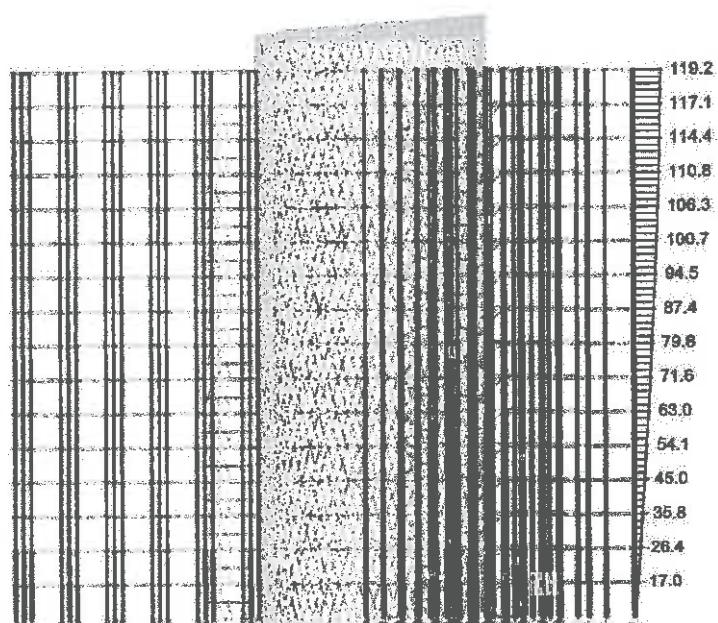
$$u_{lim} = \frac{h}{500} = \frac{72000}{500}$$

$$u_{lim} = 144 \text{ mm}$$



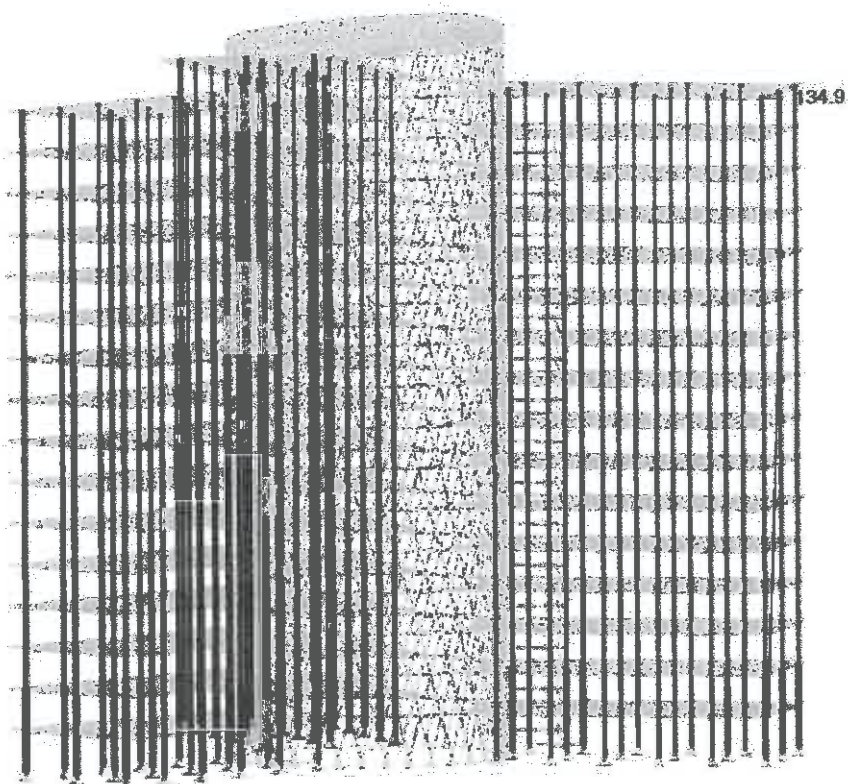
$$u_y < u_{lim}$$

$$104.6 < 144$$



$$u_x < u_{lim}$$

$$119.2 < 144$$

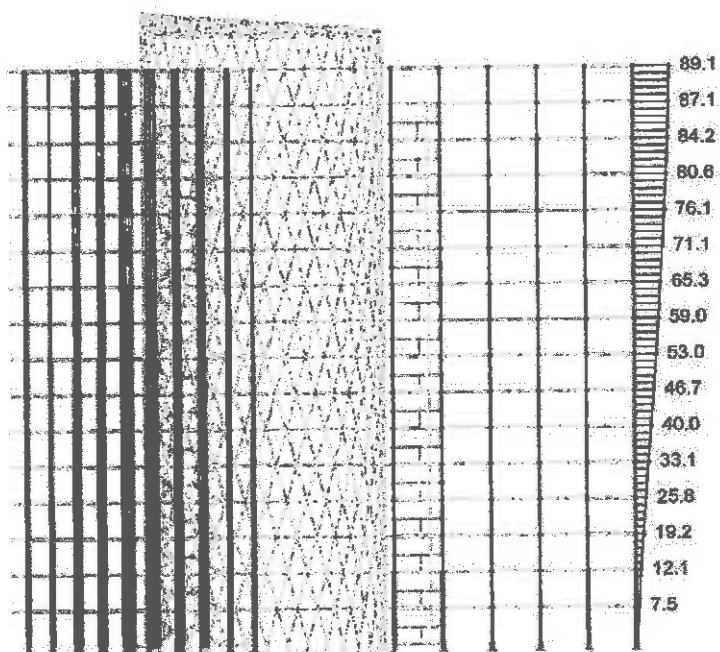


Globální deformace

$$u < u_{lim}$$

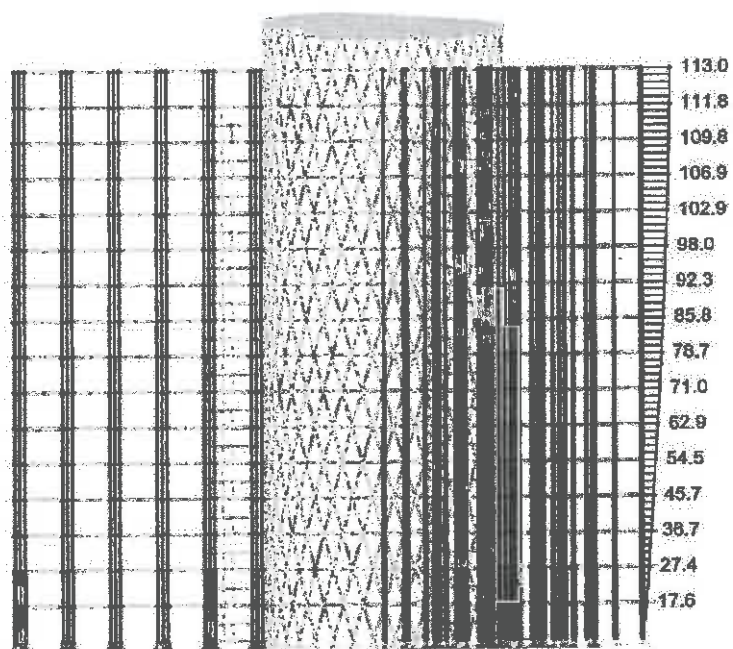
$$134.9 < 144$$

MSPKZ43 $\Sigma G + ZS19 + 0,7 \cdot ZS10$



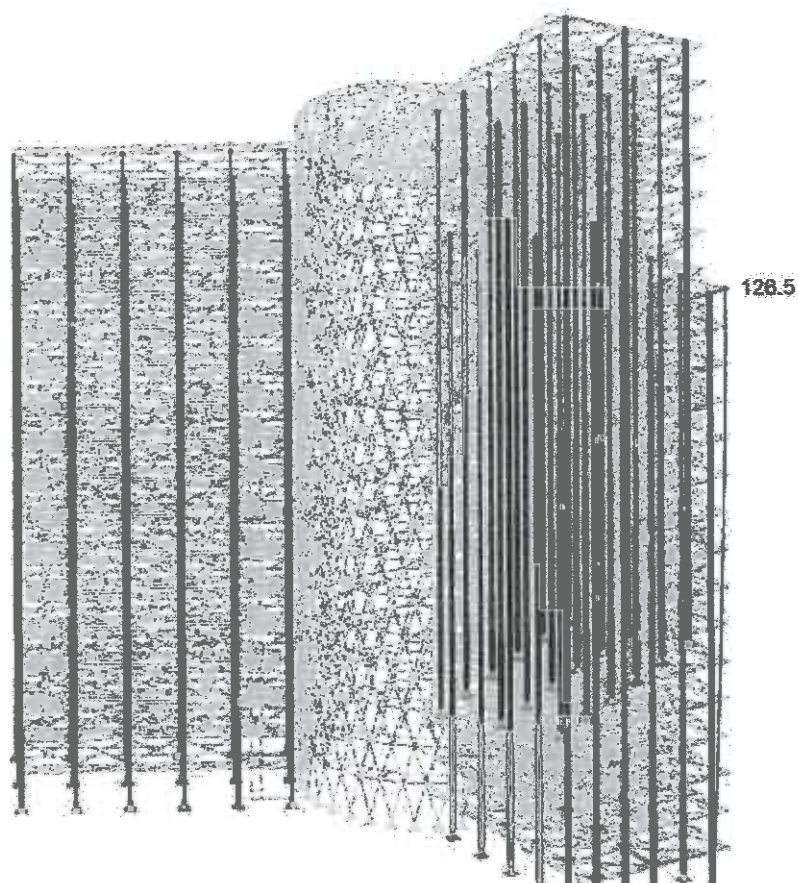
$$u_y < u_{lim}$$

$$89.1 < 144$$



$$u_x < u_{lim}$$

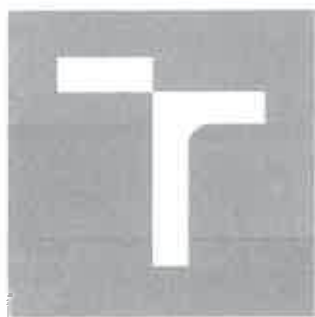
$$113 < 144$$



Globální deformace

$$u < u_{lim}$$

$$126.5 < 144$$



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

POROVNÁNÍ VARIANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ivo Dušek

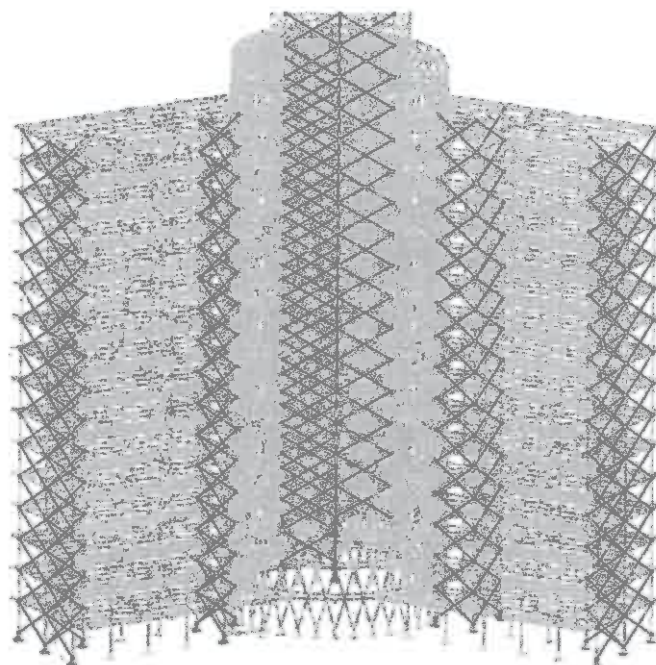
VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

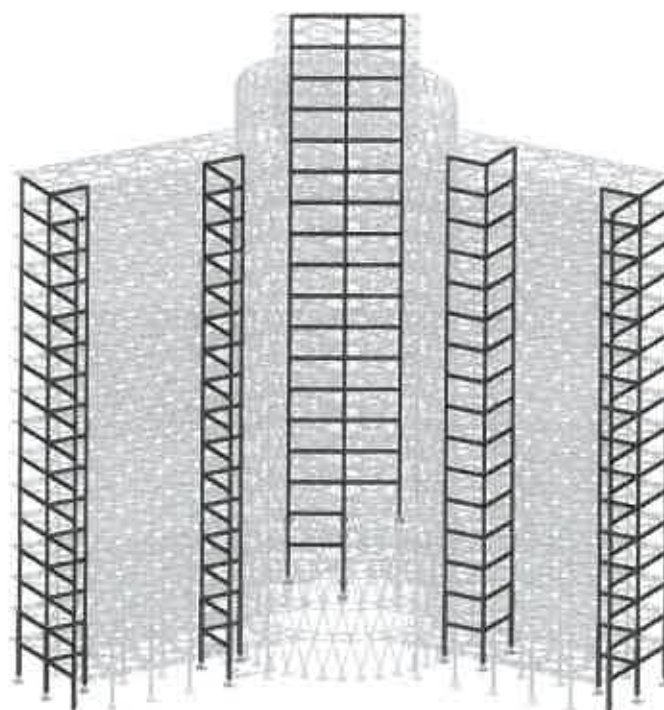
BRNO 2018

VARIANTA A



Hmotnost	1 954 910 t
Plocha	2644,5 m ²
Obest. prost.	190 404 m ³
⇒ 739,24 kg/m ² a 10,26 kg/m ³	

VARIANTA B



Hmotnost	2 250 610 t
Plocha	2644,5 m ²
Obest. prost.	190 404 m ³
⇒ 851,05 kg/m ² a 11,82 kg/m ³	

ZÁVĚR : Výhodnější je varianta A



Použité zdroje:

- [1] Knihovna průřezů programu RFEM Dlubal
- [2] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- [3] ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí
- [4] ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí
- [5] ČSN EN 1994 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí
- [6] ČSN 01 3483 Výkresy kovových konstrukcí
- [7] ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí
- [8] Mapový podklad [Online]
Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@49.202325,16.5999346,17.75z>
- [9] Ocelářské tabulky [online], Dostupné z: <http://www.staticstools.eu/cs>
- [10] Spoje ocelových konstrukcí [online] Dostupné z: <http://ocel.wz.cz/index.html>

Seznam zkratek a symbolů:

A	průřezová plocha, plocha
A_0	plocha otvorů v betonové desce
A_c	plocha tlačného betonu u spřažení
A_i	plocha ideálního průřezu
A_{net}	oslabená plocha
A_{nt}	oslabená plocha při působení tahu
A_{ref}	referenční plocha
A_s	plocha jádra šroubu
A_s	plocha ocelového profilu u spřažení
A_v	plocha stojiny
A_v	smyková plocha
A_z	plocha smykové zarážky
C_1	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C_2	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C_3	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{1,0}$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{1,1}$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C_{dur}	součinitel směru větru
$C_{e(z)}$	součinitel expozice
$C_{o(z)}$	součinitel orografie
$C_{pe,10}$	součinitel vnějšího aerodynamického tlaku
$C_{r(z)}$	součinitel drsnosti
C_{sason}	součinitel ročního období
C_t	součinitel teploty
D	šířka hlavy spřahovacího trnu
E	modul pružnosti v tahu a tlaku oceli
E_a	modul pružnosti oceli
E_{cm}	modul pružnosti betonu
F	síla
F_k	charakteristická hodnota soustředné síly
F_k	přídavná tlaková síla od větru do sloupu
$F_{v,Ed}$	návrhová smyková síla pro jeden střih spojovacího prostředku
$F_{v,Rd}$	návrhová únosnost pro jeden střih jednoho spojovacího prostředku
$F_{v,TR}$	síla od tření větru
G	modul pružnosti ve smyku
G	hmotnost
I_a	moment setrvačnosti ocelového průřezu u spřažení
I_i	moment setrvačnosti ideálního průřezu
I_t	moment setrvačnosti v kroucení
$I_{v(z)}$	intenzita turbulence
I_w	výsečový moment setrvačnosti
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z
I_z	moment setrvačnosti střešního ztužidla
L	rozpětí, délka
L_{cr}	kritická vzpěrná délka
$L_{cr,y}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose z

L_{eff}	efektivní délka
M	ohybový moment
$M_{b,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu při klopení
M_{cr}	pružný kritický moment při klopení
M_d	návrhový moment
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
M_{Rd}	návrhová únosnost v ohybu
$M_{Rk,y}$	charakteristická hodnota momentu k ose y
$M_{Rk,z}$	charakteristická hodnota momentu k ose z
$M_{y,Ed}$	návrhový ohybový moment kolmo k ose y
$M_{z,Ed}$	návrhový ohybový moment kolmo k ose z
N	osová síla
$N_{b,Rd}$	návrhová vzpěrná únosnost tlačeního prutu
N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly
$N_{Ed,1}$	návrhová hodnota síly působící na jeden šroub
$N_{Ed,min}$	minimální návrhová hodnota normálové síly
$N_{pl,Rd}$	návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu
N_{Rk}	charakteristická únosnost v tlaku/tahu
P_{Rd}	návrhová únosnost spřahovacího trnu
P_{Rd}'	redukovaná únosnost spřahovacího trnu
P_{Rk}	charakteristická únosnost spřahovacího trnu
R	reakce
S_i	Statický moment plochy ideálního průřezu
V	posouvající síla
V_e	podélná smyková síla
V_{Ed}	návrhová smyková (posouvající) síla
$V_{pl,Rd}$	plastická smyková únosnost
$W_{el,y}$	elastický průřezový modul k ose y
$W_{el,z}$	elastický průřezový modul k ose z
$W_{pl,y}$	plastický průřezový modul k ose y
$W_{pl,z}$	plastický průřezový modul k ose z
$W_{eff,N}$	efektivní průřezový modul v normální poloze
$W_{eff,R}$	efektivní průřezový modul v reverzní poloze
ZS	zatěžovací šířka
ZS_n	zatěžovací stav, kde n je číslo zatěžovacího stavu
a	šířka patního plechu
a	vzdálenost
a	účinná výška svaru
a_1	rozteč rovnoběžně s vlákny mezi spojovacími prostředky v jedné řadě
a_2	rozteč kolmo k vláknům mezi řadami spojovacích prostředků
a_3	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a nezatíženým koncem
a_c	šířka patky
b	délka patního plechu
b	šířka průřezu
b	šířka pásnice
b_2	šířka
b_c	délka patky
b_d	výška betonové desky
b_{eff}	spolupůsobící šířka

$b_{eff,1}$	spolupůsobící šířka na stranu nosíku od osy nosníku
$b_{eff,2}$	spolupůsobící šířka na stranu nosníku od osy nosníku
c	zvětšení plochy průřezu na efektivní plochu u patního plechu
c_{fd}	součinitel tření
c_i	těžiště ideálního průřezu
c_g	těžiště průřezu
c_{g1}	vzdálenost těžiště od okraje
c_{g2}	vzdálenost těžiště od okraje
d	průměr
d	výška rovné části stojiny
d_o	průměr otvoru
e	excentricita
e_1	vzdálenost osy šroubů od okraje čelní desky
e_2	vzdálenost osy šroubů od okraje čelní desky
f_{cd}	návrhová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{jd}	návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku
$f_{Rd,u}$	návrhová pevnost betonu v soustředném tlaku
f_u	mez pevnosti oceli
f_{ub}	mez pevnosti šroubů
f_y	mez kluzu oceli
f_{hd}	pevnost oceli v soustředném tlaku
$f_{y,red}$	redukováná mez kluzu oceli
$g_{k,n}$	spojité zatížení od vlastní tíhy, kde n značí typ zatížení
$g_{k,n}$	spojité nahodilé zatížení, kde n značí typ zatížení
h	výška prvku
h	výška průřezu
h_o	výška hlavičky spřahovacího trnu
h_c	výška patky
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z
$k_{c,y}$	součinitel vzpěrnosti
$k_{c,z}$	součinitel vzpěrnosti
k_l	součinitel turbulence
k_r	redukční součinitel
k_r	součinitel terénu
k_t	součinitel redukce u únosnosti spřahovacích trnů
k_w	součinitel vzpěrné délky
k_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
k_y	součinitel vzpěrné délky
k_{yy}	součinitel interakce
k_{yz}	součinitel interakce
k_z	součinitel vzpěrné délky
k_{zy}	součinitel interakce
k_{zz}	součinitel interakce
l	rozpětí
l	účinná délka svaru
l_{eff}	účinná délka
n	počet prvků
n	počet stříhových rovin

n	pracovní součinitel u výpočtu ideálního průřezu
q	spojité zatížení u mezního stavu použitelnosti
q_b	zaklání dynamicky tlak větru
q_{ed}	návrhová hodnota spojitého zatížení
$q_{p(z)}$	maximální dynamicky tlak
$q_{k,tr}$	charakteristická hodnota spojitého zatížení od tření větru
r_1	poloměr zaoblení pásnice
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem
t	tloušťka
t_f	tloušťka pásnice
t_p	tloušťka patního plechu
t_w	tloušťka stojiny
v	výška podlaží
$v_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru
v_b	základní rychlost větru
v_m	charakteristická střední rychlost větru
w	průhyb
$w_{k,t}$	charakteristická hodnota zatížení tlakem větru
$w_{k,s}$	charakteristická hodnota zatížení sáním větru
w_y	průhyb ve směru y
w_z	průhyb ve směru z
x	výška tlačené betonové části spřažené desky
z_0	parametr drsnosti terénu
z	výška nad terénem
z_a	souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu
z_g	souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
z_{min}	minimální výška
z_s	souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu
α	sklon, uhel
α_y	součinitel imperfekce k ose y
α_z	součinitel imperfekce k ose y
α_{LT}	součinitel imperfekce pro klopení
α_S	poměr mezi momentem v polovině rozpětí a koncovým momentem
β	korelační součinitel pro svary závislý na druhu oceli
γ_c	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu pro beton
γ_M	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M0}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M1}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu (při posuzování stability prutů)
γ_{M2}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu (spoje, oslabený průřez)
δ	průhyb nosníku nebo deformace nosníků
δ_{xx}	deformace nosníku, kde xx značí číslo nosníku
δ_{lim}	limitní průhyb nosníku nebo deformace nosníků
δ_r	dynamické součinitel
δ_s	celková deformace stěnového ztužidla
δ_v	celková deformace střešního ztužidla
ε	součinitel závisející na f_y
ζ_g	bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
γ_b	tíha betonu, betonového potěru
ζ_j	bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

K_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
λ	štíhlost
λ_{rel}	poměrná štíhlost
$\lambda_{LT,rel}$	poměrná štíhlost při klopení
$\lambda_{y,rel}$	poměrná štíhlost k ose y
$\lambda_{z,rel}$	poměrná štíhlost k ose z
λ_w	poměrná štíhlost stojiny
μ_{cr}	bezrozměrný kritický moment
μ	tvárový součinitel zatížení sněhem
π	Ludolfovo číslo
ρ	měrná hmotnost vzduchu
ρ	redukční součinitel
σ_{Ed}	normálové napětí
σ_I	normálové napětí kolmé na účinnou plochu svaru
σ_{II}	normálové napětí rovnoběžné s osou svaru
τ_I	smykové napětí kolmé na osu svaru
τ_{II}	smykové napětí rovnoběžné s osou svaru
φ	pootočení
φ_{xx}	pootočení, kde xx značí číslo nosníku nebo uzlu
φ_y	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti při vzpěru k ose y
φ_z	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti při vzpěru k ose z
φ_{LT}	hodnota pro výpočet součinitele klopení
χ	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru
χ_{LT}	součinitel klopení
χ_y	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose y
χ_z	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose z
ψ_0	součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
ψ_1	součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

OBSAH PŘÍLOHY:

1. Protokol RFEM – Var. A
2. Protokol RFEM – Var. B
3. Výkres – Půdorys, A2
4. Výkres – Podélný řez, A0
5. Výkres – Příčný řez, A1
6. Výkres – Dílec P7, A3
7. Výkres – Dílec P30, A3
8. Výkres – Dílec S24, A3
9. Výkres – Dílec S25, A3
10. Výkres – Položka St5, A3
11. Výkres – Položka St6, A3
12. Výkres – Položka St23, A3