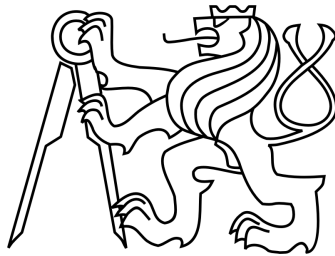


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh a posouzení konstrukce lyžařského můstku

Autor: Bc.Dominik Palášthy

Vedoucí práce: doc.Dr.Ing.Jakub Dolejš

Praha,2018

Názov práce: Návrh a posouzení konstrukce lyžařského můstku

Autor: Bc.Dominik Palášthy

Katedra: Katedra ocelových a drevených konstrukcí

Vedúci bakalárskej práce: doc.Dr.Ing.Jakub Dolejš

e-mail vedúceho: dolejs@fsv.cvut.cz

Abstrakt Predmetom diplomovej práce je návrh a posúdenie nosnej konštrukcie lyžiarskeho mostíka, nachádzajúceho sa na Štrbskom plese. Táto práca obsahuje technickú správu, statický výpočet a výkresovú dokumentáciu. Hlavná oceľová konštrukcia lyžiarskeho mostíka sa skladá z dvoch zakrivených priehradových nosníkov z ocele S355J2, ktoré sú kĺbovo uložené na betónových pätkách. V statickom výpočte sú posúdené všetky hlavné prvky nosnej konštrukcie, vybraných detailov styčníc a založenia.

Klíčové slová: oceľ, lyžiarsky mostík, detail styčníku, priehradový nosník, založenie

Title: Design and Check of the Construction of a Ski-Jump

Author: Bc.Dominik Palášthy

Department: Department of Steel and Timber Structures

Supervisor: doc.Dr.Ing.Jakub Dolejš

Supervisor's e-mail address: dolejs@fsv.cvut.cz

Abstract The issue of my thesis is a design and assessment of the construction of a Ski-Jump, situated near from Štrbské Pleso. This work contains technical report, static calculation, drawing documentation. The main steel structure of the Ski-Jump consists of two curved trusses of steel S355J2, which are articulately supported on reinforced concrete foundation. In the static calculation are assessed the main structural elements, selected connections and foundation.

Keywords: steel, Ski-jump, detail of connection, truss, foundation



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Palášthy Jméno: Dominik Osobní číslo: 410784

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh a posouzení konstrukce lyžařského můstku

Název diplomové práce anglicky: Design and Check of the Construction of a Ski-Jump

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte konstrukční návrh a podrobné statické posouzení všech prvků a hlavních detailů. Zpracujte výkresovou dokumentaci (dispoziční výkresy, výkresy detailů na úrovni prováděcího projektu) a technickou zprávu včetně návrhu postupu montáže.

Seznam doporučené literatury:

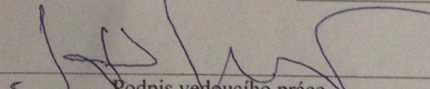
Předán osobně.

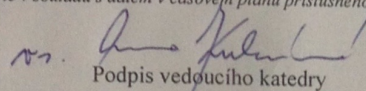
Jméno vedoucího diplomové práce: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Datum zadání diplomové práce: 4.6.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 10.9.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného šk. roku


Podpis vedoucího práce

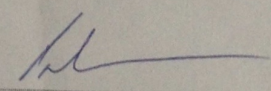

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

4.6.2018

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

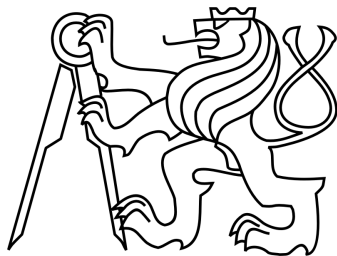
Touto cestou by som rád poďakoval vedúcemu diplomovej práce pánovi doc.Dr.Ing. Jakubovi Dolejšovi za cenné rady. Takisto chcem poďakovať rodine a priateľom za podporu počas štúdia.

Prehlasujem, že som svoju diplomovú prácu napísal samostatne a výhradne s použitím citovaných prameňov. Súhlasím so zapožičiavaním práce a jej zverejňovaním.

V Prahe dňa 10.09.2018

Dominik Palášthy

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



STATICKÝ VÝPOČET

OBSAH

Abstrakt	iii
1 Postup návrhu tvaru konštrukcie	1
1.1 Pôvodný návrh - varianta A	1
1.1.1 Úprava varianty A	3
1.1.2 Zhodnotenie	3
1.2 Nový návrh - Varianta B	5
2 Opis konštrukcie a výpočetného modelu	7
2.1 Hlavné nosníky	8
2.2 Dolné a horné stuženie	15
2.3 Horné priečniky	20
2.4 Dolné a horné schodisko	23
2.5 Plošiny	29
2.6 Dráha výťahu	36
2.7 Tuhé väzby	36
2.8 Základy	37
3 Zaťaženie	38
3.1 Stále zaťaženie	38
3.1.1 Vlastná tiaha	38
3.1.2 Trapézový plech	38
3.1.3 Zváraný podlahový rošt	39
3.1.4 Zábradlie	40
3.2 Premennivé zaťaženie	40
3.2.1 Technológie	40
3.2.2 Úžitné	41
3.2.3 Vietor-teória	41
3.2.4 Vietor-výpočet	52
3.2.5 Sneh	66
3.2.6 Teplota	68
3.2.7 Výťah	74
4 Kombinácie zaťaženia	76
4.1 Lineárne kombinácie	77
4.2 Stabilitné kombinácie	77
4.3 Nelineárne kombinácie	77
5 Globálna analýza	90
5.1 Stabilitný výpočet	90

5.2	Výpočet podľa teórie II.rádu	92
5.2.1	Globálna imperfekcia v podobe náklonu	92
5.2.2	Kompletne imperfektná sústava	96
6	Posúdenie jednotlivých prvkov v MSÚ	97
6.1	Hlavný nosník	97
6.1.1	Horný pás - B455(SHS400/22,0)	97
6.1.2	Dolný pás - B403(SHS450/32,0)	99
6.1.3	Zvislica - B416(SHS300/10,0)	102
6.1.4	Diagonála - B426(SHS250/12,5)	105
6.2	Dolné stuženie	107
6.2.1	Diagonála - B481(SHS250/12,5)	107
6.2.2	Priečnik - B401(SHS250/10,0)	109
6.3	Horné stuženie	111
6.3.1	Diagonála - B585(SHS200/10,0)	111
6.3.2	Priečnik - B916(SHS300/16,0)	111
6.4	Dolné schody	115
6.4.1	Tiahlo B918(CFCHS88,9/5,0)	117
6.4.2	Priečne stuženie B903(IPE120)	118
6.4.3	Pozdĺžnik - B295(UPN140)	119
6.4.4	Nosník-B267(J200/100/6,0)	120
6.4.5	Pozdĺžnik - B149(UPN140)	120
6.5	Horné schody	123
6.5.1	Nosník B791(J180/100/6,0)	125
6.5.2	Nosník - B69(UPE200)	127
6.6	Horná plošina HP 3	127
6.6.1	Nosník B543(HEA300)	129
6.6.2	Nosník B550(IPE270)	132
6.6.3	Nosník B545(J250/150/5,0)	134
6.7	Horná plošina HP 2	135
6.7.1	Nosník B538(J300/200/8,0)	137
6.7.2	Nosník B282(J250/150/6,0)	138
6.7.3	Nosník B702(IPE240)	139
6.8	Horná plošina HP 1	139
6.8.1	Nosník B698(IPE220)	141
6.8.2	Tiahlo B846(CHS48,3/3,2)	141
6.8.3	Nosník B825(J180/100/6,0)	142
6.8.4	Priečnik B810(HEA220)	143
6.8.5	Stuženie B847(L63/5,0)	146
6.9	Schody/plošina	147
6.9.1	Schody B271(UPE200)	148
6.9.2	Stuženie B1050(L100/8,0)	151
6.10	Posúdenie trapézových plechov	152
6.10.1	Prípád 1	152
6.10.2	Prípád 2	153
7	Posúdenie v MSP	155
8	Posúdenie detailov	167
8.1	Styčníky priehradového nosníku	167
8.2	Čapový spoj-dolné schody	167
8.3	Pripojenie UPN140 na RHS300/16,0	168

8.4	Posúdenie uloženia konštrukcie	171
8.4.1	DET.Z1	171
8.4.2	DET.Z2	175
9	Záver	179
	Literatura	183

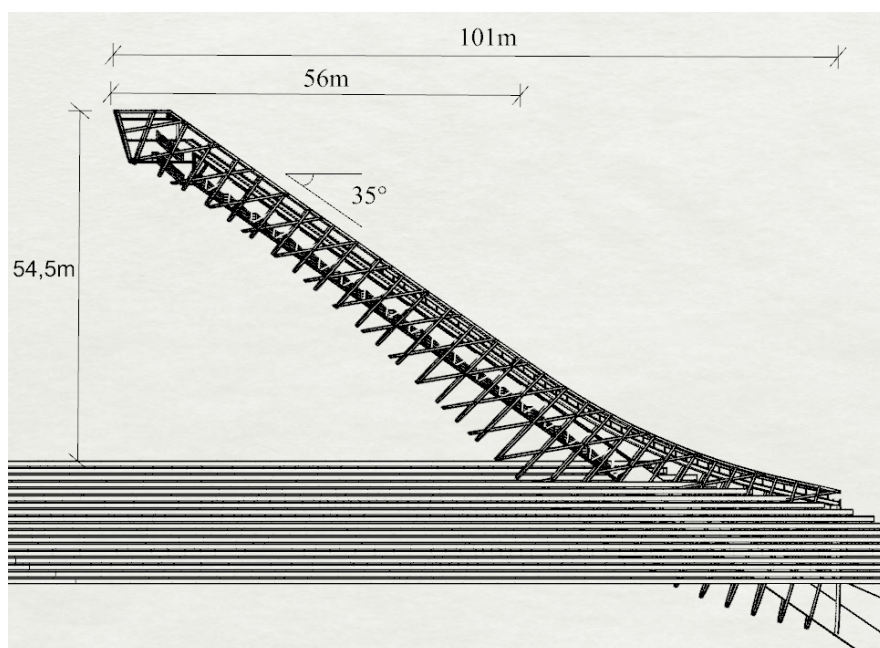
POSTUP NÁVRHU TVARU KONŠTRUKCIE

Návrh konštrukcie je iteračný proces, kedy v našom prípade bol východiskovým bodom tvar z diplomovej práce, spomínaného architekta v úvode technickej správy.

V tejto kapitole nebudeme zachádzať do podrobností, keďže čitateľovi chceme iba nastieniť, ako sme postupovali pri hľadaní výsledného tvaru.

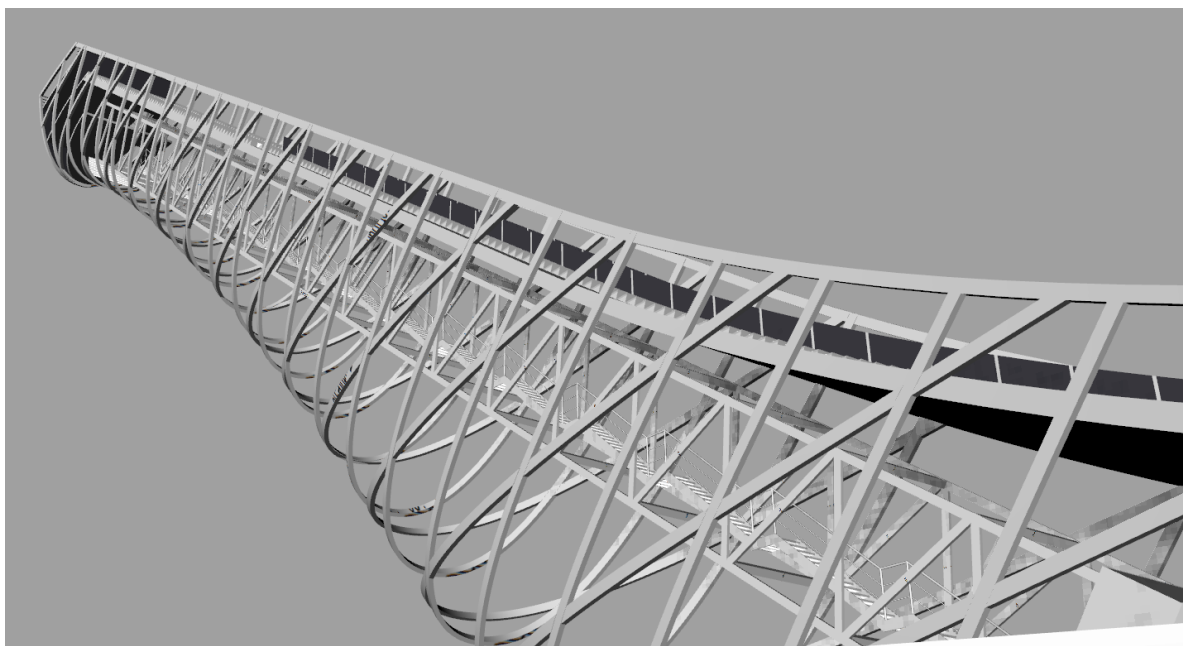
1.1 Pôvodný návrh - varianta A

Konštrukcia sa skladá z priestorovo zakrivených, navzájom krížených prútov, ktoré pripomínajú tvar písmena U. Ako je vidieť z priložených obrázkov v kapitole 1.1, vo vnútri tejto konštrukcie sa nachádza ešte dvojica priehradových nosníkov, medzi ktorými je uložené schodisko.

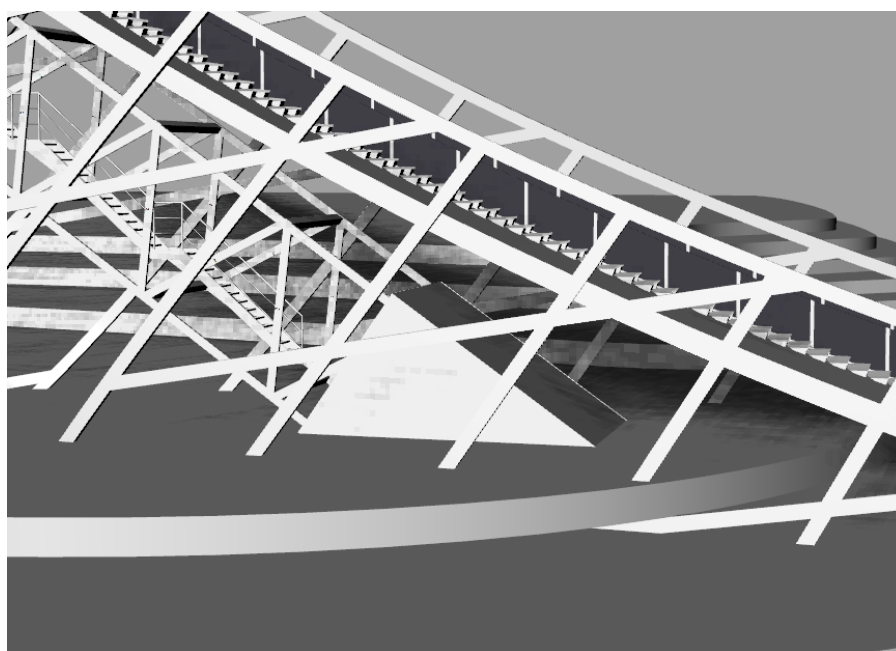


Obr. 1.1: Pohľad na pôvodný návrh

V oblasti základov vyúsťuje kolektor z príslušného hotelu.



Obr. 1.2: 3D pohľad



Obr. 1.3: Vyústenie výťahu

Vzhľadom nato, že sklony, ako aj celkové rozmery boli prebraté od architekta, nebudeme sa venovať výpočtu geometrie podľa medzinárodnej lyžiarskej federácie FIS.

1.1.1 Úprava varianty A

Na prvý pohľad je zrejmé, že v pôvodnej variante A chýba spodný pás, ktorý slúži k prenosu tlakových síl. Taktiež chýba vodorovné stuženie, ktoré bude preberať zaťaženie od vetra a dodávať určitú tuhosť konštrukcii. Ďalší faktor, ktorý hrá veľkú rolu je vlastná hmotnosť, ktorá sa javí byť pomerne veľká vzhľadom na veľké množstvo prútov. Dodatočná priehradová konštrukcia, ktorá nesie schodisko vo vnútri len potvrdzuje naše domnienky. Tvar sa nám nejaví byť vhodný, pretože v oblasti horných pásnic je konštrukcia najširšia a naopak dole je najužšia, čo zväčšuje nestabilitu konštrukcie.

Požiadavky na konštrukciu:

- štíhlosť
- nízka hmotnosť
- tuhosť
- spoľahlivosť
- hospodárnosť

V programe SCIA ENGINEER 15.3.120 bol vytvorený prútový model tejto konštrukcie. Presnosť vytvoreného modelu odpovedá jeho účelu. Chceli sme zistiť, či má zmysel sa zapodievať týmto tvarom ďalej. Zpracované zmeny v konštrukcii sú nasledovné:

- doplnenie spodného pásu
- doplnenie priečnikov
- odstránenie vnútornej priehradovej konštrukcie
- vodorovné stuženie
- ukončenie mostíka v mieste vyústenia výfahu
- podpory sa v tejto fáze uvažujú pevné klbové v najnižšom mieste spodného ako aj horného pásu

Na priloženom obrázku 1.5 je názorne ukázané červenou farbou, ktorá časť sa odstráni a modrou farbou je vyznačený pridaný spodný pás. Žltá farba znázorňuje roviny stuženia. Rozmery odpovedajú obrázku 1.1.

Pôvodné krivky boli aproximované polygónmi. Styčníky hlavnej nosnej konštrukcie sú tuhé. Stuženie a priečniky sú klbovo pripojené ku HNK.

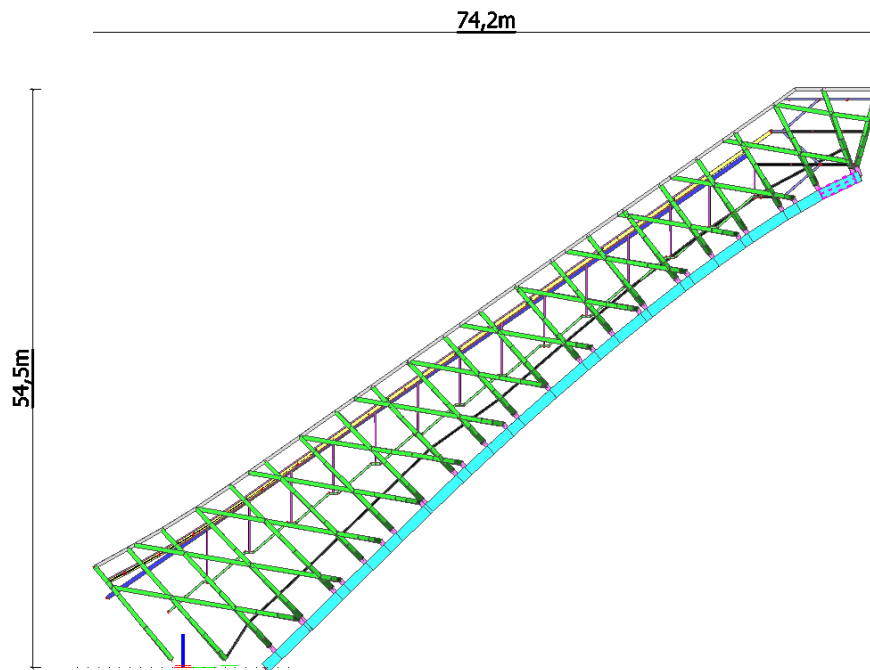
Je nutné dodať, že zatiaľ nebudeme vysvetľovať výpočet zaťaženia. Takisto sa nebudeme podrobnejšie venovať opisu statického modelu. Dôvod spočíva v tom, že všetko je podrobne vysvetlené pre finálny model. Postupy boli aplikované rovnaké a teda si čitateľ dokáže spraviť ľahko predstavu o zažatí a tvorbe modelu aj v tomto prípade. Základné profily použité vo variante A sú na obrázku 1.6.

1.1.2 Zhodnotenie

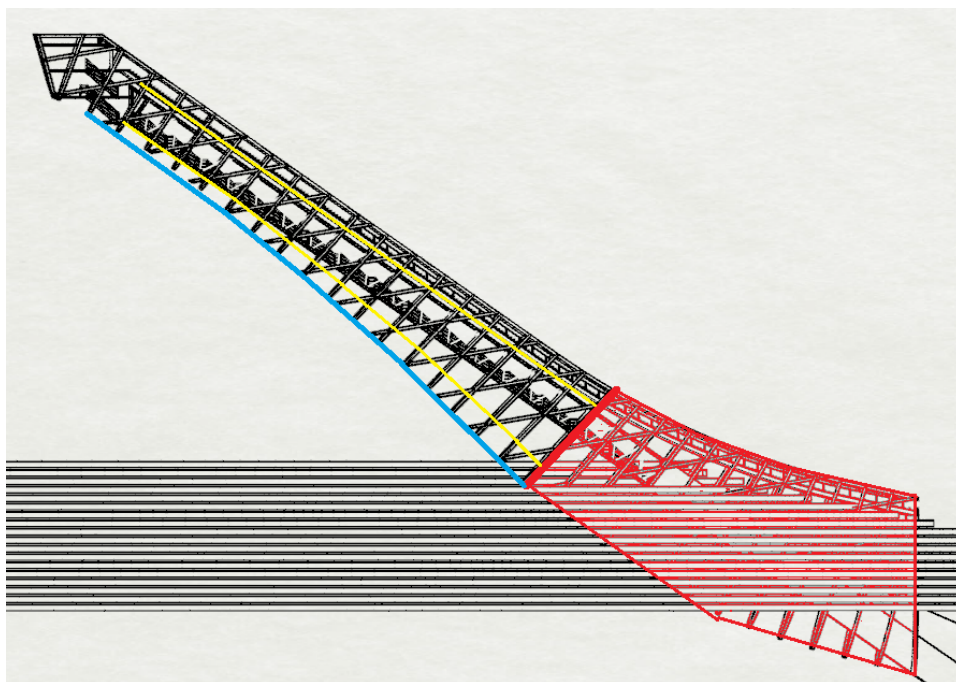
Daná konštrukcia (varianta A) po zapracovaní zmien vykazuje stále nadmieru veľké deformácie. Maximálny zvislý posun činí pri lineárnom výpočte cca. 344mm. Maximálna veľkosť zvislého posunu bola po dohode s vedúcim práce stanovená ako $L/300$, kde L je dĺžka konzoly. V našom prípade uvažujeme ≈ 300 mm.

Predbežná hmotnosť konštrukcie bez zohľadnenia trapézových plechov, pororoštov, zábradlia ap. činí 320ton.

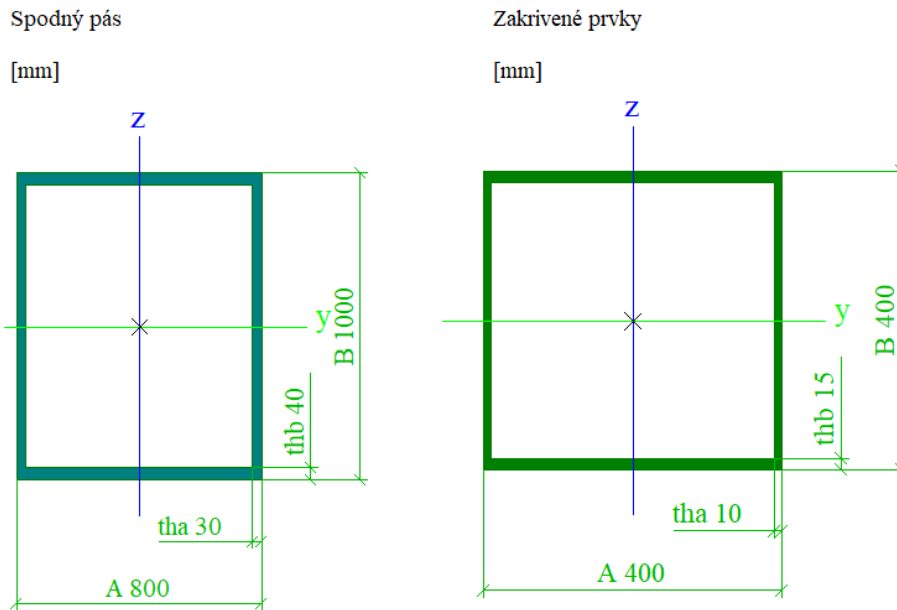
Vzhľadom na uvedené fakty z predbežnej analýzy vylučujeme túto variantu ako vhodnú pre skokanský mostík.



Obr. 1.4: Statický model



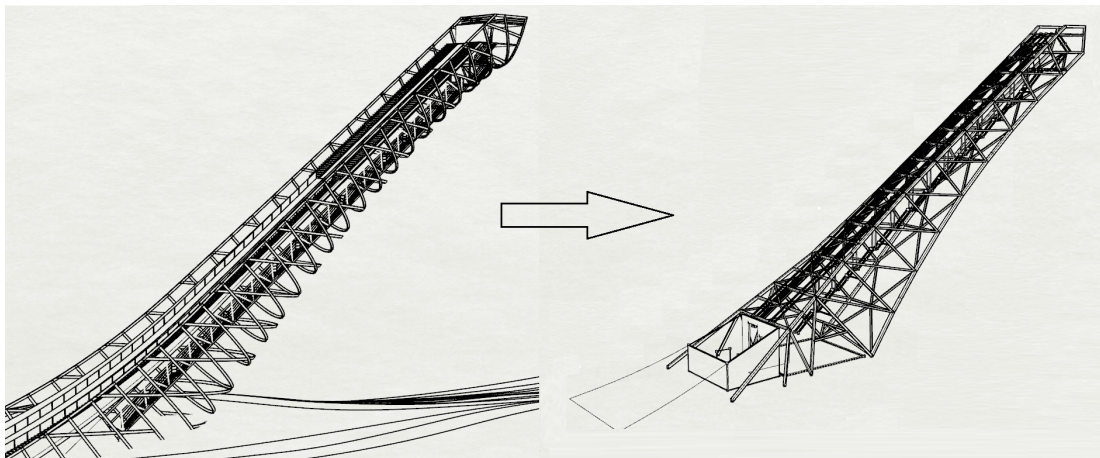
Obr. 1.5: Znáozornenie zmien v pôvodnom návrhu



Obr. 1.6: Základné profily-V.A

1.2 Nový návrh - Varianta B

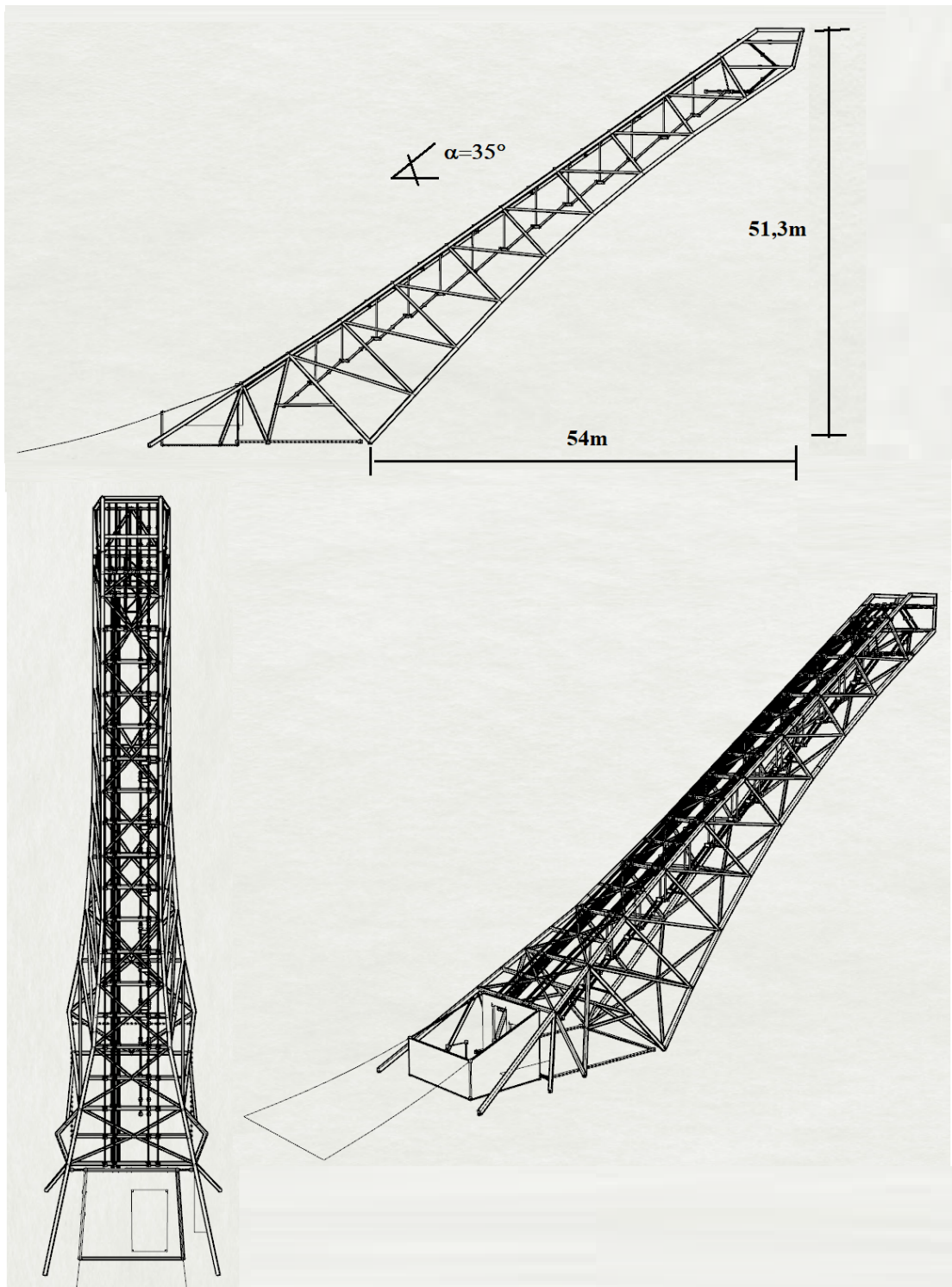
Ďalej sme postupovali tak, že sme navrhli novú konštrukciu mostíka, avšak s prihliadnutím nato, aby sa dodržala stanovená geometria. Obrázok 2.10 konfrontuje pôvodny návrh s nami stanoveným finálnym



Obr. 1.7: Pôvodný verzus finálny tvar

tvarom.

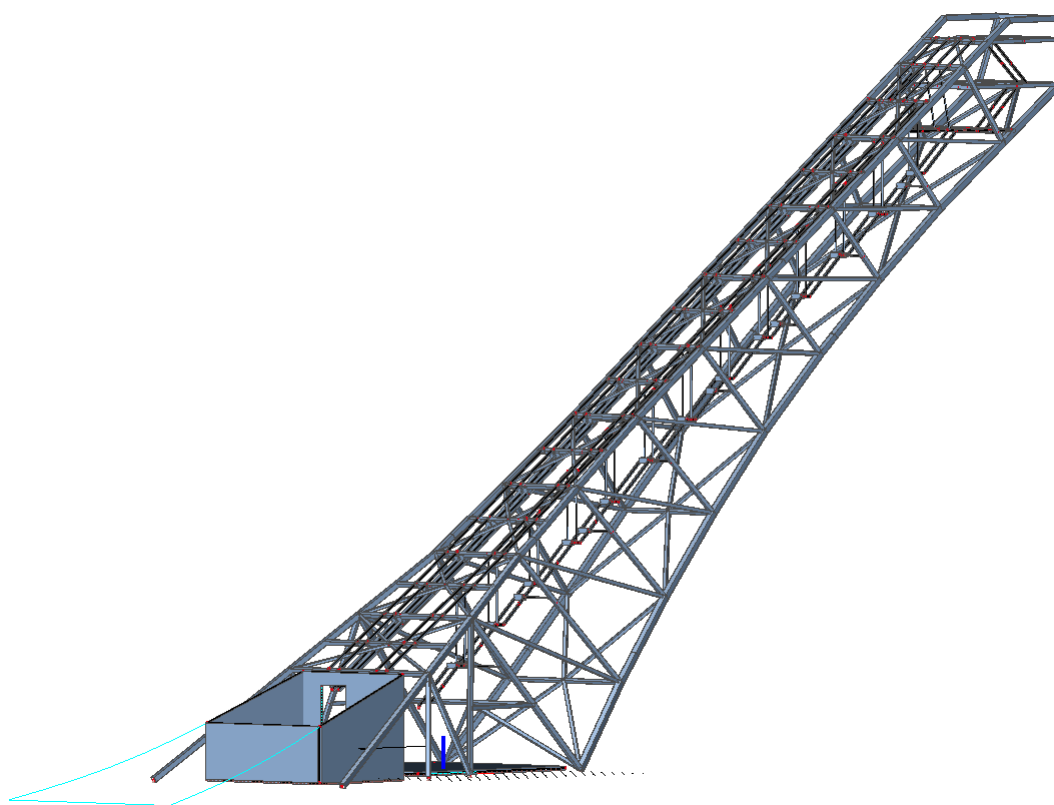
Finálny tvar mostíku je zakrivený v dvoch na seba kolmých rovinách, čo je dobre vidieť z obrázku 1.8. Na tomto mieste už nebudeme uvádzať viac podrobností k výslednému tvaru. V ďalších častiach sa budeme venovať už len tejto finálnej verzii.



Obr. 1.8: Finálny tvar mostíka

OPIS KONŠTRUKCIE A VÝPOČETNÉHO MODELU

V rámci tejto kapitoly sa zoznámime podrobne so samotnou konštrukciou a popíšeme si statický model. Ako je vidieť na obrázku 1.8, hlavný nosný prvok mostíka tvorí dvojica zakrivených priehradových nosní-



Obr. 2.1: 3D model v SCII

kov. Spolu s dolným a horným stužením to pripomína komorový prierez. Dolné stuženie tvoria diagonály, ktoré sú vždy v mieste vzájomného kríženia prepojené pomocou priečnikov. Priečniky tiež pomáhajú stabilizovať tlakovo namáhaný spodný pás hlavných nosníkov. Horné stuženie je tvorené diagonálami, ktorých hlavnou úlohou je zabezpečiť priestorovú tuhosť. Plocha kadiaľ budú jazdiť lyžiari a chodiť ľudia je vytvorená pomocou horných priečnikov, ktoré sú umiestnené vždy v styčníkoch horného pásu hlavného

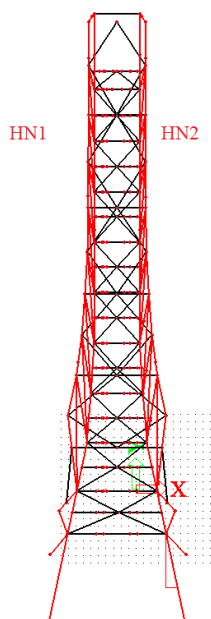
nosníka a takisto v ich polovičnej vzdialenosti medzi sebou. Na týchto priečnikoch je potom umiestnený trapézový plech. Na horných pásniciach sú umiestnené nosníky, ktoré tvoria schodisko a na tomto mieste je trapézový plech vždy ukončený. Mostík umožňuje 2 typy prepravy. Buď pomocou zavesených schodov alebo šikmého výťahu. Vnútorne schody vysia na tiahloch, ktoré sú na začiatku schodiska pripojené k horným priečnikom a neskôr k pozdĺžnikom, ktoré boli z tohto dôvodu pridané. Medzi nosníkmi schodiska sú navrhnuté schodiskové stupne z pororoštu. Aby sme zabezpečili to, že nám schodisko nevybočí, upevnili sme ho do zvislíc hlavného nosníka. Jazdná dráha výťahu je tvorená dvojicou pozdĺžnikov, ktoré sú pripojené k spodnej pásnici horných priečnikov. Na vrchu mostíka sa nachádzajú 3 plošiny, na ktorých je umiestnená pochôdzna plocha z pororoštu. Zábradlie v miestach schodísk, ako aj na plošinách sa uvažuje z plného profilu, čiže priepustnosť je 0. Čitateľa upozorňujem nato, že v tejto variante nebolo uvažované opláštenie mostíka.

Výpočetný model

Celý výpočet mostíku je vyhotovený v zmysle platných európskych noriem. Výpočetný model bol vytvorený v programe Scia Engineer 15.3.120, ako priestorový prútový model. Je zložený z prútov, ktoré reprezentujú jednotlivé konštrukčné prvky.

2.1 Hlavné nosníky

Nosníky sú navrhnuté z pravouhlých dutých prierezov, ktoré sme sa rozhodli navzájom zvariť, aby boli hermeticky uzavreté a teda zamedzili vzniku korózii vo vnútri, ktorá by sa inak len ťažko dala kontrolovať. Z pohľadu statiky sú teda styčníky tuhé a prenášajú aj momenty. Označenie jednotlivých prvkov, ako aj priradenie prierezov k prvkom nájdete na nasledujúcich stranách.



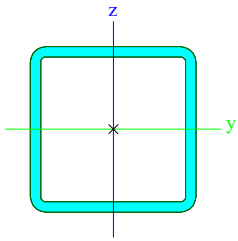
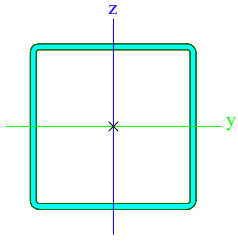
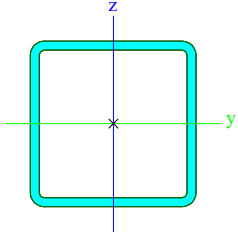
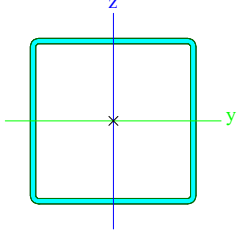
Obr. 2.2: Označenie hlavných nosníkov

1. Prut

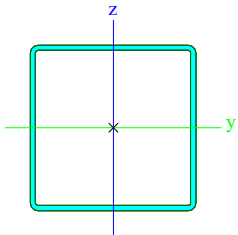
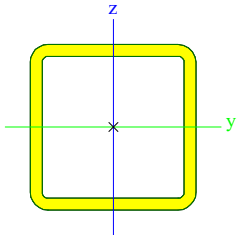
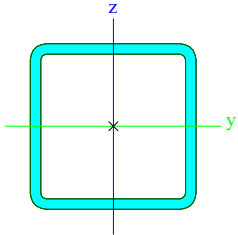
Jméno	Průřez	Materiál
B403	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	S 355
B404	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	S 355
B405	dolny_pas1 - SHS450/450/28.0	S 355
B406	dolny_pas1 - SHS450/450/28.0	S 355
B407	dolny_pas3 - SHS450/450/25.0	S 355
B408	dolny_pas3 - SHS450/450/25.0	S 355
B409	dolny_pas3 - SHS450/450/25.0	S 355
B410	dolny_pas2 - SHS450/450/16.0	S 355
B411	zvyslica2 - SHS350/350/19.0	S 355
B412	zvyslica6 - SHS300/300/16.0	S 355
B413	zvyslica6 - SHS300/300/16.0	S 355
B414	zvyslica6 - SHS300/300/16.0	S 355
B415	zvyslica6 - SHS300/300/16.0	S 355
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	S 355
B417	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	S 355
B418	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	S 355
B419	zvyslica4 - SHS300/300/16.0	S 355
B420	zvyslica4 - SHS300/300/16.0	S 355
B421	diagonaly2 - SHS250/250/16.0	S 355
B422	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B423	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B424	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B425	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B426	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B427	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B429	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	S 355
B430	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	S 355
B431	dolny_pas1 - SHS450/450/28.0	S 355
B432	dolny_pas3 - SHS450/450/25.0	S 355
B433	dolny_pas3 - SHS450/450/25.0	S 355
B434	dolny_pas3 - SHS450/450/25.0	S 355
B435	dolny_pas1 - SHS450/450/28.0	S 355
B436	dolny_pas2 - SHS450/450/16.0	S 355
B437	zvyslica4 - SHS300/300/16.0	S 355
B438	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B439	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	S 355
B440	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B441	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	S 355
B442	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B443	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	S 355
B444	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B445	zvyslica6 - SHS300/300/16.0	S 355
B446	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B447	zvyslica6 - SHS300/300/16.0	S 355
B448	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B449	zvyslica6 - SHS300/300/16.0	S 355
B450	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B451	zvyslica6 - SHS300/300/16.0	S 355
B452	diagonaly2 - SHS250/250/16.0	S 355
B453	zvyslica2 - SHS350/350/19.0	S 355
B454	zvyslica4 - SHS300/300/16.0	S 355
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	S 355
B456	horny_pas1 - SHS400/400/22.0	S 355
B457	horny_pas1 - SHS400/400/22.0	S 355
B458	horny_pas1 - SHS400/400/22.0	S 355
B459	fake - SHS400/400/22.0	S 355
B460	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B461	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B462	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B463	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B465	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B466	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B467	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B468	horny_pas1 - SHS400/400/22.0	S 355
B469	horny_pas1 - SHS400/400/22.0	S 355
B470	horny_pas1 - SHS400/400/22.0	S 355
B471	horny_pas1 - SHS400/400/22.0	S 355
B472	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	S 355
B495	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	S 355
B537	dolny_pas2 - SHS450/450/16.0	S 355

Jméno	Průřez	Materiál
B539	dolny_pas2 - SHS450/450/16.0	S 355
B621	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B622	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B624	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	S 355
B625	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B849	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	S 355
B889	zvyslica3 - SHS300/300/12.5	S 355
B894	zvyslica3 - SHS300/300/12.5	S 355
B904	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	S 355
B905	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	S 355
B962	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	S 355
B964	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	S 355
B965	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	S 355
B967	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	S 355
B1031	horny_pas1 - SHS400/400/22.0	S 355
B1032	horny_pas1 - SHS400/400/22.0	S 355
B1033	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B1034	horny_pas2 - SHS400/400/12.5	S 355
B1035	dolny_pas3 - SHS450/450/25.0	S 355
B1036	dolny_pas3 - SHS450/450/25.0	S 355
B1037	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	S 355
B1038	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	S 355

Průřezy

Jméno	dolny_pas1
Typ	SHS450/450/28.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	dolny_pas2
Typ	SHS450/450/16.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	horny_pas1
Typ	SHS400/400/22.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	zvyslica1
Typ	SHS300/300/10.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	zvyslica2
Typ	SHS350/350/19.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný

Obrázek	
Jméno	zvyslica3
Typ	SHS300/300/12.5
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	zvyslica4
Typ	SHS300/300/16.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	diagonaly1
Typ	SHS250/250/12.5
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	dolny_pas3
Typ	SHS450/450/25.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	horny_pas2

Typ	SHS400/400/12.5
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	dolny_pas4
Typ	SHS450/450/32.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	diagonaly2
Typ	SHS250/250/16.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	

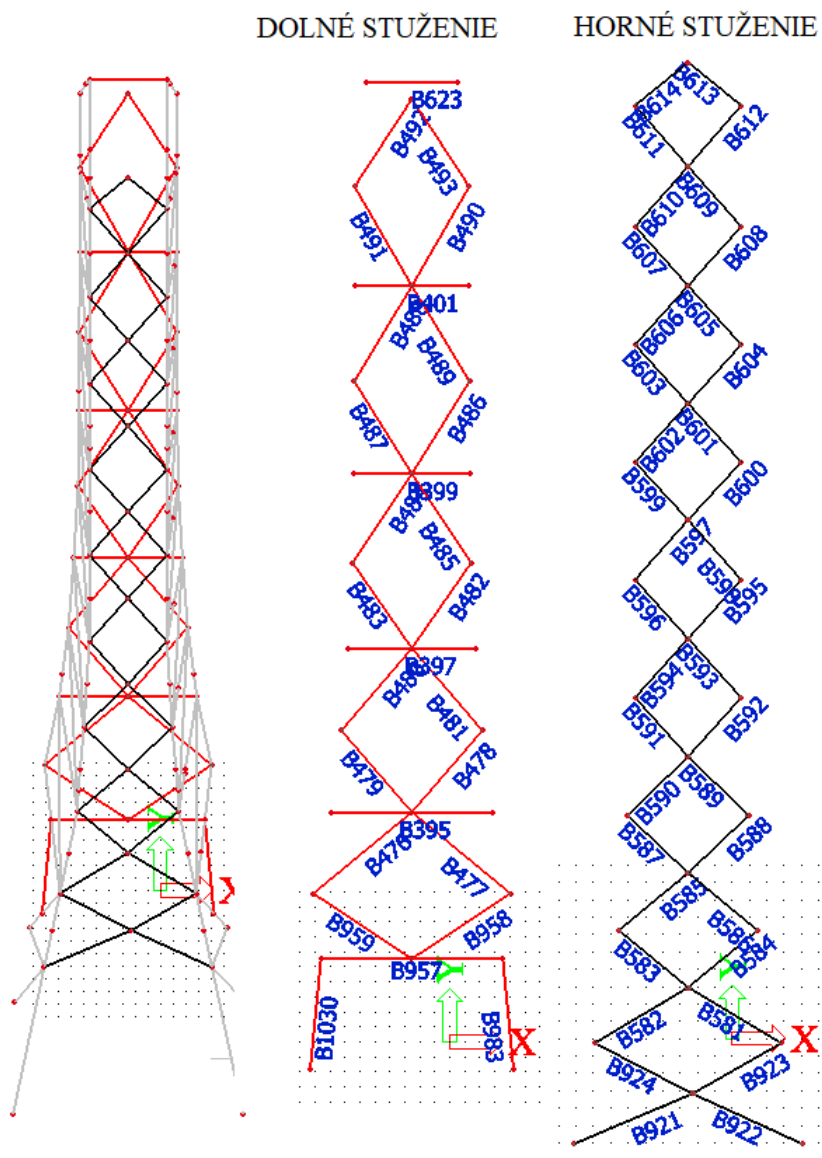
2.2 Dolné a horné stuženie

Jednotlivé prvky sú vytvorené z pravouhlých dutých profilov. Všetky prúty okrem priečnikov sú kĺbovo uložené pomocou navarených platní, ktoré sa navzájom spoja šroubami. Konce prútov budú opatrené privarenou čelnou doskou, aby sa zamedzilo vnikaniu vody, ako aj vlhkosti do vnútra profilu.

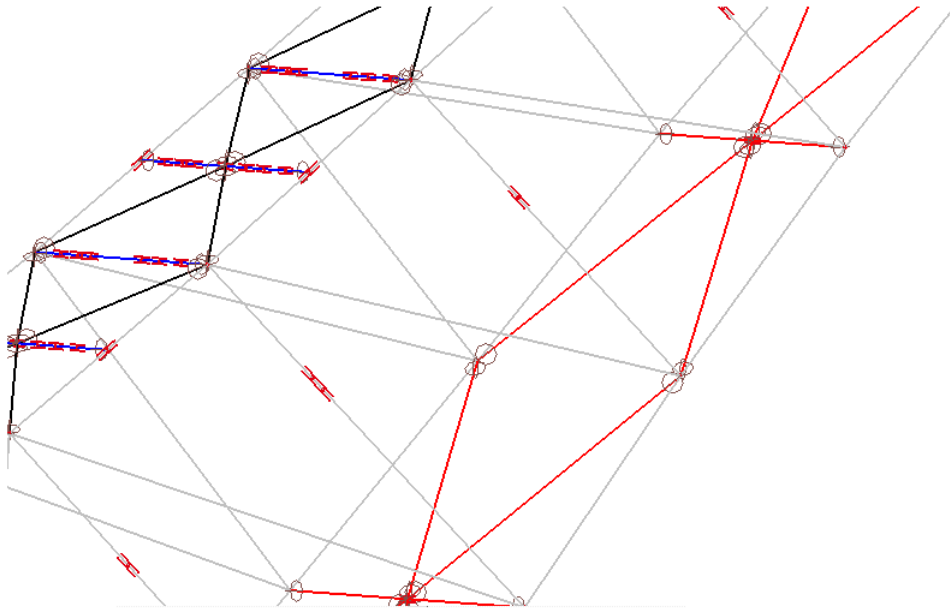
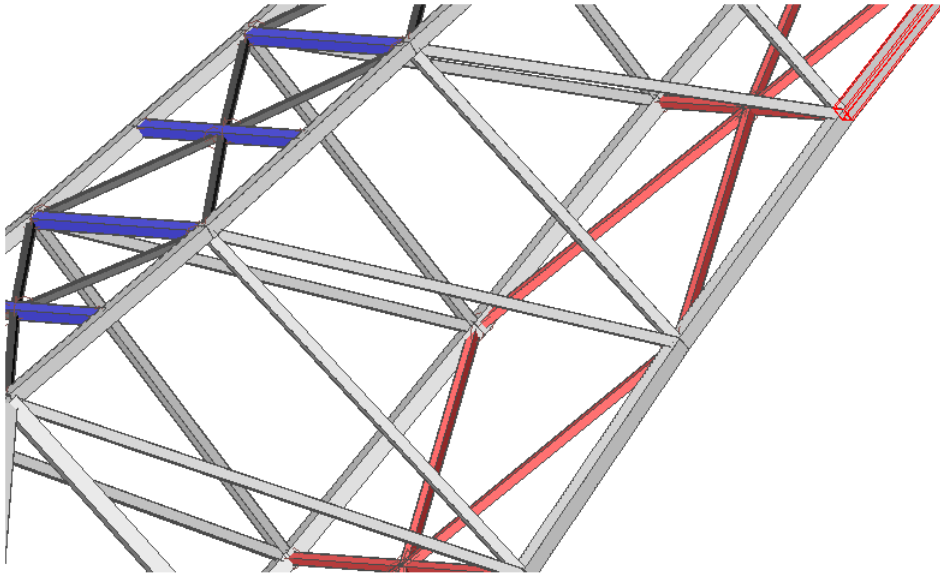
Spodné stuženie je v úrovni spodných pásov. Horné stuženie je umiestnené v rovine horných pásov, vždy diagonálne medzi jednotlivými priečnikmi.

Spodný/horný priečnik je privarený k spodným/horným pásniciam hlavných nosníkov.

Označenie jednotlivých prvkov, ako aj priradenie prierezov k prvkom nájdete na nasledujúcich stranách.



Obr. 2.4: Označenie a názvy prvkov stuženia

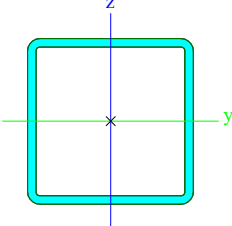
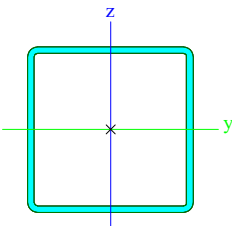
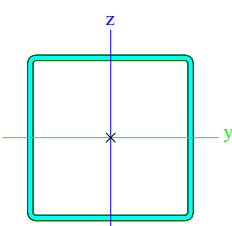
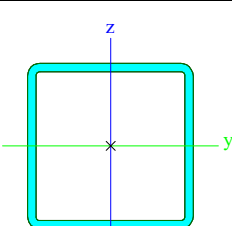


Obr. 2.5: Statický model-ukážka

Jméno	Průřez	Materiál	Délka [mm]
B395	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	10853,340
B397	stuzenie_D_2 - SHS250/250/10.0	S 355	8580,772
B399	stuzenie_D_2 - SHS250/250/10.0	S 355	7761,921
B401	stuzenie_D_2 - SHS250/250/10.0	S 355	7660,395
B476	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	10408,388
B477	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	10408,386
B478	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	9289,073
B479	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	9290,008
B480	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	9278,020
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	9277,020
B482	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8922,000
B483	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8921,972
B484	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8922,662
B485	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8922,635
B486	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8878,149
B487	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8878,120
B488	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8877,172
B489	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8877,146
B490	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8869,588
B491	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8869,559
B492	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8021,647
B493	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	8021,224
B581	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	6606,403
B582	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	6605,631
B583	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5594,816
B584	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5594,702
B585	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5682,672
B586	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5683,324
B587	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5338,510
B588	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5337,916
B589	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5421,205
B590	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5421,801
B591	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5155,843
B592	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5156,392
B593	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5153,398
B594	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5153,380
B595	stuzenie_H_1 -	S 355	5153,381

Jméno	Průřez	Materiál	Délka [mm]
	SHS200/200/10.0		
B596	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5153,396
B597	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5201,938
B598	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5201,953
B599	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5084,183
B600	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5084,168
B601	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5140,265
B602	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5140,336
B603	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5146,793
B604	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5146,013
B605	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5154,335
B606	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5153,640
B607	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5172,641
B608	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5172,626
B609	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5210,735
B610	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5210,720
B611	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5273,660
B612	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	5273,643
B613	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	4310,501
B614	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	4310,487
B623	stuzenie_D_3 - SHS300/300/10.0	S 355	6123,170
B921	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	7696,891
B922	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	7250,629
B923	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	6190,704
B924	stuzenie_H_1 - SHS200/200/10.0	S 355	6614,839
B957	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	12135,348
B958	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	9173,215
B959	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	9173,279
B983	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	7387,138
B1030	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	S 355	7387,133

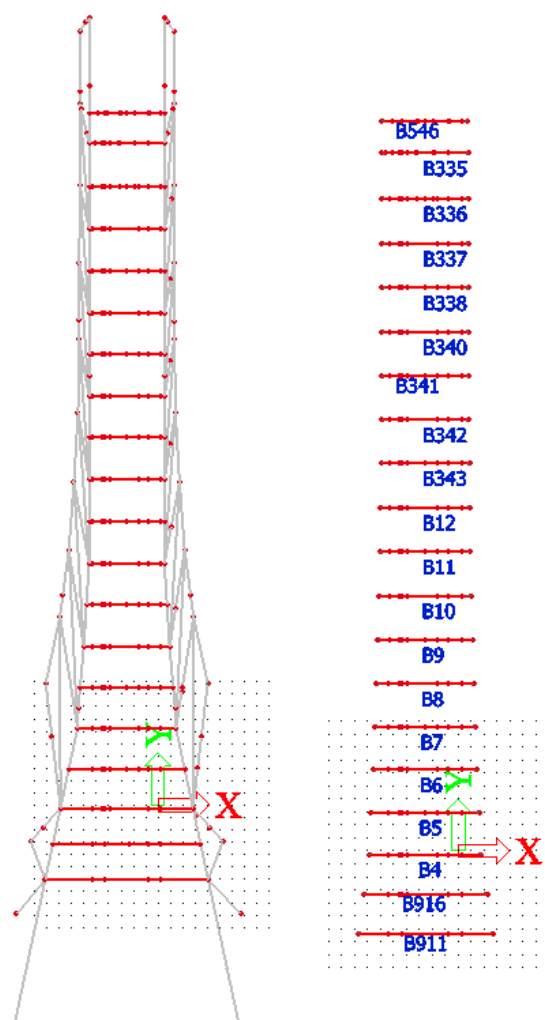
Průřezy

Jméno	stuzenie_D_1
Typ	SHS250/250/12.5
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	 A technical drawing showing the cross-section of a square hollow section (SHS) with a side length of 250 mm and a wall thickness of 12.5 mm. The section is centered on a coordinate system with a vertical z-axis and a horizontal y-axis. The z-axis is blue and the y-axis is green. A small 'x' marks the center of the square.
Jméno	stuzenie_D_2
Typ	SHS250/250/10.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	 A technical drawing showing the cross-section of a square hollow section (SHS) with a side length of 250 mm and a wall thickness of 10.0 mm. The section is centered on a coordinate system with a vertical z-axis and a horizontal y-axis. The z-axis is blue and the y-axis is green. A small 'x' marks the center of the square.
Jméno	stuzenie_D_3
Typ	SHS300/300/10.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	 A technical drawing showing the cross-section of a square hollow section (SHS) with a side length of 300 mm and a wall thickness of 10.0 mm. The section is centered on a coordinate system with a vertical z-axis and a horizontal y-axis. The z-axis is blue and the y-axis is green. A small 'x' marks the center of the square.
Jméno	stuzenie_H_1
Typ	SHS200/200/10.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	 A technical drawing showing the cross-section of a square hollow section (SHS) with a side length of 200 mm and a wall thickness of 10.0 mm. The section is centered on a coordinate system with a vertical z-axis and a horizontal y-axis. The z-axis is blue and the y-axis is green. A small 'x' marks the center of the square.

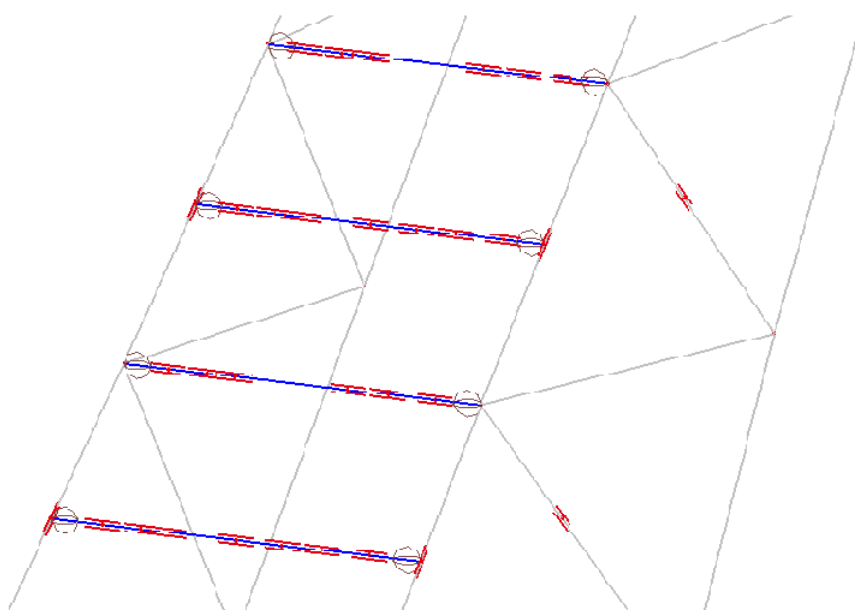
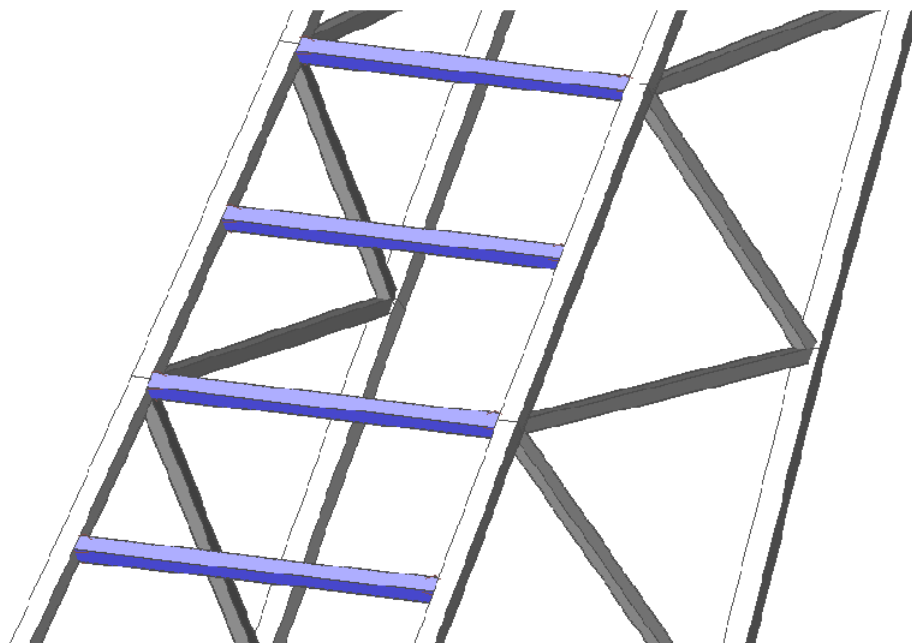
2.3 Horné priečniky

Priečniky sú z jäklových profilov a slúžia k vytvoreniu plochy, po ktorej budú jazdiť lyžiari a takisto k pohybu ľudí po mostíku. Pohyb bežných ľudí je umožnený po oboch stranách lyžiarskej stopy pomocou schodiska. Tieto priečniky sú kľbovo uložené k hornému pásu priehradového nosníka.

Označenie jednotlivých prvkov, ako aj priradenie prierezov k prvkom nájdete na nasledujúcich stranách.



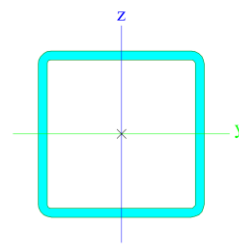
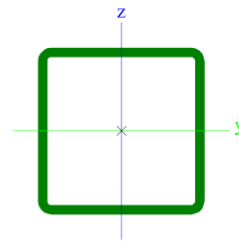
Obr. 2.6: Označenie a názvy prvkov horných priečnikov



Obr. 2.7: Statický model-ukážka

1. Prut

Jméno	Průřez	Materiál	Délka [mm]
B4	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	S 355	8696,183
B5	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	S 355	8349,388
B6	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	7995,098
B7	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	7737,613
B8	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	7480,127
B9	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	7301,649
B10	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	7123,170
B11	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	7009,300
B12	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6895,430
B335	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6650,859
B336	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6655,671
B337	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6660,395
B338	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6674,305
B340	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6688,121
B341	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6725,055
B342	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6761,921
B343	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6827,676
B546	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6622,288
B911	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	S 355	10399,178
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	S 355	9547,681

Jméno	priecnik_H_1
Typ	SHS300/300/16.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	priecnik_H_2
Typ	SHS300/300/16.0
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Výroba	válcovaný
Obrázek	

2.4 Dolné a horné schodisko

Dolné schodisko tvorí obdĺžnikový dutý prierez. Schodisko je tvorené radou lomených nosníkov. Pomocou trubkových prierezov, ktoré pôsobia ako tiahla, je schodisko zavesené v rovnakých rozostupoch vždy v mieste vodorovnej časti lomeného nosníka. Pojem tiahla nie je úplne korektný, keďže v nich nebol vylúčený tlak. Po vykonaní globálnej analýzy, obálka vnútorných síl indikuje prítomnosť tlakových síl. Tieto pruty sa teda musia posúdiť aj na vzper.

Bočné stuženie alebo tiež vzpery, ktoré držia schodisko v priečnom smere sú kĺbovo pripevnené, vždy v mieste zvislice hlavného nosníka.

Pozdĺžniky sú prvky, ktoré sú pripevnené k spodnej pásnici horných priečnikov. Navrhnuté sú ako prostý nosník. Do pozdĺžnikov sú ďalej chytené tiahla. Tieto pozdĺžniky sme aplikovali preto, aby sme dodržali akýsi rovnaký raster rozmiestnenia tiahel.

Medzi nosníkmi sú stužujúce schodiskové stupne z pororoštu. Vzhľadom nato, že sme schodiskové stupne nemodelovali, nahradili sme ich v istom rozostupe tuhými väzbami, vďaka ktorým prebehol korektné nelineárny výpočet a prvý tvar z výpočtu stability neodpovedal lokálnemu vybočeniu nosníku dolného schodiska.

Podrobné označenie v tomto prípade nemá zmysel, keďže sú volené rovnaké profily pre rovnakú skupinu prvkov.

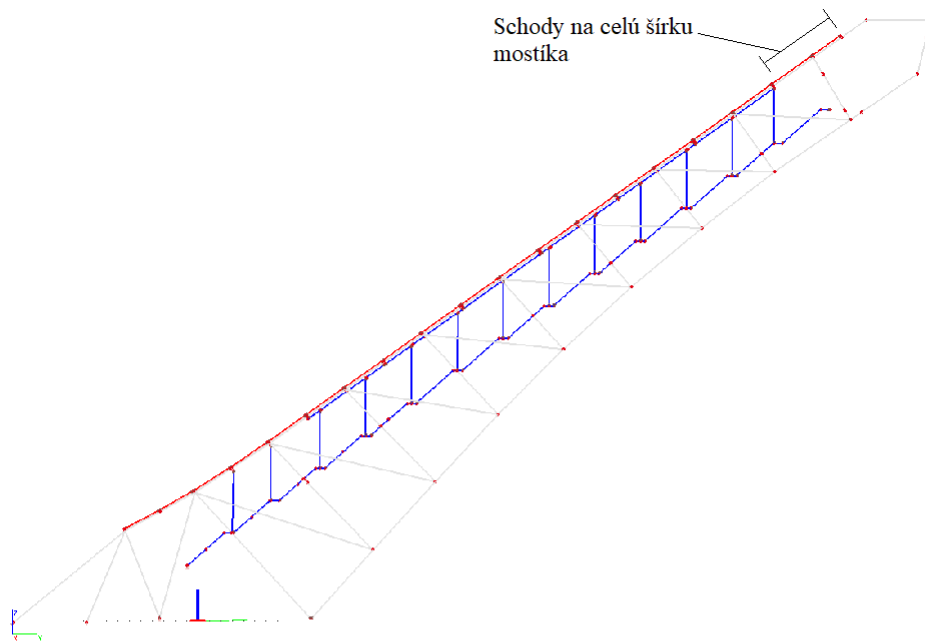
Tabuľka 2.1: Prvky dolného schodiska

Nosník	schody/dolne1	J200/100/6,0
Tiahlo	tiahla/schody2	CHS88,9/4,0
Pozdĺžnik	zaves/schody	UPN140
Stuženie	schody/dolne3	IPE120

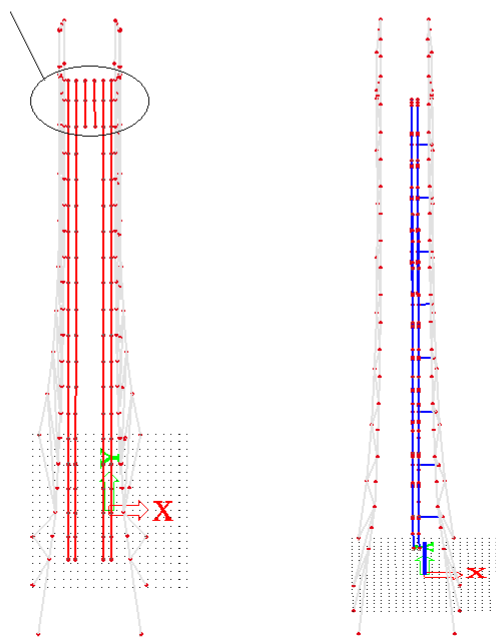
Horné schodisko je riešené ako prostý nosník, uložený na hornej pásnici horných priečnikov. Je zložené z dvoch tipov profilov. Časť nazvaná na obr.2.8 "Schody na celú šírku" označíme v tabuľke ako "Nosník 2". Ostatné prvky odpovedajú nosníku 1.

Tabuľka 2.2: Prvky horného schodiska

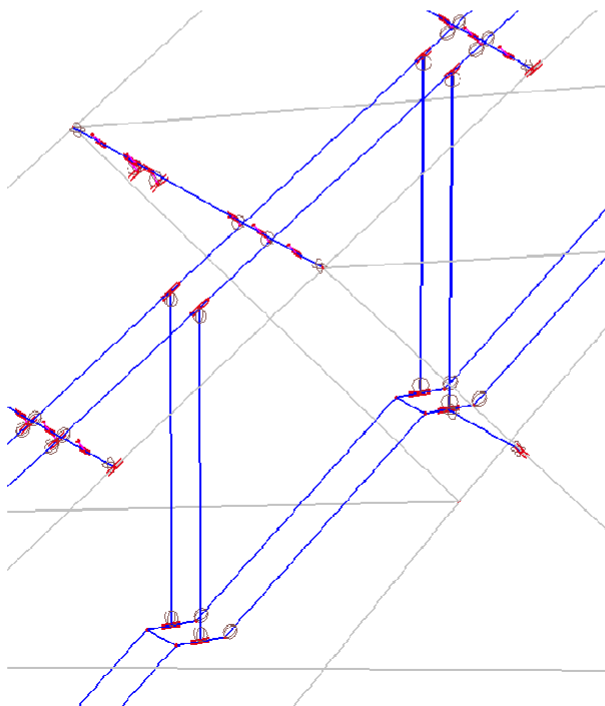
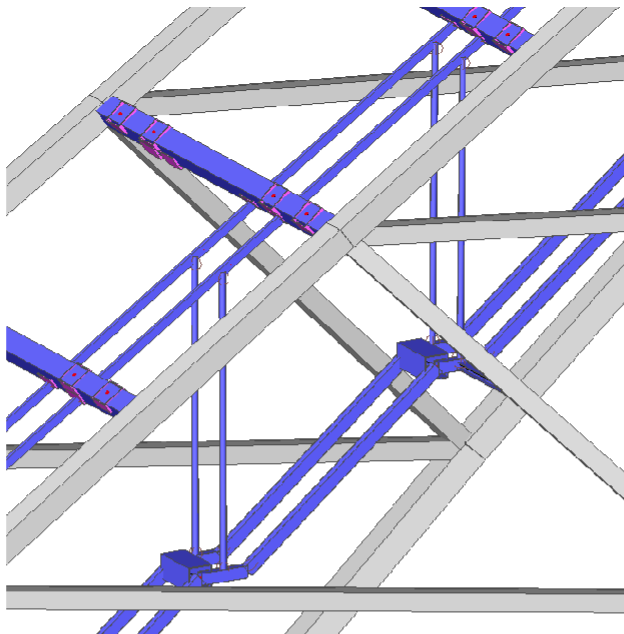
Nosník 1	schody/horne2	UPE200
Nosník 2	schody/horne1	J180/100/6,0



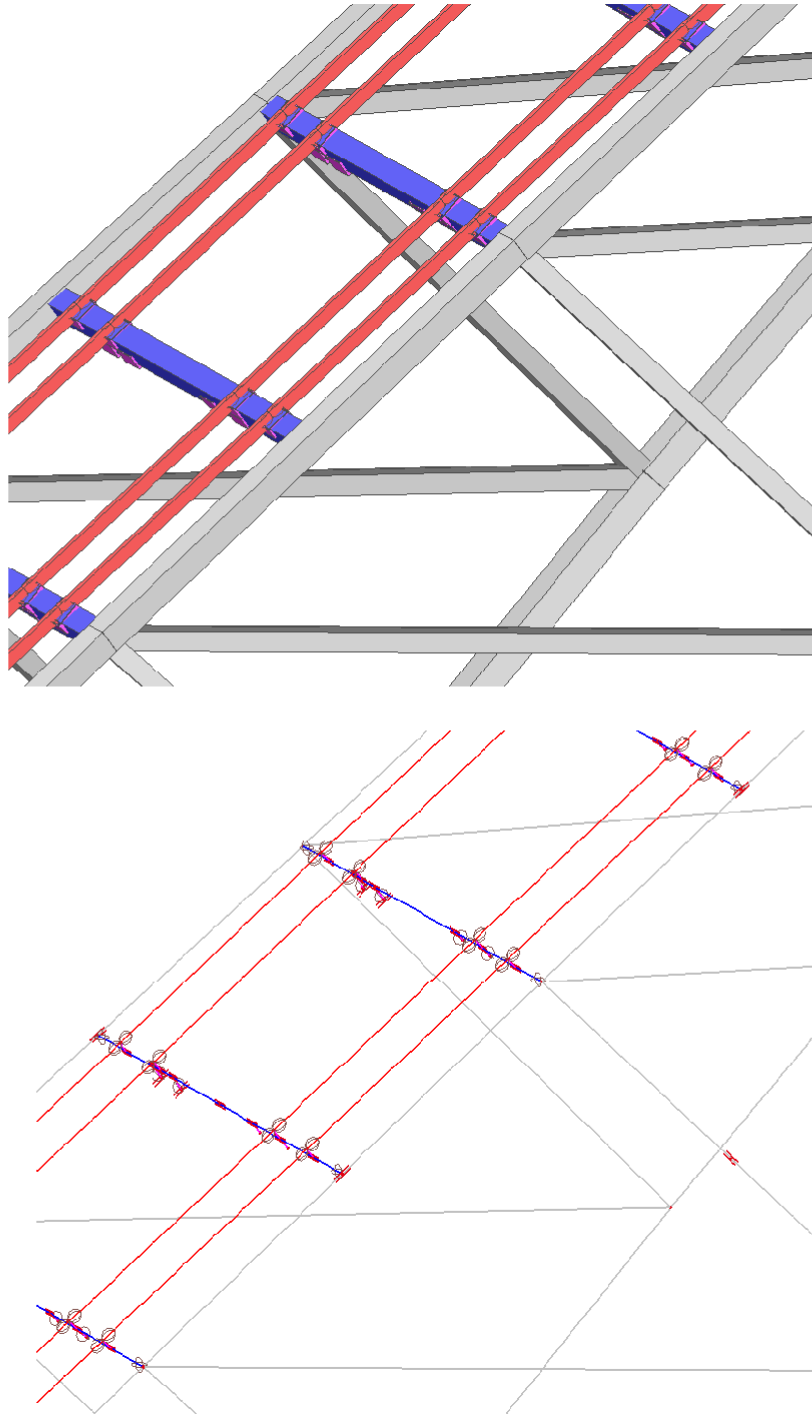
Schody na celú šírku



Obr. 2.8: Pohľad na dolné a horné schodisko

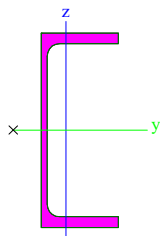
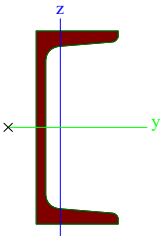
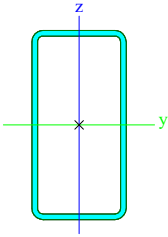
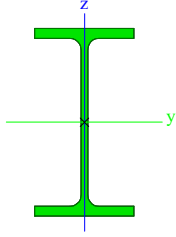


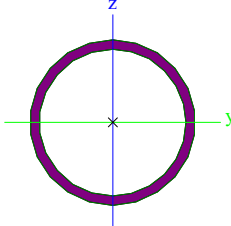
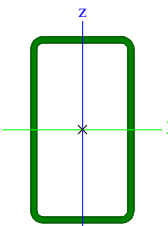
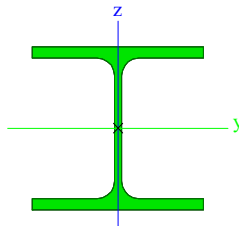
Obr. 2.9: Statický model - dolné schodisko



Obr. 2.10: Statický model - horné schodisko

Průřezy

Jméno	schody_home2
Typ	UPE200
Zdroj hodnot	Bauen mit Stahl / Thema UPE, UNP, UAP - Tabelle 1 / Salzgitter AG
Výroba	válcovaný
Obrázek	 A technical drawing of a UPE200 channel steel cross-section. The section is shown in a light blue color. It features a vertical web and two horizontal flanges. A coordinate system is centered on the web, with the z-axis pointing vertically upwards and the y-axis pointing horizontally to the right. The origin is marked with a small 'x'.
Jméno	zaves_schody
Typ	UPN140
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Výroba	válcovaný
Obrázek	 A technical drawing of an UPN140 channel steel cross-section. The section is shown in a dark red color. It features a vertical web and two horizontal flanges. A coordinate system is centered on the web, with the z-axis pointing vertically upwards and the y-axis pointing horizontally to the right. The origin is marked with a small 'x'.
Jméno	schody_dolne1
Typ	J200X100X6
Zdroj hodnot	Chinese Standard / GB 6728-2002
Výroba	tvářený za studena
Obrázek	 A technical drawing of a J200X100X6 channel steel cross-section. The section is shown in a light blue color. It features a vertical web and two horizontal flanges. A coordinate system is centered on the web, with the z-axis pointing vertically upwards and the y-axis pointing horizontally to the right. The origin is marked with a small 'x'.
Jméno	schody_dolne3
Typ	IPE120
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Výroba	válcovaný
Obrázek	 A technical drawing of an IPE120 I-beam cross-section. The section is shown in a light green color. It features a vertical web and two horizontal flanges. A coordinate system is centered on the web, with the z-axis pointing vertically upwards and the y-axis pointing horizontally to the right. The origin is marked with a small 'x'.
Jméno	tiahla_schody2
Typ	CFCHS88.9X5
Zdroj hodnot	Rautaruukki Oyj / Structural Hollow Sections EN10219 / Ed.2007
Výroba	válcovaný

Obrázek	
Jméno	schody_home1
Typ	J180X100X6
Zdroj hodnot	Chinese Standard / GB 6728-2002
Výroba	tvářený za studena
Obrázek	
Jméno	schody_dolne4
Typ	HEA120
Zdroj hodnot	Profil Arbed / Structural shapes / Edition Octobre 1995
Výroba	válcovaný
Obrázek	

2.5 Plošiny

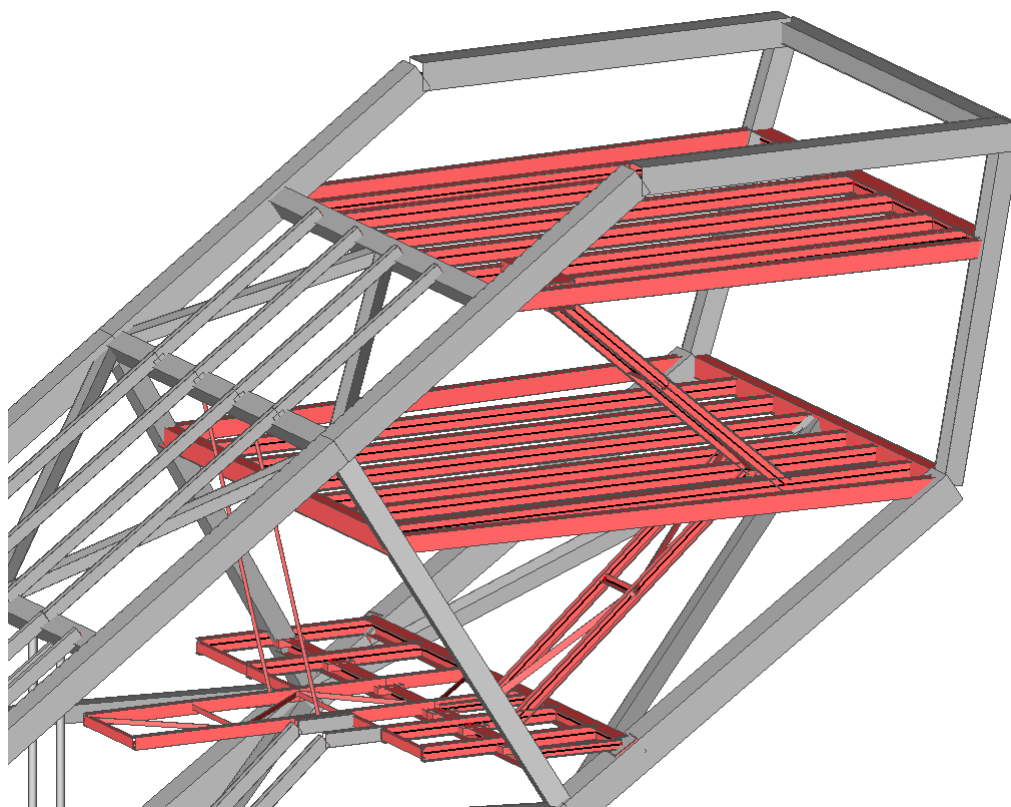
Na vrchu konštrukcie sa nachádzajú plošiny, ktoré sú v troch výškových úrovniach. Označíme ich od najnižšie položenej HP1 až po HP3.

Na plošine HP1 vyúsťuje schodisko a výťah. Táto plošina je tvorená dvomi priečnymi nosníkmi, na ktorých sú uložené IPE nosníky s prevyslím koncom. Uprostred plošiny sú 2 komorové nosníky, ktoré sú vykonzolované o cca. 3,2m viac ako ostatné. Z tohto dôvodu sú podopierané dvojicou tiahel. Miesto uloženia tiahla, bolo vyiterované na základe priehybov. Tieto nosníky tvoria výstupnú plošinu pre ľudí z výťahu. Táto plošina je vo vodorovnom smere stužená profilmi typu L. Z plošiny HP1 ďalej vedie schodisko na HP2. Schodisko je tvorené dvojicou UPE nosníkov, ktoré sú kĺbovo uložené na plošinách.

Plošina HP2 je tvorená nosníkmi, ktoré sú uložené na priečnik, ktorý spája konce spodných pásov priehradových nosníkov (*nazvyme ho B538*) a na ďalší priečnik, ktorý je pripojený k zvisliciam hlavných nosníkov (*nazvyme ho B285*). Priečnik *B538* pôsobí ako obojstranne vetknutý nosník z toho dôvodu, aby celý nos konštrukcie bol tuhší a nevykazoval zvýšené deformácie. Priečnik *B285* je tiež obojstranne vetknutý a pripojený k zvisliciam. Na tento priečnik sú následne pripojené kĺbovo nosníky, ktoré sú otvoreného prierezu okrem krajov, kde je uzavretý prierez. Z plošiny HP2 vedie rovnaké schodisko na HP3.

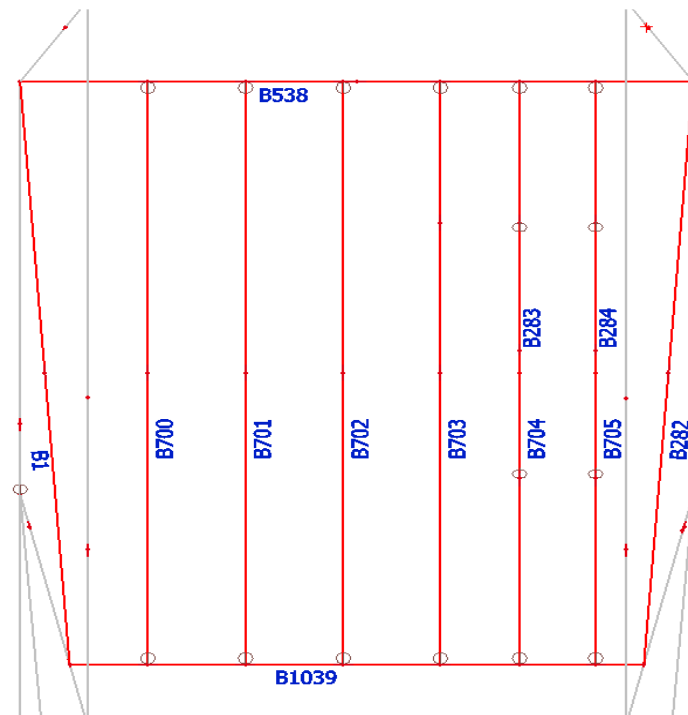
Plošina HP3 je rovnakého typu ako HP2.

Pre lepšiu predstavu uvádzame najskôr vyrendrovaný model a následne pohľad na konštrukciu s označením prvkov.

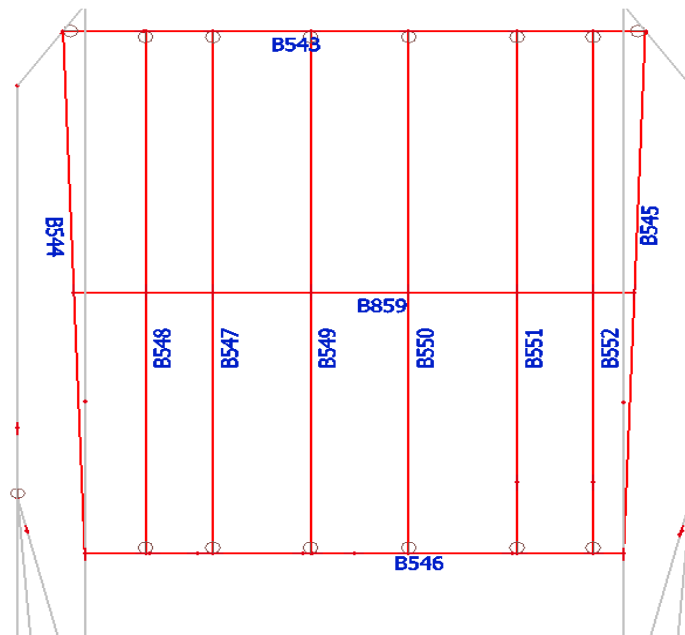


Obr. 2.11: Horné plošiny

PLOŠINA HP2



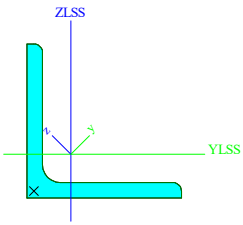
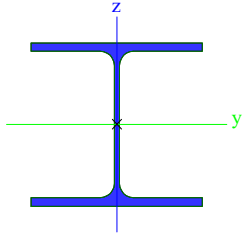
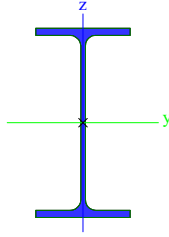
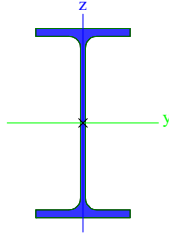
PLOŠINA HP3

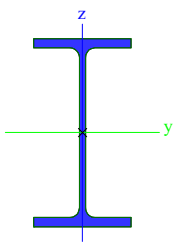
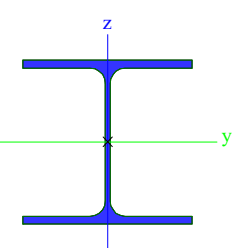
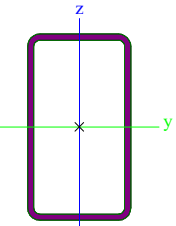
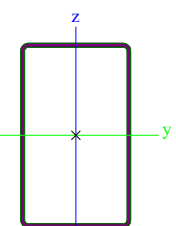
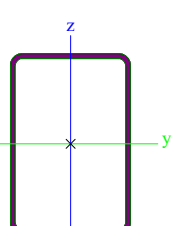


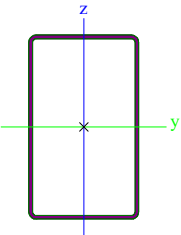
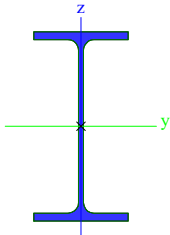
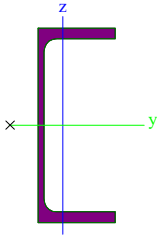
Obr. 2.13: HP2 + HP3

Jméno	Průřez	Materiál	Délka [mm]
B1	H.P.2_3 - J250X150X5	S 355	8270,625
B271	H.P.schody - UPE200	S 355	4712,355
B281	H.P.schody - UPE200	S 355	4712,402
B282	H.P.2_3 - J250X150X5	S 355	8270,331
B283	H.P.schody - UPE200	S 355	4801,110
B284	H.P.schody - UPE200	S 355	4801,103
B538	H.P.2_2 - J300X200X8	S 355	7646,651
B543	H.P.3_2 - HEA300	S 355	6615,364
B544	H.P.3_3 - J250X150X5	S 355	7406,839
B545	H.P.3_3 - J250X150X5	S 355	7406,937
B546	priecnik_H_2 - SHS300/300/16.0	S 355	6123,170
B547	H.P.3_1 - IPE270	S 355	7402,765
B548	H.P.3_1 - IPE270	S 355	7402,749
B549	H.P.3_1 - IPE270	S 355	7402,788
B550	H.P.3_1 - IPE270	S 355	7402,811
B551	H.P.3_1 - IPE270	S 355	7402,837
B552	H.P.3_1 - IPE270	S 355	7402,855
B558	schody_horne2 - UPE200	S 355	1451,509
B559	H.P_stuženie - LS70X7	S 355	1451,509
B560	H.P_stuženie - LS70X7	S 355	2176,630
B561	H.P_stuženie - LS70X7	S 355	2176,631
B565	H.P.1_4 - HEA220	S 355	7614,444
B694	H.P.1_2 - IPE220	S 355	2650,108
B695	H.P.1_2 - IPE220	S 355	2650,102
B698	H.P.1_2 - IPE220	S 355	2650,087
B699	H.P.1_2 - IPE220	S 355	2650,083
B700	H.P.2_1 - IPE240	S 355	8251,469
B701	H.P.2_1 - IPE240	S 355	8251,465
B702	H.P.2_1 - IPE240	S 355	8251,461
B703	H.P.2_1 - IPE240	S 355	8251,458
B704	H.P.2_1 - IPE240	S 355	8251,454
B705	H.P.2_1 - IPE240	S 355	8251,451
B810	H.P.1_4 - HEA220	S 355	7437,371
B825	H.P.1_3 - J180X100X6	S 355	2650,091
B826	H.P.1_1 - IPE140	S 355	1323,814
B827	H.P.1_3 - J180X100X6	S 355	3243,974
B828	H.P.1_3 - J180X100X6	S 355	2650,096
B829	H.P.1_3 - J180X100X6	S 355	3243,974
B832	schody_horne2 - UPE200	S 355	1100,526
B833	schody_horne2 - UPE200	S 355	1195,779
B836	H.P.1_1 - IPE140	S 355	1392,945
B837	schody_horne2 - UPE200	S 355	1500,000
B838	schody_horne2 - UPE200	S 355	1500,000
B839	H.P_stuženie - LS70X7	S 355	1451,509
B845	tiahla_schody1 - CHS48.3/3.2	S 355	4630,798
B846	tiahla_schody1 - CHS48.3/3.2	S 355	4630,762
B847	H.P_stuženie - LS70X7	S 355	1966,187
B848	H.P_stuženie - LS70X7	S 355	1964,528
B1039	H.P.2_2 - J300X200X8	S 355	6525,578

Průřezy

Jméno	H.P. stužení
Typ	LS70X7
Zdroj hodnot	Chinese Standard / GB 9787-88
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	H.P.1_4
Typ	HEA220
Zdroj hodnot	Profil Arbed / Structural shapes / Edition Octobre 1995
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	H.P.3_1
Typ	IPE270
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	H.P.2_1
Typ	IPE240
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	H.P.1_1
Typ	IPE140
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Výroba	válcovaný

Obrázek	
Jméno	H.P.3_2
Typ	HEA300
Zdroj hodnot	Profil Arbed / Structural shapes / Edition Octobre 1995
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	H.P.1_3
Typ	J180X100X6
Zdroj hodnot	Chinese Standard / GB 6728-2002
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	H.P.3_3
Typ	J250X150X5
Zdroj hodnot	Chinese Standard / GB 6728-2002
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	H.P.2_2
Typ	J300X200X8
Zdroj hodnot	Chinese Standard / GB 6728-2002
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	H.P.2_3

Typ	J250X150X5
Zdroj hodnot	Chinese Standard / GB 6728-2002
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	H.P.1_2
Typ	IPE220
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Výroba	válcovaný
Obrázek	
Jméno	H.P.schody
Typ	UPE200
Zdroj hodnot	Bauen mit Stahl / Thema UPE, UNP, UAP - Tabelle 1 / Salzgitter AG
Výroba	válcovaný
Obrázek	

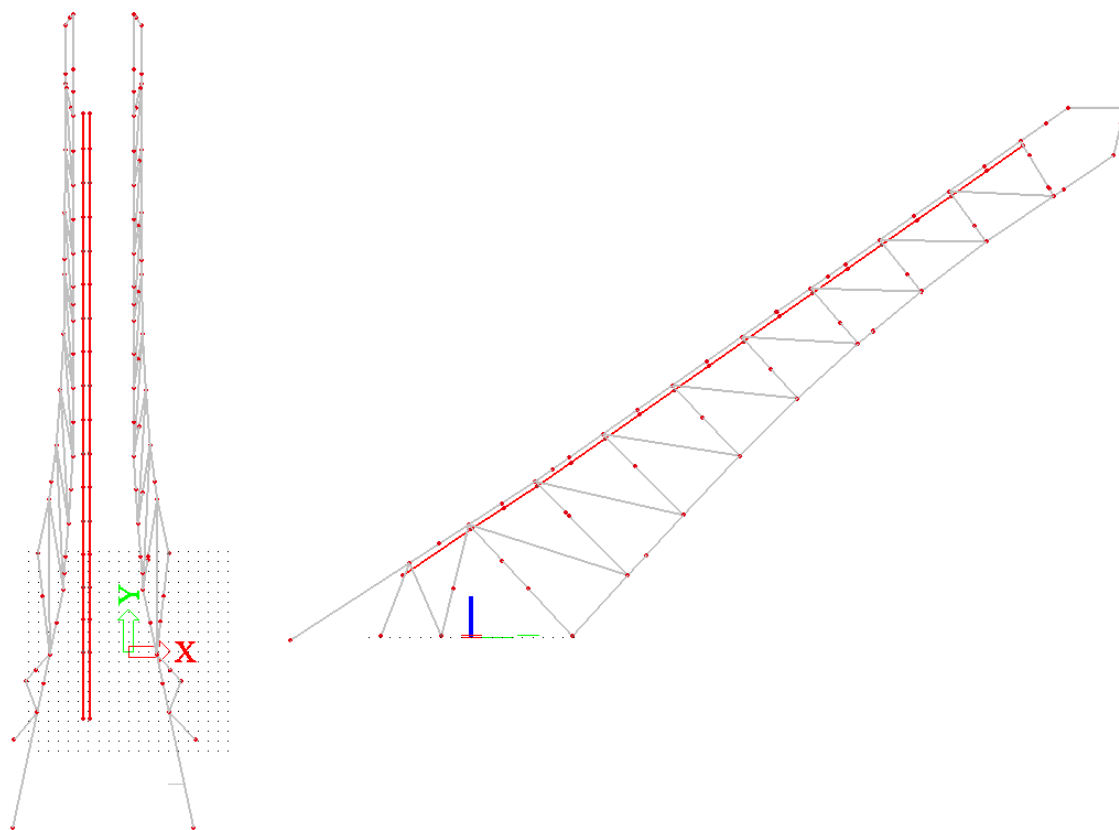
2.6 Dráha výťahu

Tento problematike sme sa podrobne nevenovali, keďže bol problém zistiť informácie k navrhovaniu takýchto dráh. Jednotlivé firmy pôsobiace v tomto sektore nám poskytli minimum informácií. Firma ktorá nám poskytla informácie je firma **LEITNER**. V krátkej prezentácii projektu z Poľska (ktorú sme obdržali priamo od tejto firmy) sme zistili, že použili nosníky HEA400, avšak rozpätie jednotlivých polí nebolo známe. Ďalšia dostupná informácia bola hmotnosť kabínky. Rozhodli sme sa postupovať nasledovne:

- určiť zaťaženie
- na príslušné vnútorné sily urobiť iba dôkaz únosnosti prierezu

Statický systém našej dráhy predpokladáme ako dvojpolový spojitý nosník, zložený z profilov HEA300. Nosníky sú vo vzdialenosti 800mm od seba. Priečne stuženie IPE120 je umiestnené pod každým priečnikom.

Ako už bolo spomenuté vyššie, podrobným posúdeniam sme sa nevenovali, keďže je tu veľa neznámych.



Obr. 2.14: Umiestnenie dráhy výťahu

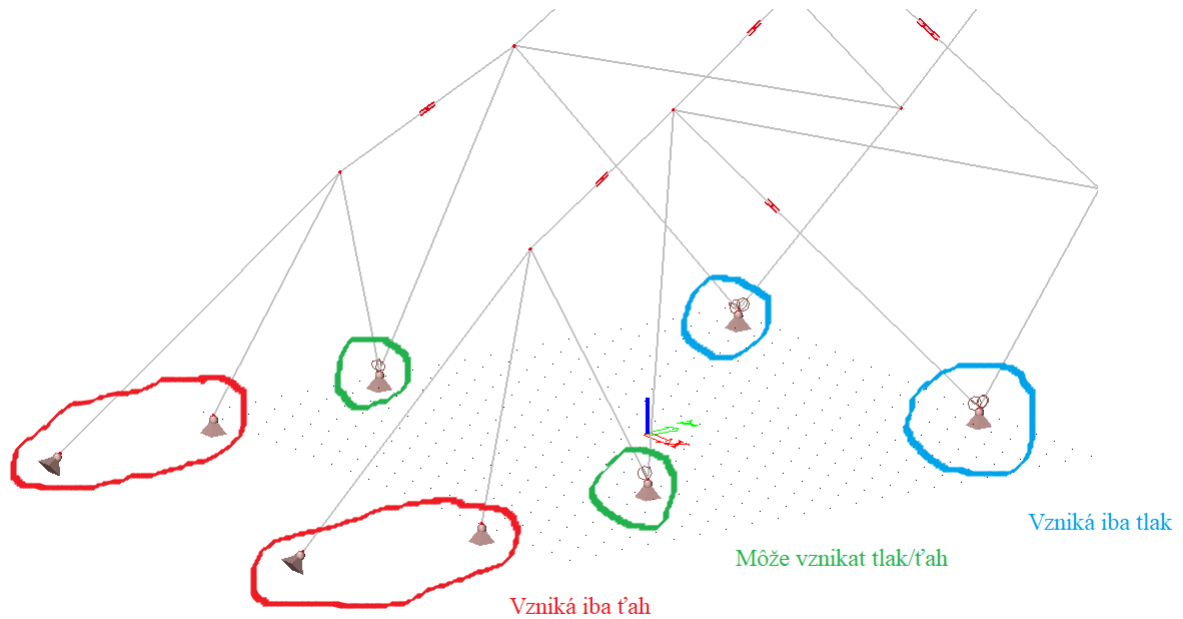
2.7 Tuhé väzby

Tieto väzby nám umožňujú v prútoch modeloch pripojiť prúty, ktoré sa v priestore inak nepretínajú, čiže nemajú spoločný bod. Vzhľadom na to, že potrebujeme, aby bol tento prvok dostatočne tuhý, zvolili sme komorový prierez o vonkajších rozmeroch 400x400mm a hrúbke steny 15mm. Ako materiál sme použili oceľ, kvôli vysokému modulu pružnosti a triedu S450, kvôli vyššej únosnosti. Urobili sme tak

z dôvodu bezproblémového prenosu síl medzi danými prvkami. Nastavená je nulová hmotnosť týchto prvkov.

2.8 Základy

Všetky vznikajúce sily, musia byť prebrané hlavnými nosníkmi a ďalej zachytené základmi. Hlavné nosníky sú kĺbovo uložené na základové bloky. V mieste kde vznikajú ťahy, sa navrhnu predpjaté zemné kotvy, ktoré budú zainjektované do horniny, čím preberú ťahové namáhanie. V modeli uvažujeme pevné kĺbové podpory. Vznikajúci ťah preberá viac prútov, čo je pozitívne pre základy, ktoré nemusia byť potom tak masívne a budú sa dať rozumne ukotviť do horniny.



Obr. 2.15: Model uloženia konštrukcie

ZAŤAŽENIE

V tejto kapitole si definujeme uvažované zaťažovacie stavy a určíme ich hodnotu. Výpočet zaťaženia prebiehal podľa platných európskych noriem STN EN 1991-1.

3.1 Stále zaťaženie

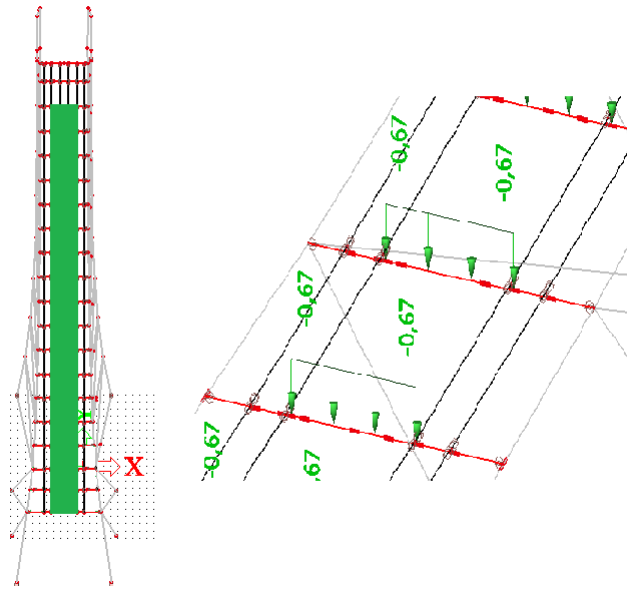
3.1.1 Vlastná tiaha

Vlastná tiaha je počítaná automaticky v programe. Vo výpočtovom modeli sme nemodelovali prvky ako sú styčnickové plechy, spojovací materiál ap. Na druhú stranu sa modeluje na osu prutu, čím sa pridal materiál do konštrukcie. Zavádzame teda predpoklad, že tieto dva efekty sa vynechajú a teda vlastná hmotnosť modelu je korektná.

3.1.2 Trapézový plech

Trapézový plech uvažujeme iba v rovine horných priečnikov, na ktoré je prišroubovaný. Na tomto plechu bude v mieste lyžiarskej stopy umiestnená gumená podložka a na nej tenkostenný za studena tvarovaný plech, ktorý tvorí lyžiarsku stopu. Gumená podložka a tenkostenný plech neboli uvažované a zjednodušene sa povedalo, že ich pokryje zaťažovací stav technológie. Hmotnosť trapézového plechu je $16,1 \text{ kg/m}^2$, čo odpovedá typu H135/310-1,25 od firmy Hoffmann.

Zaťaženie na priečnik: $f = 0,161 \cdot 4,15 = 0,67 \text{ kN/m}$

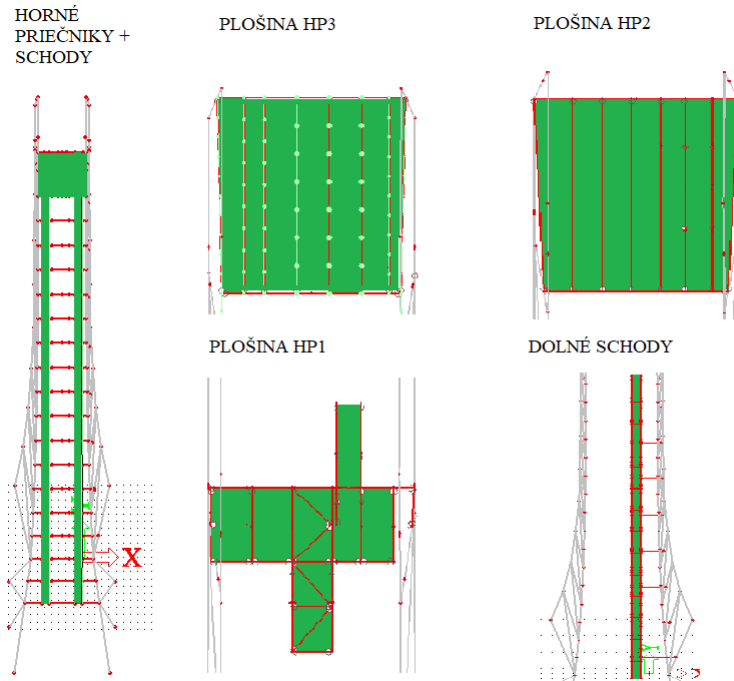


Obr. 3.1: Mapa zafáženia - trapéz

3.1.3 Zváraný podlahový rošt

Zvolili sme variantu zváraného roštu od firmy STACO.

- TYP A40x3 $\rightarrow g = 0,36kN/m^2$



Obr. 3.2: Mapa zaťaženia - pororošt

3.1.4 Zábradlie

Uvažujeme plnostenné zábradlie s výškou 1,1m. Líniové zaťaženie budeme uvažovať **0,8kN/m**. Zábradlie uvažujeme v miestach podľa obrázku 3.2.

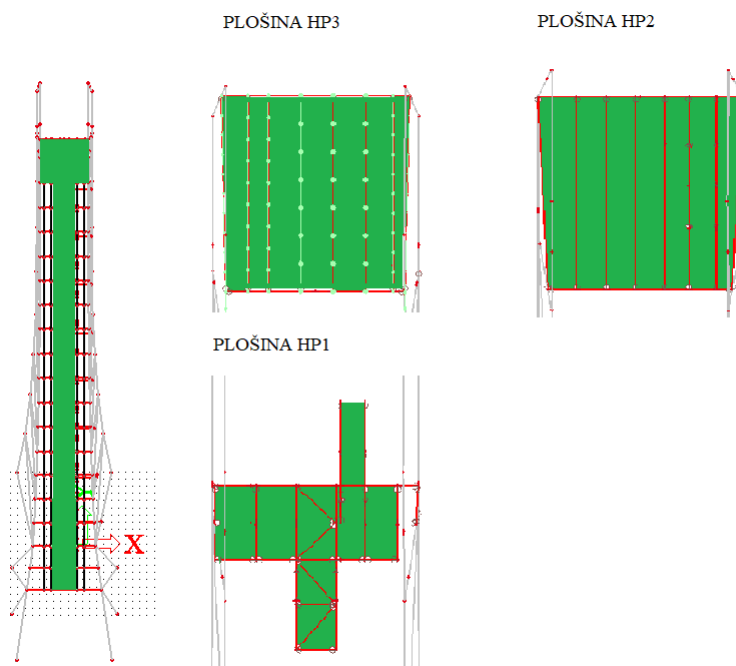
3.2 Premennivé zaťaženie

3.2.1 Technológie

Tento zaťažovací stav reprezentuje výskyt technických zariadení ako napr. kamery, fréza na čistenie stopy a iné.

Hodnotu zaťaženia sme odhadli na $1,5kN/m^2$.

Zaťaženie je aplikované na horné priečniky, plošiny HP1 až HP3. Na dolných schodoch nie je predpokladaný jeho výskyt.



Obr. 3.3: Mapa zafaženia - technologic

3.2.2 Úžitné

V tomto prípade reprezentuje výskyt ľudí. Popríklad taktiež nejaké ľahké vybavenie, ktoré mení v priebehu času polohu.

Uvažujeme hodnotu $2kN/m^2$

Pôsobenie zafaženia je rovnaké ako v prípade obrázku 3.2. Z tohto dôvodu ho tu nebudeme zobrazovať.

3.2.3 Vietor-teória

Vzhľadom nato, že skokanský mostík sa nachádza na Štrbskom plese, ktoré spadá do horskej oblasti nad 1300m, bolo nutné vyžiadať informácie k vetru na Slovenskom hydrometeorologickom ústave. Požadovali sme fundamentálnu hodnotu základnej rýchlosti vetra $v_{b,0}$. Ďalej si uvedieme teóriu ku kvazistatickému výpočtu pomocou súčiniteľov c_f a potom samotný výpočet, ktorý bol zrealizovaný v programe Excel 2013.

Úvod

Základná rýchlosť vetra v_b :

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$$

$c_{dir} = 1, 0 \dots$ súčiniteľ smerovosti

$c_{season} = 1, 0 \dots$ súčiniteľ sezónnosti

$v_{b,0} = 36m/s \dots$ fundamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra podľa SHMÚ

Stredná rýchlosť vetra $v_m(z)$:

$$v_m = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

- $c_r(z)$. . . súčiniteľ drsnosti

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \Leftrightarrow z_{min} < z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \Leftrightarrow z \leq z_{min}$$

$$z_{max} = 200m$$

z = zvislá výška nad terénom

Tabuľka 4.1 – Kategórie a parametre terénu

Kategória terénu	z_0 m	z_{min} m
0 More alebo pobrežia vystavené vetru od voľného mora	0,003	1
I Jazerá alebo ploché a horizontálne plochy so zanedbateľnou vegetáciou a bez prekážok	0,01	1
II Plochy s nízkou vegetáciou ako je tráva a izolované prekážky (stromy, budovy) vzdialené od seba aspoň 20-násobok ich výšky	0,05	2
III Plochy pravidelne pokryté vegetáciou alebo budovami alebo s prekážkami, ktoré sú od seba vzdialené najviac 20-násobok ich výšky (dediny, predmestia, súvislý les)	0,3	5
IV Plochy, kde aspoň 15 % je zastavané budovami a ich priemerná výška je viac ako 15 m	1,0	10

POZNÁMKA. – Zobrazenie kategórií terénu je v prílohe A.1.

Obr. 3.4: Kategórie a parametre terénu

k_r . . . súčiniteľ terénu

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

$z_{0,II} = 0,05m$. . . pre terén kategórie II

- $c_0(z) = 1,0$. . . súčiniteľ orografie

Základný tlak vetra $q_p(z)$:

$$q_p(z) = 1 + 7 * I_v(z) * 0,5 * \rho * v_m(z)$$

- $\rho = 1,25kg/m^3$. . . hustota vzduchu
- $I_v(z)$. . . intenzita turbulencie

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} \Leftrightarrow z_{min} < z \leq z_{max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{min}) \Leftrightarrow z \leq z_{min}$$

σ_v . . . smerodajná odchýlka turbulentnej zložky rýchlosti vetra

$$\sigma_v = k_r * v_b * k_l$$

$k_l = 1,0$. . . súčiniteľ turbulencie

Špičkový tlak vetru $q_p(z)$ budeme uvažovať konštantný po výške pre maximálnu hodnotu $z = 54\text{m}$. Pri rozdelení výšky na tretiny je rozdiel medzi $q_p(max)$ a $q_p(min)$ 67kg/m^2 . Pre plné plochy to má zmysel uvažovať, avšak naša konštrukcia je priepustná a preto budeme počítať na bezpečnej strane s $q_p(max)$

Sily vetra F_w :

Sila vetra pôsobiaca na časť konštrukcie resp. na daný prvok, sa môže určiť podľa vzťahu:

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

Tým dostávame hodnotu sily pôsobiacu v ťažisku daného prvku. V skutočnosti však pôsobí líniové zaťaženie:

$$f_w = c_s c_d * c_f * q_p(z) * h_{ref}$$

h_{ref} . . . priemerná výška prvku

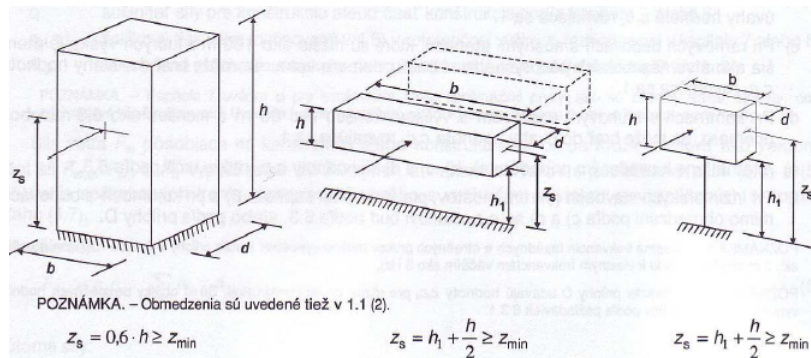
Stanovenie súčiniteľa konštrukcie $c_s c_d$

Cez tento súčiniteľ sa zohľadňuje účinok toho, že špičkové tlaky vetra na povrchu nevznikajú súčasne s účinkami kmitania konštrukcie, vyvolaného turbulenciou vetra. Stanovíme ho podľa kapitoly 6.3 a informatívnej prílohy B normy STN EN 1991-1-4.

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 * k_p * I_v(z_s) * \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 * I_v(z_s)}$$

- z_s . . . referenčná výška

Najskôr je treba stanoviť mernú dĺžku turbulencie $L(z)$, ktorá reprezentuje priemernú veľkosť ná-



Obr. 3.5: Referenčná výška

razov vetra.

$$L(z) = L_t * \left(\frac{z}{z_t}\right)^\alpha \Leftrightarrow z \geq z_{min}$$

$$L(z) = L_{z_{min}} \Leftrightarrow z < z_{min}$$

Referenčná výška $z_t = 200\text{m}$ a referenčná dĺžka $L_t = 300\text{m}$. Exponent α je vyjadrený nasledujúcou rovnicou: $\alpha = 0,67 + 0,05 \ln(z_0)$, kde dĺžka drsnosti z_0 sa dosadzuje v m.

- Súčiniteľ pôvodu odozvy B^2

Zohľadňuje neprítomnosť plnej korelácie tlaku vetra na povrchu konštrukcie.

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

Hodnoty b a h označujú šírku a výšku konštrukcie. Na bezpečnej strane je použitie hodnoty $B^2 = 1$.

- Súčiniteľ rezonančnej odozvy R^2
Zohľadňuje turbulenciu v rezonancii s uvažovaným vlastným tvarom kmitania konštrukcie.

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 * \delta} S_L(z_s, n_{1,x}) * R_h(\eta_h) R_b(\eta_b)$$

– S_L . . . funkcia bezrozmernej spektrálnej výkonovej hustoty

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

Hodnota $f_L(z, n)$ je bezrozmerná frekvencia, stanovená z frekvencie $n = n_{1,x}$, ktorá je prvou vlastnou frekvenciou konštrukcie v Hz.

$$f_L(z, n) = \frac{n * L_z}{v_m(z)}$$

– Funkcie aerodynamickej admitancie R_h, R_b

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 * \eta_h^2} * (1 - e^{-2 * \eta_h})$$

$$R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 * \eta_b^2} * (1 - e^{-2 * \eta_b})$$

$$\eta_h = \frac{4,6 * h}{L_{z_s}} * f_L(z_s, n_{1,x}) \text{ a } \eta_b = \frac{4,6 * b}{L_{z_s}} * f_L(z_s, n_{1,x})$$

- Súčiniteľ špičiek k_p
Pomer maximálnej hodnoty fluktuáčnej zložky odozvy k jej smerodajnej odchýlke.

$$k_p = \max\left(\sqrt{2 * \ln(v * T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 * \ln(v * T)}}; 3\right)$$

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

Hodnota v je očakávaná frekvencia, pričom 0,08Hz zodpovedá súčiniteľu špičiek $k_p = 3,0$ a perióda $T = 600\text{s}$.

Pri vlastných tvaroch s internými uzlovými bodmi, norma odporúča urobiť podrobný výpočet, ktorý však už nie je nikde načrtnutý. Takémuto prípadu s internými uzlovými bodmi rozumieme podľa nasledujúceho obrázku 3.6 masívneho stožiaru s lokálnymi bremenami. Podľa informácií inžinierskej spoločnosti IPU s odkazom na konkrétny text,¹ bola vyhotovená rada skúšok, kde sa porovnávali hodnoty vypočítané podľa normy, s hodnotami experimentálne získanými. Vyhodnotenie potvrdzuje správnosť odhadu aerodynamickej admitancie podľa normy. Ďalej uvádza, že v mnohých prípadoch normový prístup leží na bezpečnej strane.

Vzhľadom nato, že naša konštrukcia neobsahuje uzlové body v zmysle obrázku 3.6 a normový prístup leží na bezpečnej strane považujeme zvolený prístup za korektný.

- Logaritmickej dekrement útlmu δ
Je definovaný ako prirodzený logaritmus útlmu.

$$\delta = \ln(\lambda)$$

¹<http://www.ipu-bs.de/index.php?id=75>, navštívené 15.06.2018



Obr. 3.6: Interné uzlové body

Útlm λ je definovaný ako podiel dvoch za sebou idúcich výchyliek v rovnakom smere.

$$\lambda = \frac{x(t)}{x(t + T)}$$

Kde t je ľubovoľný časový bod a T je časová perióda. Pre základný ohybový tvar sa celkový logaritmický dekrement vypočíta podľa vzťahu:

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$$

- Logaritmický dekrement konštrukčného tlmenia δ_s

oceľové mosty + pristrojové oceľové veže	zvárané	0,02
	s vysokopevnými skrutkami	0,03
	s obyčajnými skrutkami	0,05

Obr. 3.7: Hodnoty konštrukčného tlmenia

- Logaritmický dekrement aerodynamického tlmenia δ_a
Zavádzame predpoklad, že výchylky vlastného tvaru $\phi(y, z)$ sú po šírke konštantné pre každú výšku z a teda logaritmický dekrement aerodynamického tlmenia pre kmitanie v smere vetra môžeme vypočítať podľa nasledujúceho vzťahu:

$$\delta_a = \frac{c_f * \rho * b * v_m(z_s)}{2 * n_1 * m_e}$$

m_e . . . ekvivalentná hmotnosť na jednotku dĺžky

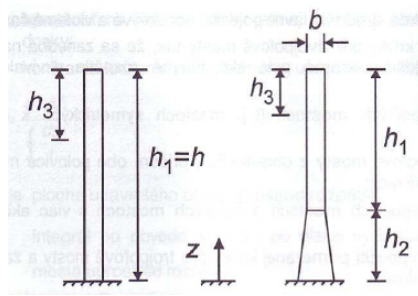
Pri konzolových konštrukciách možno aproximovať ako priemernú hodnotu m cez hornú tretinu konštrukcie, viď obr.3.8.

b . . . šírka konštrukcie vo vyšetřovanom mieste

$n_{1,x}$. . . vlastná frekvencia konštrukcie v smere vetra

c_f . . . súčiniteľ sily pre zaťaženie vetrom v smere vetra

Na tomto mieste dosadíme najnižšiu hodnotu c_f , aby sme dostali čo najmenšie tlmenie. Tým sa dopracujeme k väčšiemu súčiniteľu rezonančnej odozvy R^2 a následne k väčšej hodnote súčiniteľa konštrukcie $c_s c_d$. Tým pádom sa nachádzame na bezpečnej strane.



Obr. 3.8: Aproximácia ekvivalentnej hmotnosti

- Logaritmický dekrement od špeciálnych zariadení δ_d
Špeciálne zariadenie môže byť napr. ladený hmotnostný tlmič. Keďže neuvažujeme žiadne tlmiče, tak $\delta_d = 0$

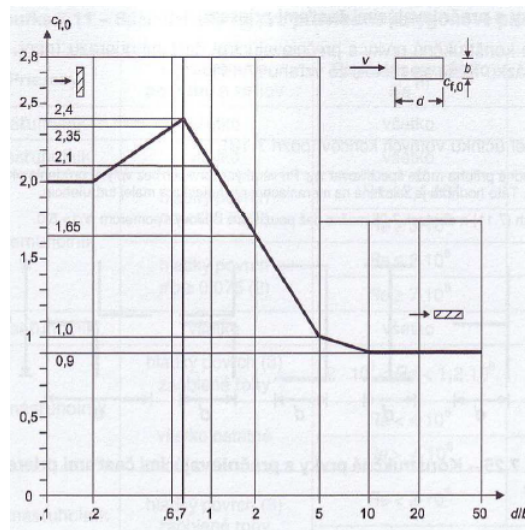
Súčiniteľ sily c_f

Priehradová konštrukcia je navrhnutá z uzavretých pravouhlých/kruhových a otvorených profilov. Súčinitele sily budeme riešiť pre každý typ prierezu zvlášť.

- Súčiniteľ sily c_f pre uzavreté pravouhlé prierezy

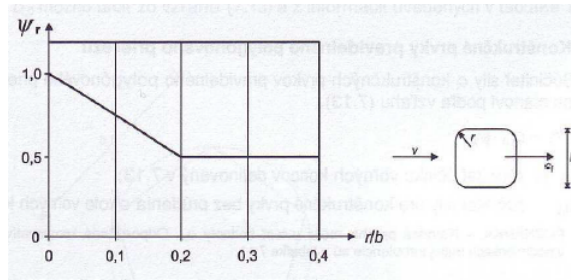
$$c_f = c_{f,0} * \psi_r * \psi_\lambda$$

- Súčiniteľ sily bez účinkov koncov $c_{f,0}$
V norme je uvedený ako funkcia závislá na pomere d/b .



Obr. 3.9: Súčiniteľ $c_{f,0}$ pre pravouhlé prierezy

- Redukčný súčiniteľ ψ_r
Zohľadňuje vplyv zaoblených rohov. My však nebudeme uvažovať zaoblené rohy a teda v našom prípade je redukčný súčiniteľ rovný 1.



Obr. 3.10: Súčiniteľ ψ_r

– Súčiniteľ účinku koncov ψ_λ

Je funkciou pomernej plnosti ϕ a štíhlosti λ . Tento súčiniteľ zohľadňuje redukovanú odolnosť konštrukcie v dôsledku prúdenia vetra okolo voľného konca.

Štíhlosť λ sa odčíta z tabuľky 7.16 STN EN 1991-1-4. Pre priehradové konštrukcie, kde $L \geq 50\text{m}$ je hodnota λ vypočítaná nasledovne:

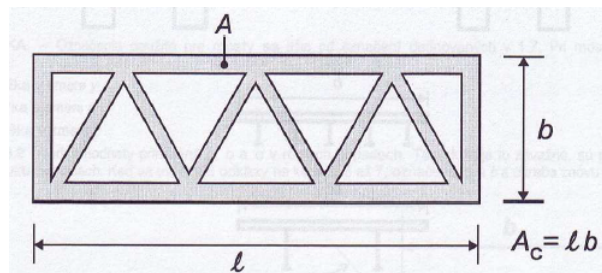
$$\lambda = \min\left(1, 4 * \frac{L}{b}; 70\right)$$

Šírku konštrukcie b budeme uvažovať ako najnižšiu vyskytujúcu sa. Tým sa posunieme na bezpečnú stranu.

Pomerná plnosť je definovaná ako:

$$\phi = \frac{A}{A_c}$$

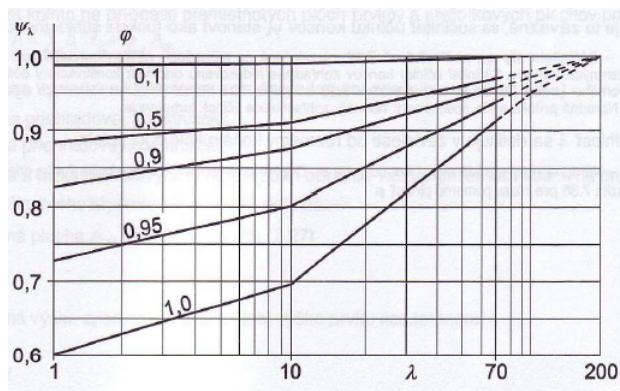
Súčiniteľ účinku koncov ψ_λ odčítame nakoniec z nasledujúceho grafu :



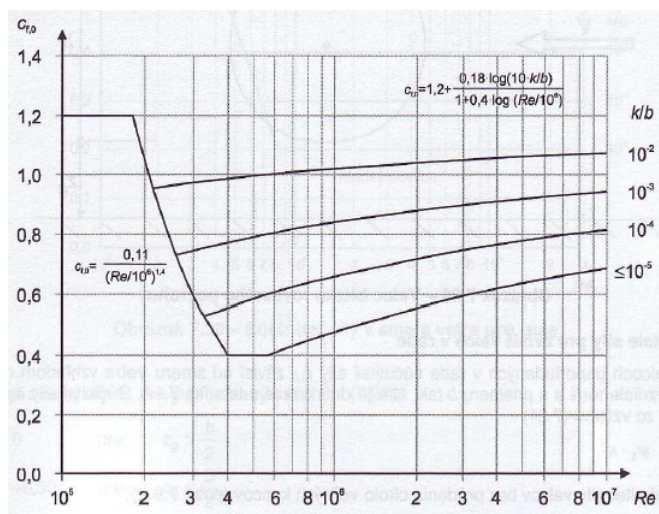
Obr. 3.11: Stanovenie pomernej plnosti

- Súčiniteľ sily c_f pre kruhové prierezy

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



Obr. 3.12: Súčiniteľ účinku koncov



Obr. 3.13: Stanovenie $c_{f,0}$

- Súčiniteľ sily bez účinkov koncov $c_{f,0}$
Závisí na Reynoldsovom čísle Re a pomere k/b . K je drsnosť povrchu podľa obrázku 3.14 a b je priemer trubky. Reynoldsovo číslo Re sa vypočíta podľa vzťahu :

$$Re = \frac{b * v(z_e)}{\nu}$$

$v(z_e)$... špičková rýchlosť vetra podľa:

$$v(z_e) = \sqrt{\frac{2 * q_p}{\rho}}$$

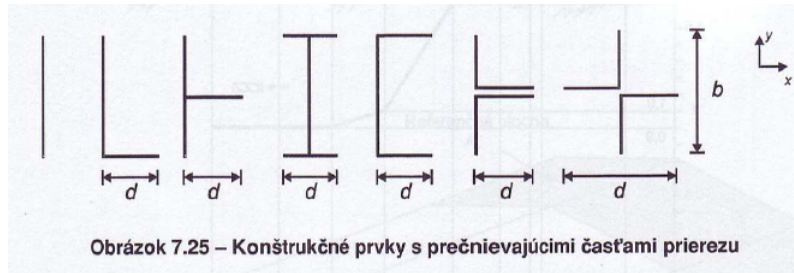
$\nu = 15 * 10^{-6} m^2/s$... kinematická viskozita vzduchu

- Súčiniteľ účinku koncov ψ_λ sa spočíta tak, ako to už bolo vysvetlené vyššie.
- Súčiniteľ sily c_f pre otvorené prierezy

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

Druh povrchu	Ekvivalentná drsnosť k mm
sklo	0,001 5
leštený kov	0,002
uhladený náter	0,006
striekaný náter	0,02
lesklá oceľ	0,05
liatina	0,2
galvanizovaná oceľ	0,2

Obr. 3.14: Ekvivalentná drsnosť povrchu k



Obrázok 7.25 – Konštrukčné prvky s prečnievajúcimi časťami prierezu

Obr. 3.15: Ukážka otvorených prierezov

- Súčiniteľ sily bez účinkov koncov $c_{f,0}$
Odporúča sa hodnota 2,0.
- Súčiniteľ účinku koncov ψ_{λ} sa spočíta tak, ako to už bolo vysvetlené vyššie.

Súčiniteľ tlaku $c_{p,net}$

V našom prípade sa jedná o plnostenné zábradlie $\varphi = 1,0$ s výškou 1,1m. Veľkosť tlaku vetra na povrchu sa určí nasledovne:

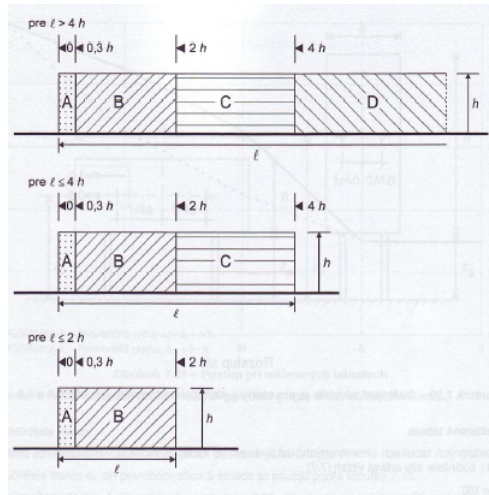
$$w_e = c_{p,net} * q_p(z) * h$$

Tabuľka 7.9 – Odporúčané súčinitele tlaku $c_{p,net}$ pre voľne stojace steny a parapety

Pomerná plnosť	Oblasť	A	B	C	D	
$\varphi = 1$	bez ohnutých rohov	$\ell/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$\ell/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$\ell/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	s ohnutými rohmi dĺžky $\geq h^a$	$\pm 2,1$	$\pm 1,8$	$\pm 1,4$	$\pm 1,2$	
$\varphi = 0,8$		$\pm 1,2$	$\pm 1,2$	$\pm 1,2$	$\pm 1,2$	

^a Pri ohnutých rohoch dĺžky medzi 0,0 a h možno použiť lineárnu interpoláciu.

Obr. 3.16: Súčinitele tlaku $c_{p,net}$

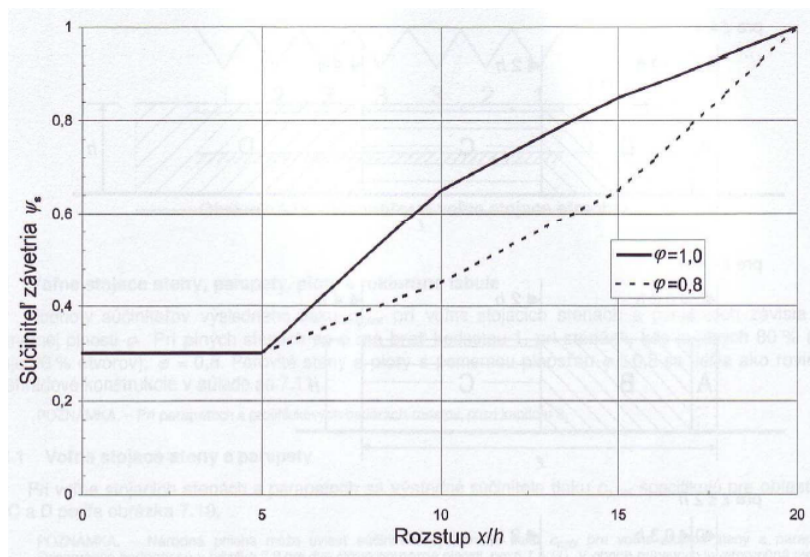


Obr. 3.17: Rozloženie zafazenia

Pokiaľ leží zábradlie v zvetrí, môžeme hodnotu $c_{p,net}$ redukovať súčiniteľom zvetria ψ_s .

$$c_{p,net,s} = c_{p,net} * \psi_s$$

Súčiniteľ ψ_s je závislý od pomernej plnosti φ a rozstupu x/h .



Obr. 3.18: Súčiniteľ zvetria ψ_s

Pôsobenie vetra kolmo na povrch zjazdovej plochy

Inšpirujeme sa pultovou strechou. Tlak na plochu sa spočíta ako:

$$w_e = q_p(z) * c_{pe,10}$$

Odrhávajúce víry

Priečne rezonančné kmitanie sa objaví, keď sa víry odtrhávajú striedavo na opačných stranách konštrukcie. Tým sa vytvára pulzačné zaťaženie kolmo na smer vetra. Kmitanie nastáva vtedy, keď frekvencia odtrhávania vírov je v zhode s vlastnou frekvenciou konštrukcie. To nastáva, pokiaľ rýchlosť vetra je v zhode s kritickou rýchlosťou v_{crit} .

$$v_{crit} = \frac{b * n_{i,y}}{St}$$

Účinok odtrhávania vírov netreba skúmať, keď:

$$v_{crit} > 1,25 * v_m$$

b . . . najmenšia šírka priečného rezu

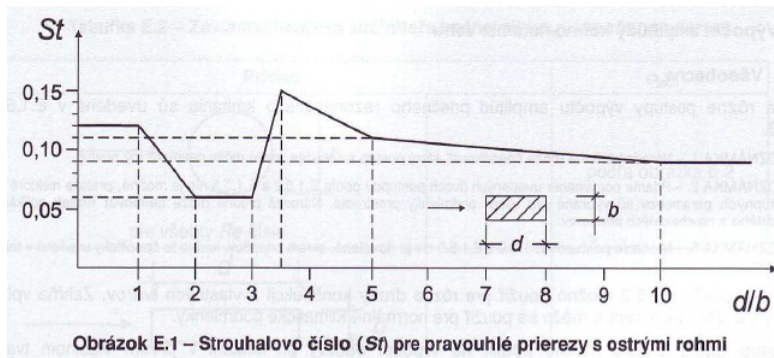
Vzniká tu priečne rezonančné kmitanie a výchylka vlastného tvaru je tu maximom pre konštrukciu.

$n_{i,y}$. . . vlastná frekvencia uvažovaného ohybového tvaru kmitania, kolmo na smer vetra

Budeme uvažovať najnižšiu frekvenciu v kmitaní kolmo na smer vetra, čím opäť znížime v_{crit} a teda budeme na bezpečnej strane. Keďže vietor môže pôsobiť z rôznych smerov, budeme uvažovať prvý vlastný tvar a teda $n_{i,y} = n_{1,x}$

St . . . Strouhalovo číslo

Odčítame z priloženého grafu ako maximálnu hodnotu. Tým si znížime v_{crit} a budeme na bezpečnej strane.



Obrázok E.1 – Strouhalovo číslo (St) pre pravouhlé prierezy s ostrými rohmi

Obr. 3.19: Strouhalovo číslo

Galoping

Samobudiace kmitanie konštrukcie kolmo na smer vetra. Nekruhové duté prierezy vrátane prierezov L-, I-, U- a T-tvaru majú sklon ku galopingu. Kmitanie v galopingu začína pri špeciálnej nábehovej rýchlosti vetra v_{cg} .

$$v_{cg} = \frac{2 * Sc}{a_g} * n_{1,y} * b$$

Sc ...Scrutonovo číslo

$$Sc = \frac{2 * \delta * m_{i,e}}{\rho * b^2}$$

δ ...logaritmický dekrement tlmenia konštrukcie

Bolo vysvetlené vyššie.

$m_{i,e}$...ekvivalentná hmotnosť na jednotku dĺžky

Podľa STN EN 1991-1-4 (F.4) je definovaná takto:

$$m_e = \frac{\int_0^l m(s) * \phi_1^2(s) ds}{\int_0^l \phi_1^2(s) ds}$$

Avšak pri konzolových konštrukciách je možné m_e aproximovať cez hornú tretinu konštrukcie. Z tejto definície to počítame ako pomer hmotností hornej tretiny konštrukcie ku príslušnej dĺžke.

$a_g = 10$...súčiniteľ nestability v galopingu

$n_{1,y}$...základná vlastná frekvencia kolmo na smer vetra

Aby sme mohli zanedbať galopingu je treba splniť podmienku:

$$v_{cg} > 1,25 * v_m$$

Interakcia Galopingu s odtrhávaním vírov

Zohľadní sa pokiaľ:

$$0,7 < \frac{v_{cg}}{v_{crit}} < 1,5$$

3.2.4 Vietor-výpočet

Výpočet zaťaženia je iteratívny proces, keďže veľkosť zaťaženia závisí od daného prutu. Jedna z potrebných hodnôt na získanie zaťaženia, je aj vlastná frekvencia. V programe SCIA Engineer 15.3.120 sme vytvorili kombináciu hmôt z nasledovných skupín hmôt: vlastná tiaha, trapéz, pororošt a zábradlie. Ná sledne sme vyšetrili vlastné tvary konštrukcie. Zaujímá nás najnižší ohybový vlastný tvar. V rámci tejto podkapitoly nájdete aj vykreslenie prvých troch vlastných tvarov.

Kombinácie skupín hmôt

Jméno	Skupina hmôt	Souč. [-]
CM1	MG1	1,00
	MG2	1,00
	MG3	1,00
	MG4	1,00

Obr. 3.20: Kombinácia skupín hmôt

Zaťaženie vetrom podľa STN EN 1991-1-4

Kategória terénu : III

Fundamentálna hodnota
základnej rýchlosti vetra $v_{b,0}$

$$v_{b,0} = \text{[redacted]} \text{ m/s}$$

Základná rýchlosť vetra v_b

Súčiniteľ smerovosti c_{dir}

$$c_{dir} = 1$$

Súčiniteľ sezónnosti c_{season}

$$c_{season} = 1$$

Základná rýchlosť vetra v_b

$$v_b = 36 \text{ m/s}$$

Stredná rýchlosť vetra $v_m(z)$

Súčiniteľ terénu k_r

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

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

$$k_r = 0,215$$

Súčiniteľ drsnosti $c_r(z)$:

$$z = 51,6 \text{ m}$$

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

$$z_{max} = 200 \text{ m}$$

$$c_r(z) = k_r \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \text{ pre } z_{min} < z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \text{ pre } z \leq z_{min}$$

$$c_r(z) = 1,109$$

Súčiniteľ orografie $c_o(z)$

$$c_o(z) = 1$$

Stredná rýchlosť vetra $v_m(z)$

$$v_m(z) = \text{[redacted]} \text{ m/s}$$

Špičkový tlak vetra $q_p(z)$

Smerodajná odchylka
turbulentnej zložky rýchlosti
vetra σ_v

$$k_I = 1$$

$$\sigma_v = k_r v_b k_I$$

$$\sigma_v = 7,754 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulencie $I_v(z)$

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} \text{ pre } z_{min} < z \leq z_{max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{min}) \text{ pre } z \leq z_{min}$$

$$I_v(z_s) = 0,194$$

Hustota vzduchu ρ

$$\rho = 1,250 \text{ kg/m}^3$$

Špičkový tlak vetru $q_p(z)$

$$q_p(z) = 2,350 \text{ kN/m}^2$$

Turbulencia vetra

Merná dĺžka turbulencie $L(z)$

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

$$L_i = 300 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,610$$

$$z_i = 200 \text{ m}$$

$$L(z) = 131,319 \text{ m}$$

Bezrozmerná frekvencia

$$\begin{aligned}
 n_{1,x} &= 1,44 \text{ Hz} && \text{vlastná frekvencia konštrukcie} \\
 c_f(z_s) &= 0,999 \\
 v_m(z_s) &= 35,953 \text{ m/s} \\
 z_s &= 30,96 \text{ m} \\
 L(z_s) &= 96,171 \text{ m} \\
 f_L(z_s, n_{1,x}) &= \frac{n_{1,x} * L(z_s)}{v_m(z_s)} \\
 f_L(z_s, n_{1,x}) &= 3,852
 \end{aligned}$$

Funkcia bezrozmernej spektrálnej výkonovej hustoty $S_L(z,n)$

$$S_L(z_s, n_{1,x}) = 0,055$$

Súčiniteľ pôvodu odozvy B^2

$$\begin{aligned}
 b &= 5,6 \text{ m} \\
 h &= 51,6 \text{ m} \\
 B^2 &= 0,607
 \end{aligned}$$

Funkcia aerodynamickej admitancie R_h/R_b

$$\begin{aligned}
 \eta_h &= 9,50686 \\
 \eta_b &= 1,03175 \\
 R_h &= 0,100 \\
 R_b &= 0,559
 \end{aligned}$$

Logaritmický dekrement konštrukčného tlmenia δ_s

$$\delta_s = 0,02$$

Logaritmický dekrement aerodynamického tlmenia δ_a

$$\begin{aligned}
 c_f &= 1,116 \\
 \rho &= 1,250 \text{ kg/m}^3 \\
 b &= 5,6 \text{ m} \\
 n_{1,x} &= 1,44 \text{ Hz} \\
 L/3 &= 25 \text{ m} \\
 m &= 192 \text{ ton} && \text{(celková hmotnosť konštrukcie)} \\
 m_e &= 2560 \text{ kg/m} \\
 \delta_a &= 0,042
 \end{aligned}$$

Celkový logaritmický dekrement δ

$$\delta = 0,062$$

Súčiniteľ rezonančnej odozvy R^2

$$R^2 = 0,244$$

Súčiniteľ špičiek k_p

$$\begin{aligned}
 v &= 0,772 \text{ Hz} && \geq 0,08 \text{ Hz} && \text{OK} \\
 T &= 600 \text{ s} && \text{podľa normy} \\
 k_p &= 3,675
 \end{aligned}$$

Súčiniteľ konštrukcie $c_s c_d$

$$c_s c_d = 0,982$$

Súčiniteľ účinku koncov c_f

Výpočet štíhlosti λ

$$L = 75 \text{ m}$$

$$b = 5,6 \text{ m}$$

$$\lambda = 18,75$$

Pomerná plnosť φ

$$A = 126 \text{ m}^2$$

$$A_c = 682 \text{ m}^2$$

$$\varphi = 0,185$$

Reynoldsovo číslo pre kruhové prierezy :

označen	b [mm]	ν [m^2/s]	$v(z_e)$ [m/s]	Re	$c_{f,o}$
1	88,9	1,50E-05	1,939	1,15E+04	1,2
2	48,3	1,50E-05	1,939	6,24E+03	1,2

V tomto prípade sa $b = h_{ref}$

znáčan d [mm]	b [mm]	d/b	c_{t0}	ψ_r	ψ_s	c_f	$c_{s,d}$	$q_p(z)$ [kN/m ²]	$f_{v,tlak}$ [kN/m]	
1	400	400	1,000	1	0,93	1,953	0,986	2,350	1,810	Horný pas (SHS400)
2	300	300	1,000	1	0,93	1,953	0,986	2,350	1,358	Diagonaly (SHS300)
3	300	300	1,000	1	0,93	1,953	0,986	2,350	1,358	Zvyššice 1 (SHS300)
4	400	400	1,000	1	0,93	1,953	0,986	2,350	1,810	Zvyššice 2 (SHS400)
5	450	450	1,000	1	0,93	1,953	0,986	2,350	2,037	Dolný pas (SHS450)
6	250	250	1,000	1	0,93	1,953	0,986	2,350	1,131	Stuženie D (SHS250)
7	100	200	0,500	1	0,93	2,139	0,986	2,350	0,991	Schody_D_1 (SHS200/100)
8	200	100	2,000	1	0,93	1,535	0,986	2,350	0,356	Schody_D_1 (SHS200/120)
9	-	88,9	-	-	0,93	1,116	0,986	2,350	0,230	Tiahlo_88,9
10	65	140	0,464	-	0,93	1,86	0,986	2,350	0,280	zaves/schody (UPE140)
11	64	120	0,533	-	0,93	1,86	0,986	2,350	0,517	Schody_D_3 (IPE120)
12	140	73	1,918	-	0,93	1,116	0,986	2,350	0,189	H.P.1_1 (IPE140)
13	220	110	2,000	-	0,93	1,86	0,986	2,350	0,474	H.P.1_2 (IPE220)
14	180	100	1,800	-	0,93	1,86	0,986	2,350	0,431	H.P.1_3 (J180/100)
15	-	48,3	-	-	0,93	1,116	0,986	2,350	0,125	Tiahlo_48,3
16	200	80	2,500	-	0,93	1,86	0,986	2,350	0,345	Schody (UPE200)
17	300	200	1,500	-	0,93	1,116	0,986	2,350	0,517	H.P.2_2 (SHS300/200)
18	220	120	1,833	-	0,93	1,86	0,986	2,350	0,517	H.P.2_1 (IPE240)
19	270	135	2,000	-	0,93	1,86	0,986	2,350	0,582	H.P.3_1 (IPE270)
20	300	290	1,034	-	0,93	1,86	0,986	2,350	1,250	Draha (HEA300)

Vietor kolmo na zjazdovú plochu y+Súčiniteľ c_{pe} sa odčíta z normy (pultové strechy)

$$\alpha = 35^\circ$$

$$c_{pe,10} = 0,467$$

$$q_p(z) = 2,350 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e = 1,097 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$c_{pe,10} = 0$$

$$q_p(z) = 2,350 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e = 0,000 \text{ kN/m}^2$$

Vietor s účinkami zdvyhania konštrukcie y-

Riešime to pomocou súčiniteľov sily. Jednotlivé prvky zaťažime prislúchajúcim spojitým zaťažením v zmysle

Vplyv vetru na plnostenné zábradlieOblasť plošiny $L > 4h$

	$c_{p,net}$	L_{rel}	[m]	$q_p(z)$ [kN/m ²]	$w_e * h$ [kN/m]	x/h	ψ_s	$c_{p,net,s}$	$w_{e,s} * h$ [kN/m]
A	2,9	0,36		2,350	8,177	5,8	0,35	1,015	2,86
B	1,8	2,4		2,350	5,075	5,8	0,35	0,63	1,78
C	1,4	4,8		2,350	3,948	5,8	0,35	0,49	1,38
D	1,2	-		2,350	3,384	5,8	0,35	0,42	1,18

Oblasť plošiny $L \leq 2h$

	$c_{p,net}$	L_{rel}	[m]	$q_p(z)$ [kN/m ²]	$w_e * h$ [kN/m]	x/h	ψ_s	$c_{p,net,s}$	$w_{e,s} * h$ [kN/m]
A	2,3	0,36		2,350	6,485	5,8	0,35	0,805	2,27
B	1,4	2,4		2,350	3,948	5,8	0,35	0,49	1,38

Schodisko $L > 10h$

	$c_{p,net}$	$q_p(z)$ [kN/m ²]	$w_e * h$ [kN/m]	x/h	ψ_s	$c_{p,net,s}$	$w_{e,s} * h$ [kN/m]
A	3,4	2,350	10,386	3,8	0,3	1,02	3,12
B	2,1	2,350	6,415	3,8	0,3	0,63	1,92
C	1,7	2,350	5,193	3,8	0,3	0,51	1,56
D	1,2	2,350	3,666	3,8	0,3	0,36	0,85

Posúdenie priečneho rezonančného kmitania od odtrhávania vírov

$$b = 5,6 \text{ m}$$

$$n_{i,y} = 1,44 \text{ Hz}$$

$$St = 0,15$$

$$v_{crit} = 53,76 \text{ m/s}$$

Podmienka: $v_{crit} > 1,25 * v_m$

$$53,76 > 49,892 \text{ [m/s]}$$

Účinok odtrhávania vírov môžeme zanedbať

Posúdenie Galopingu

$$\begin{aligned} \delta_s &= 0,062 \\ m_{i,c} &= 2560 \text{ kg/m} \\ \rho &= 1,250 \text{ kg/m}^3 \\ b &= 5,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Sc = 8,136$$

$$\begin{aligned} n_{1,y} &= 1,44 \text{ Hz} \\ a_g &= 1,7 \text{ (Podľa tabuľky E.7 v STN EN 1991-1-4)} \\ v_{cg} &= 77,187 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Podmienka :

$$v_{cg} > 1,25 * v_m$$

$$77,186932 > 49,8922 \text{ [m/s]}$$

Galoping môžeme zanedbať

Interakcia :

$$0,7 < \frac{v_{cg}}{v_{crit}} < 1,5$$

$$v_{cg}/v_{crit} = 1,436$$

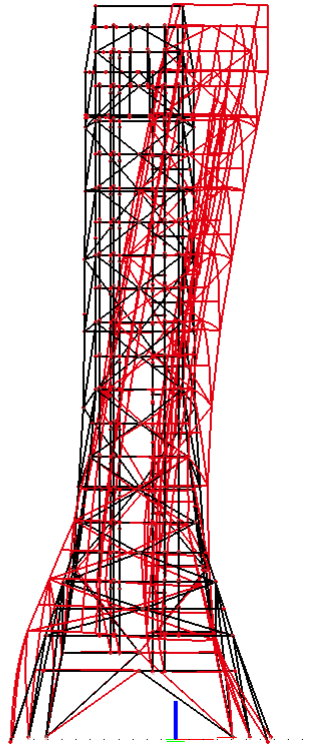
Interakcia sa musí zohľadniť, v takomto prípade sa odporúča vyžiadať expertné vyjadrenie

Vlastní frekvence

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega ² [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	1,44	9,03	81,53	0,70
2	1,86	11,66	135,86	0,54
3	2,64	16,56	274,36	0,38
4	3,68	23,09	533,25	0,27
5	4,17	26,20	686,68	0,24
6	4,63	29,09	846,25	0,22
7	4,70	29,53	871,95	0,21
8	4,87	30,59	936,03	0,21
9	5,11	32,11	1030,85	0,20

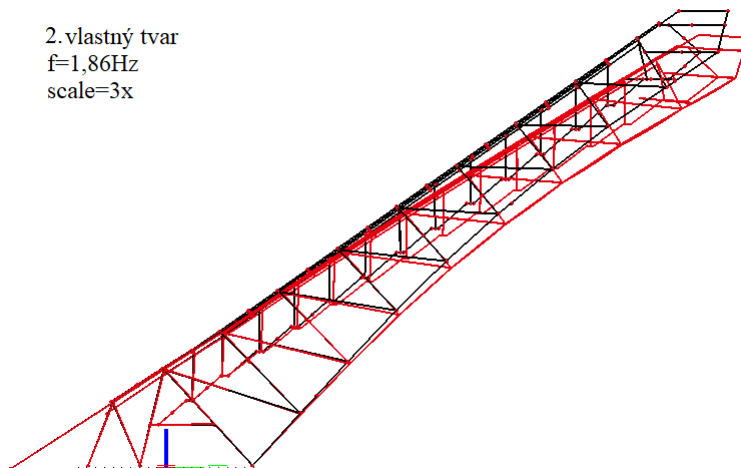
Obr. 3.21: Vlastné frekvencie

1.vlastný tvar
f=1,44
scale=6x



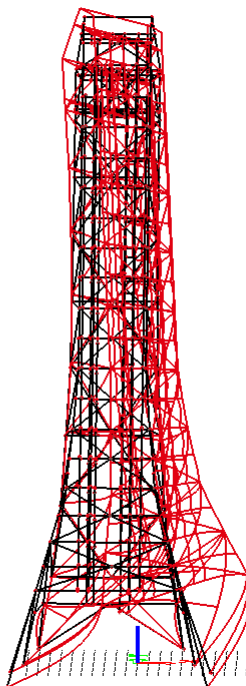
Obr. 3.22: 1. vlastný tvar

2. vlastný tvar
 $f=1,86\text{Hz}$
scale=3x



Obr. 3.23: 2. vlastný tvar

3. vlastný tvar
 $f=2,64\text{Hz}$
scale=6x



Obr. 3.24: 3. vlastný tvar

Smer x

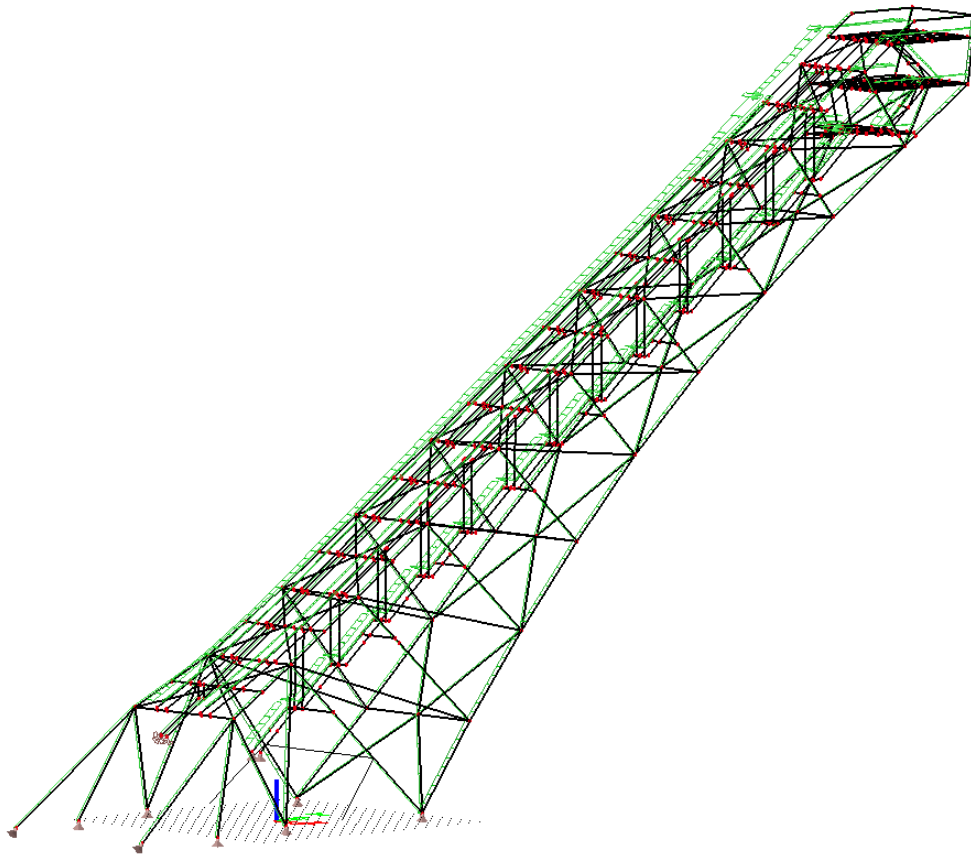
V tomto smere sme zaťažovali prúty líniovým zaťažením podľa príslušného prierezu. Ďalší vplyv na hodnotu zaťaženia má zábradlie. V miestach, kde je zábradlie, sme sa riadili podľa líniového zaťaženia na zábradlí a zadávali sme ho s príslušnou excentricitou 55cm. V týchto miestach bolo zadané líniové zaťaženie iba od zábradlia.

Smer y+

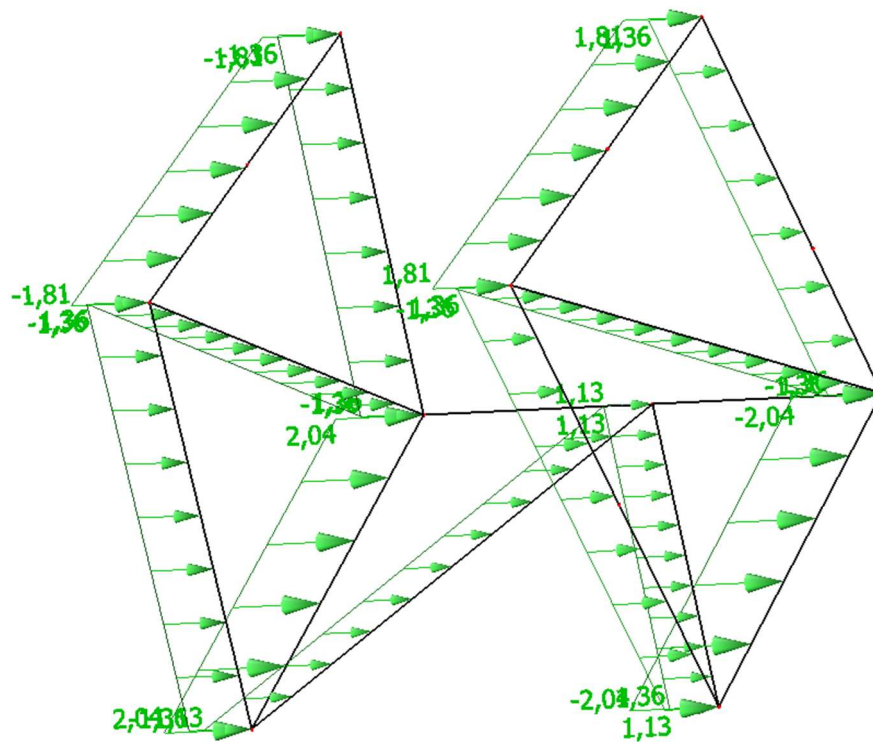
V smere y+ sme kombinovali vplyv na plnú plochu(zjazdová dráha) a vplyv na jednotlivé prúty. Hodnota zaťaženia na plochu, počítaná ako pultová strecha sa prenásobí vzdialenosťou horných priečnikov, na ktoré je aplikovaná, ako líniové zaťaženie. Líniové zaťaženie sme takisto v príslušnom smere aplikovali na dolný pás HN, dolné stuženie, dolné schodisko a diagonály. Viedol nás k tomu fakt, že nevieme s istotou odhadnúť, ako presne nám bude pôsobiť vietor na konštrukciu a týmto postupom ležíme na bezpečnej strane.

Smer y-

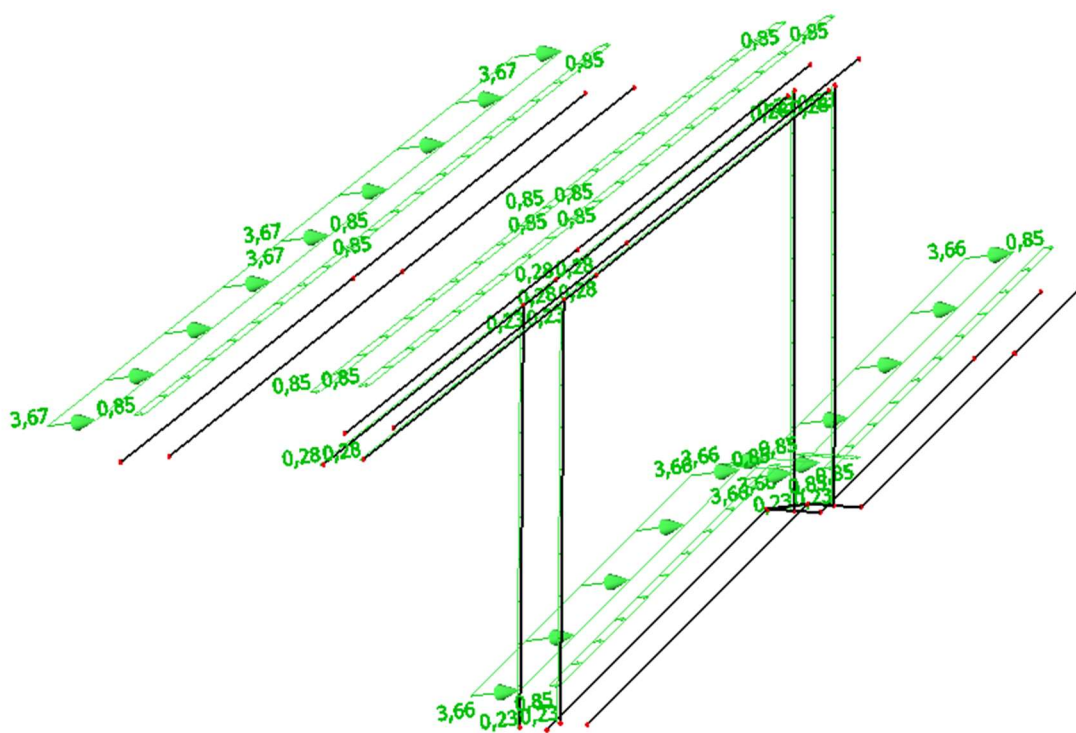
Vytvorili sme ešte jeden zaťažovací stav, kedy predpokladáme, že vietor bude podfukovať mostík. Tento zaťažovací stav pôsobí pozitívne, pretože nám nadľahčuje konštrukciu. Problém by to mohol byť, ak by zaťaženie bolo väčšie ako vlastná váha + stále zaťaženie. Tento prípad avšak nenastal. Jediné čo bolo treba zohľadniť je nadľahčovanie schodiska a tým vnášanie dodatočného tlaku do tiahel, na ktorých schodisko visí. Táto situácia bola zohľadnená a nehrala žiadnu významnú rolu.



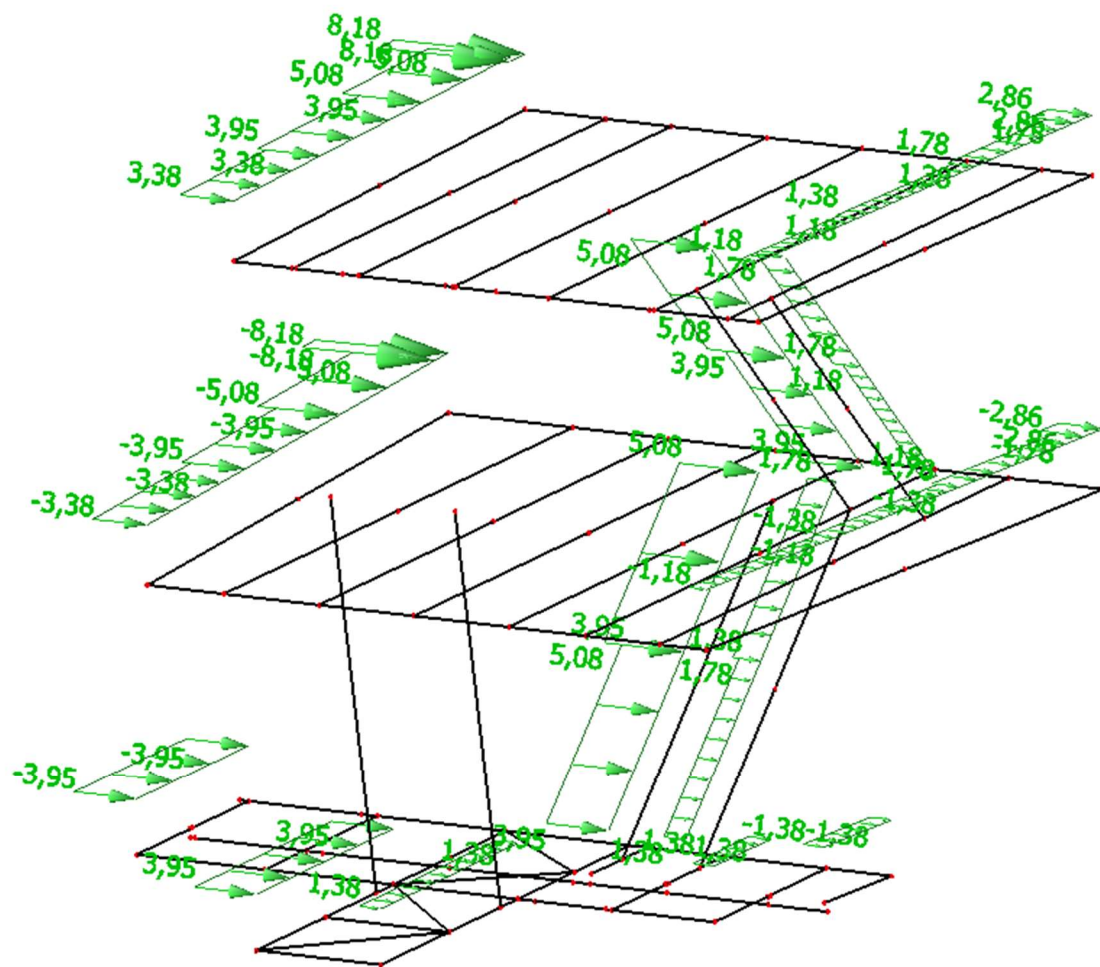
Obr. 3.25: Zaťaženie vetrom x



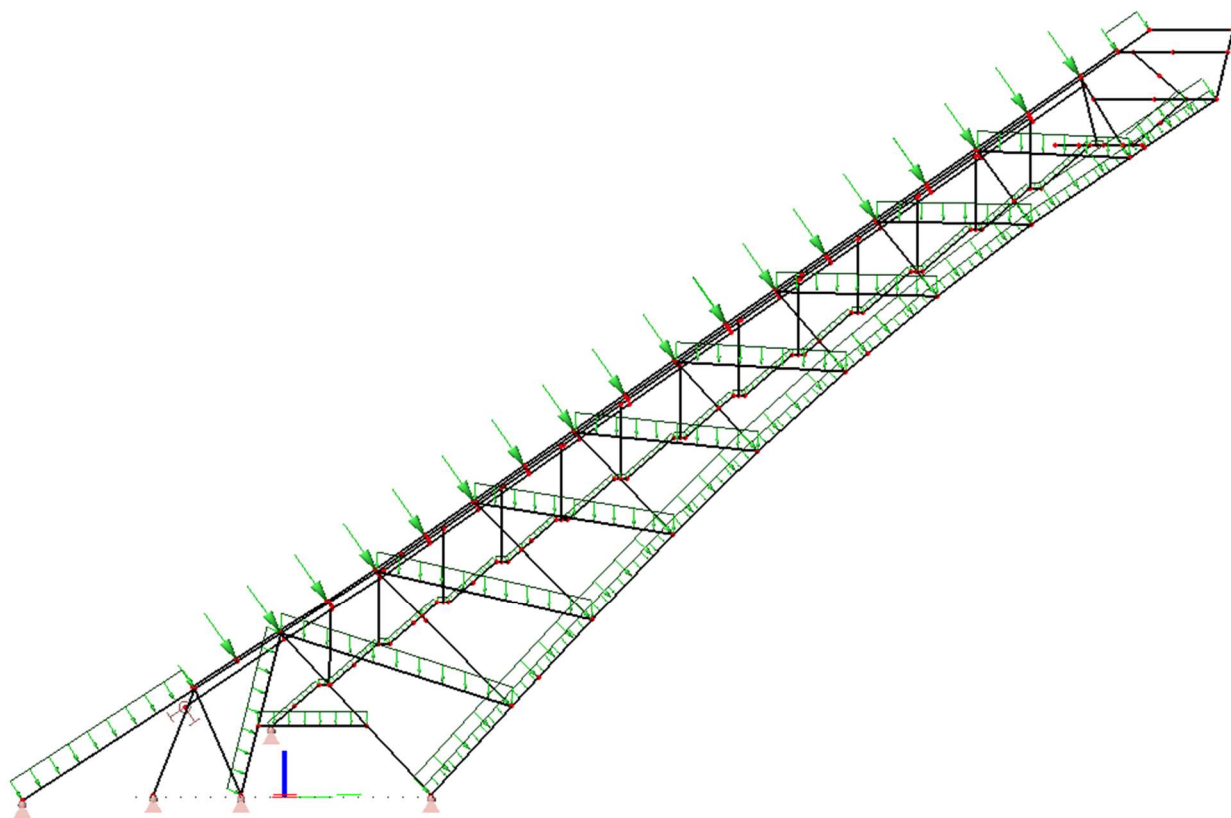
Vietor_x: HNK+DS



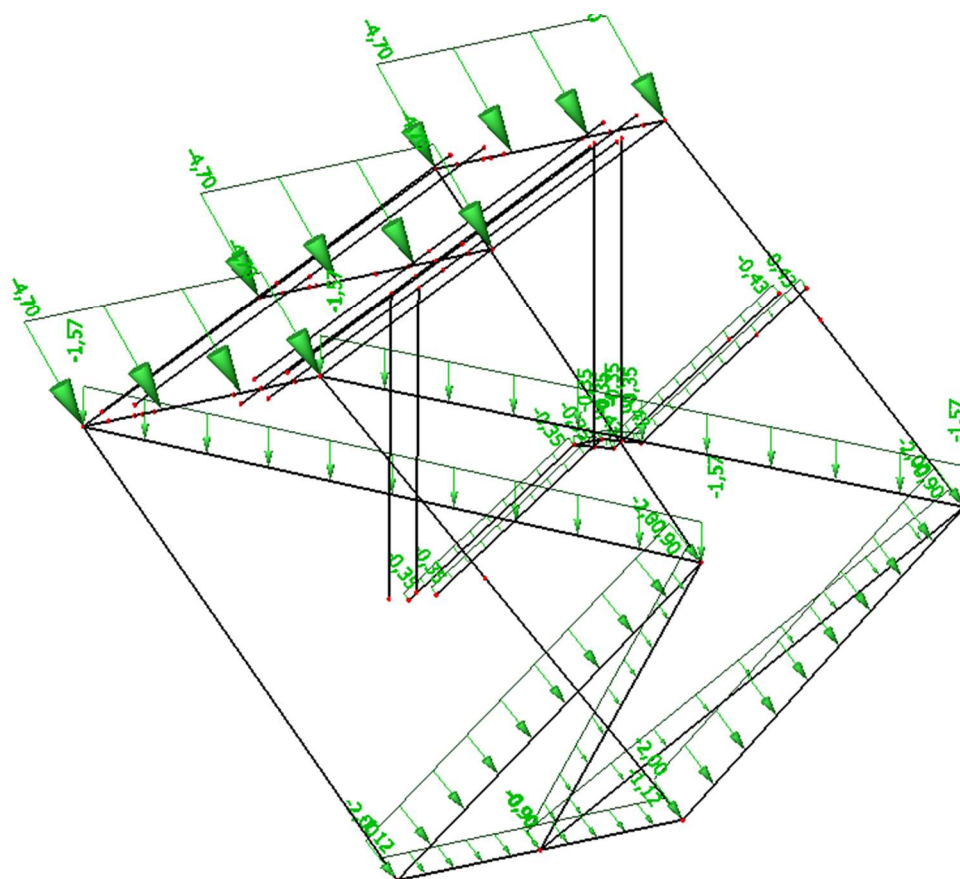
Vietor_x: dolné/horné schody



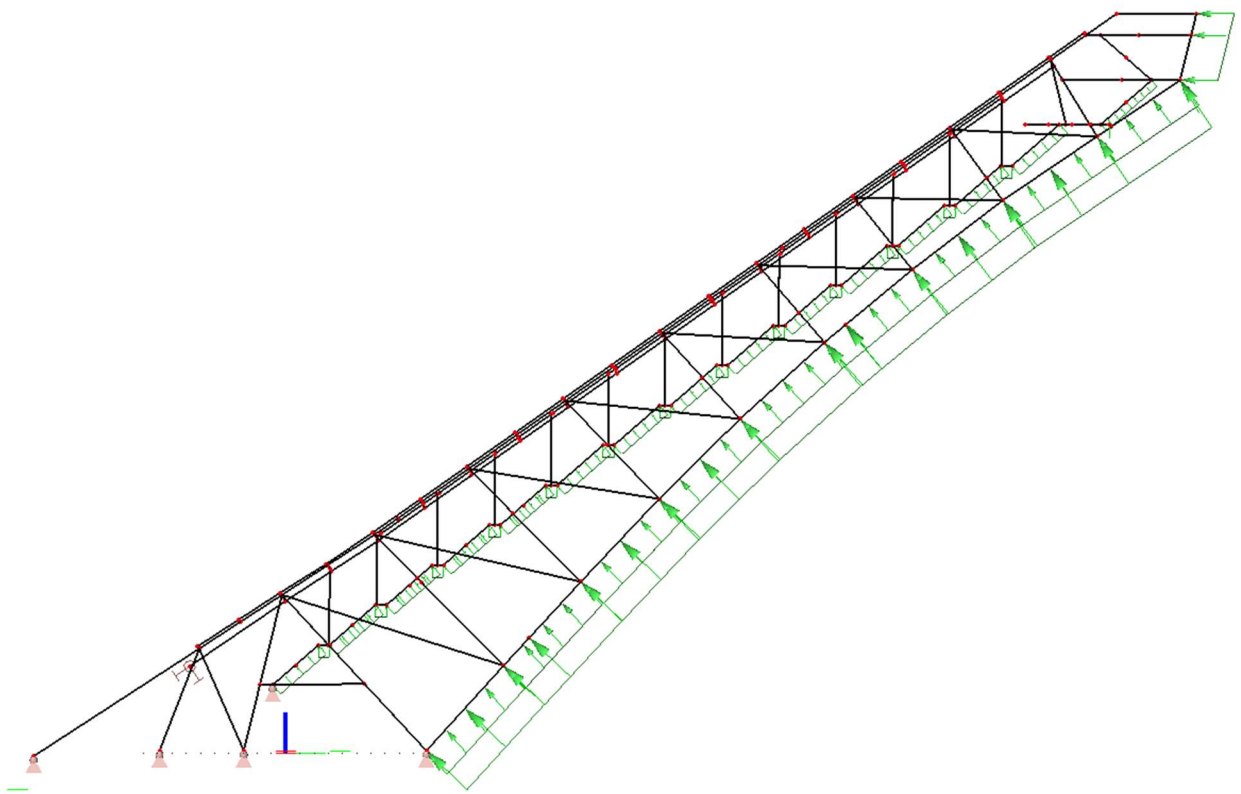
Vietor_x: horné plošiny HP1/2/3



Vietor_y+



Vietor_y+:typický výrez



Vietor y-: podfukovanie konštrukcie

3.2.5 Sneh

Štrbské Pleso spadá do oblasti V, ktorá podľa normy dosahuje charakteristické zaťaženie snehom na povrchu zeme $s_k > 2,25 \text{ kN/m}^2$.

Keďže je to dosť nepresná hodnota, požiadali sme SHMÚ o upresnenie hodnoty s_k . Vzhľadom na vysokú variabilitu zaznamenaných zimných maxím, vyžadujú sa podľa STN EN 1991-1-3-NA (4.1.(1)) záznaky minimálne z 20 rokov. Naše zaťaženie s_k bolo stanovené na základe meraní v rozmedzí 1961-2010.

Charakteristické zaťaženie snehom na povrchu zeme : $s_k = X \text{ kN/m}^2$

Podľa SHMÚ nespadá záujmová lokalita do oblasti s výskytom výnimočných zaťažení snehom. Uvažujeme dočasné/trvalé návrhové situácie pre nezávejšové usporiadanie snehu.

Zaťaženie snehom na plochu budeme uvažovať ako:

$$s = \mu * C_e * C_t * s_k$$

μ . . . súčiniteľ tvaru

Pri vodorovných plochách uvažujeme $\mu = 0,8$ a pri šikmej rovine sa vypočíta podľa vzorca $0,8 * (60 - \alpha) / 30$, čo pre $\alpha = 35^\circ$ vychádza $\mu = 0,67$.

$C_e = 0,8$. . . súčiniteľ expozície

$C_e = 1,0$. . . tepelný súčiniteľ

Topografia	C_e
Veterná (sneh odfukovaný vetrom) ^{a)}	0,80
Normálna (bežná) ^{b)}	1,00
Chránená ^{c)}	1,20

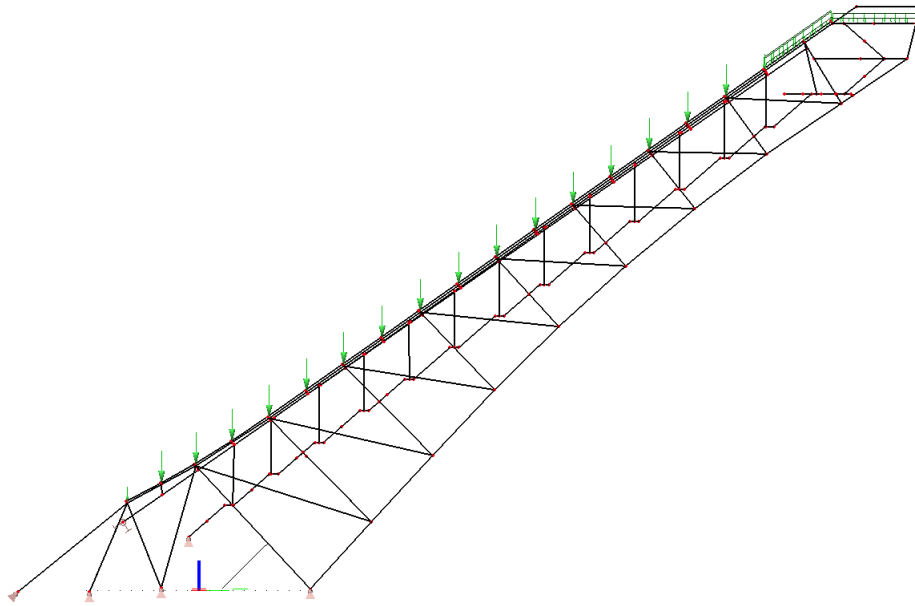
Obr. 3.26: Súčiniteľ expozície

Vodorovné plochy:

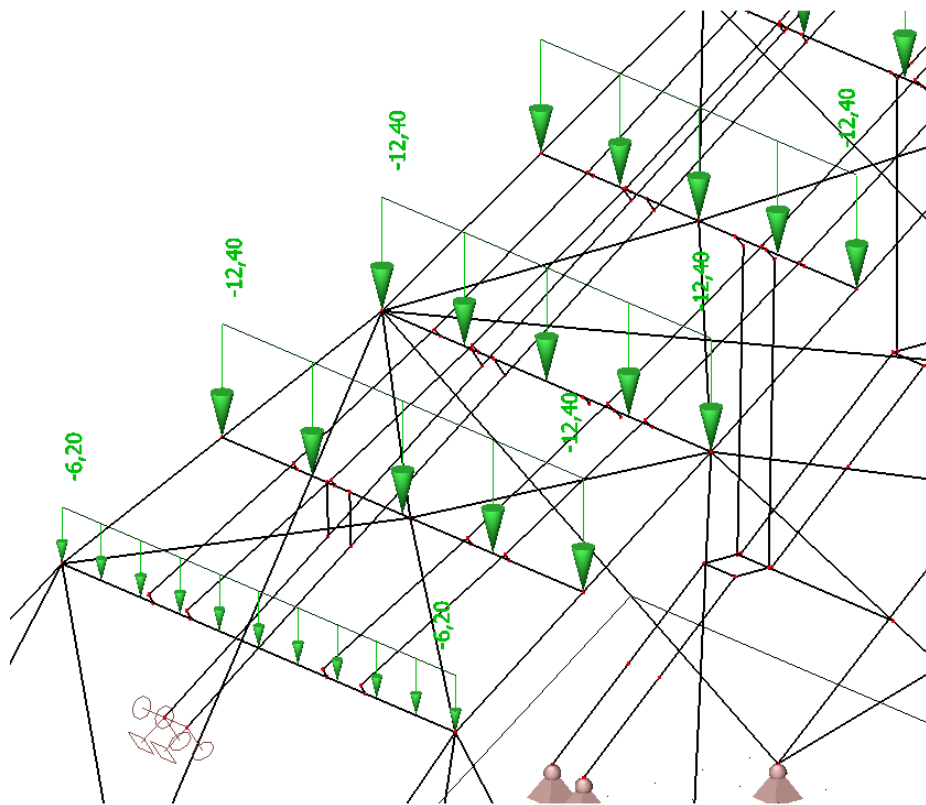
$$s = 0,8 * 0,8 * 1,0 * X = X \text{ kN/m}^2$$

Šikmé plochy:

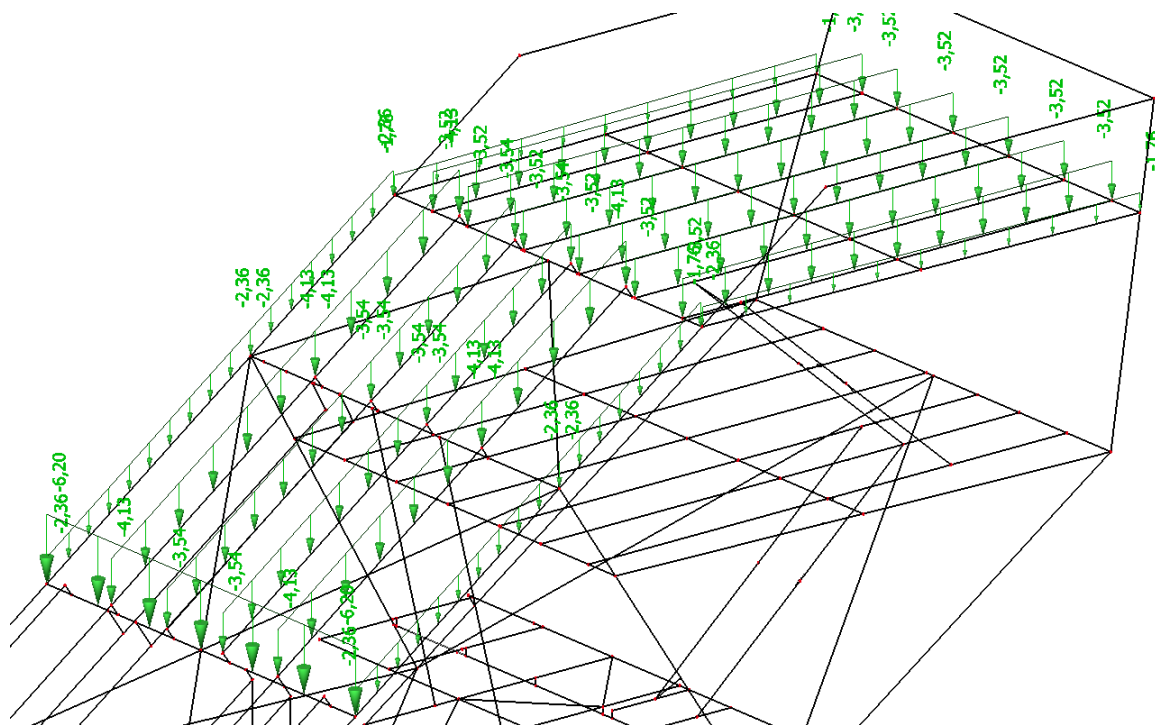
$$s = 0,67 * 0,8 * 1,0 * X = X \text{ kN/m}^2$$



Obr. 3.27: Zafaženie snehom



Obr. 3.28: Detail - zjazdová plošina(horné priečniky)



Obr. 3.29: Detail - horná plošina HP3

3.2.6 Teplota

Postupovali sme podľa STN EN 1991-1-5 kapitola 6, ktorá sa venuje mostom. Našu konštrukciu sme v tomto prípade riešili ako oceľový priehradový most s ortotropnou mostovkou. Táto konštrukcia mosta sa radí do typu 1.

Zaťaženie je rozdelené na rovnomernú a rozdielovú zložku teploty.

Typ 1	Oceľová nosná konštrukcia mosta:	– oceľový komorový nosník – oceľový priehradový alebo plnostenný nosník
Typ 2	Spriahnutá nosná konštrukcia mosta	
Typ 3	Betónová nosná konštrukcia mosta:	– betónová doska – betónový nosník – betónový komorový nosník

Obr. 3.30: Typ konštrukcie

Rovnomerná zložka teploty:

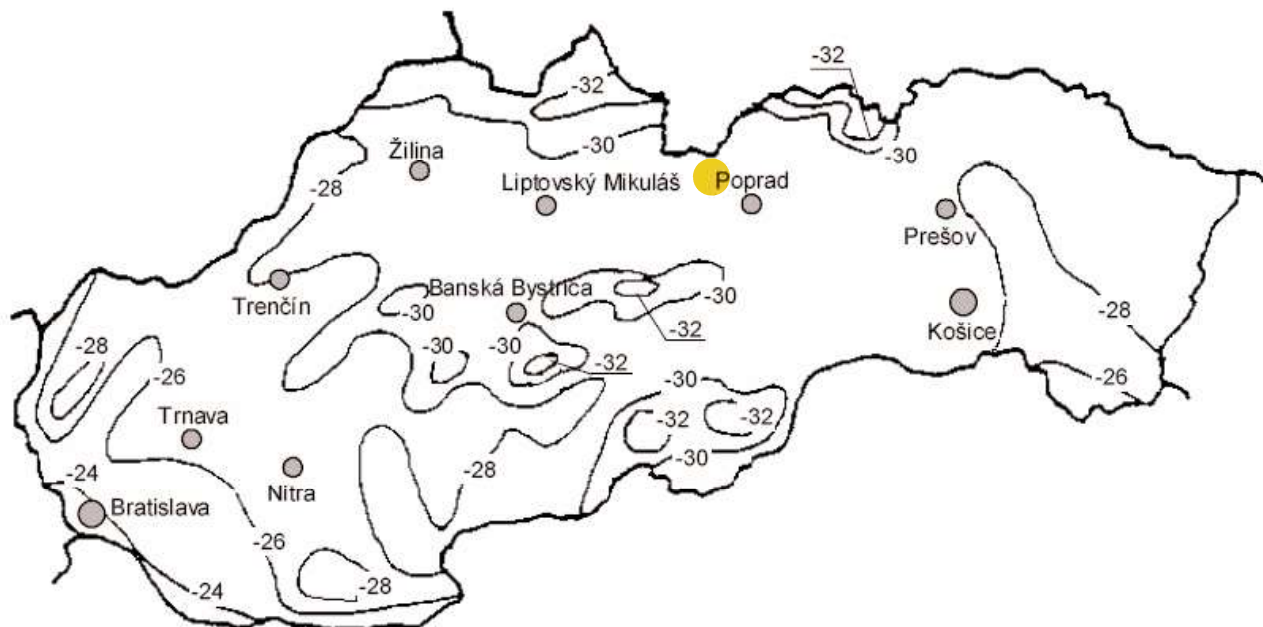
Závisí od minimálnej a maximálnej teploty ktorú most dosiahne, tj. $T_{e,min}$ a $T_{e,max}$. Tieto hodnoty sa odčítajú z obrázku 3.31. Hodnoty T_{max} (maximálna teplota vzduchu v tieni) a T_{min} (minimálna teplota vzduchu v tieni) sú podľa miesta stavby odčítané z izoterm, ktoré sa nachádzajú v národnej prílohe STN EN 1991-1-5. V našom prípade dostávame hodnoty:

$$T_{max} = 40^{\circ}$$

$$T_{min} = -30^{\circ}$$

Národná príloha NB (Informatívna)

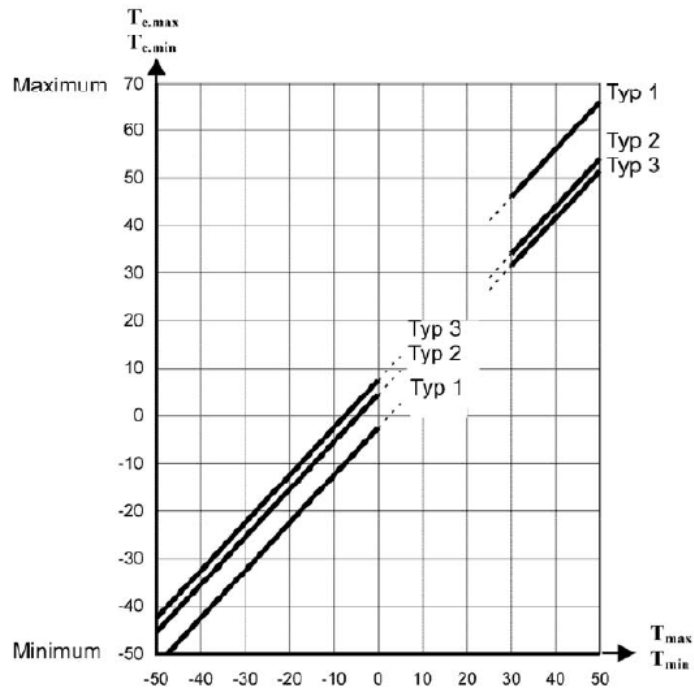
Mapy s izotermami



Obrázok NB.1: Izotermny minimálnej teploty vzduchu v tieni v °C



Obrázok NB.2: Izotermny maximálnej teploty vzduchu v tieni v °C



POZNÁMKA 1. – Hodnoty na obrázku 6.1 vychádzajú z denných teplotných rozsahov 10 °C. Tento rozsah možno považovať za primeraný pre väčšinu členských krajín.

POZNÁMKA 2. – Pre oceľové priehradové a plnostenné nosníky sa môžu maximálne hodnoty uvedené pre typ 1 zmenšiť o 3 °C.

Obr. 3.31: Rozsah teplôt

Z priloženého obrázku 3.31 dostávame príslušnú maximálnu a minimálnu teplotu mostu, pričom maximálna hodnota je znížená o 3°C podľa poznámky 2 na obrázku 3.31.

$$T_{e,max} = 53^{\circ}$$

$$T_{e,min} = -33^{\circ}$$

Maximálny rozsah rovnomerných teplôt pre počiatočnú teplotu konštrukcie $T_0 = 10^{\circ}\text{C}$:

$$T_{N,neg} = T_{e,min} - T_0 = -33 - 10 = -43^{\circ}$$

$$T_{N,pos} = T_{e,max} - T_0 = 53 - 10 = 43^{\circ}$$

Zvislá lineárna zložka teplotného spádu:

Ďalej budeme uvažovať lineárnu zmenu teploty po výške prierezu. Zohľadnia sa prostredníctvom ekvivalentnej zložky teplotného spádu $\Delta T_{M,heat}$ a $\Delta T_{M,cool}$, ktorá sa ďalej redukuje súčiniteľom k_{sur} podľa hrúbky povrchovej úpravy. Tieto hodnoty sa použijú medzi horným a spodným povrchom nosnej konštrukcie. Pre typ 1 dostávame:

Výsledná zmena teploty:

Typ nosnej konštrukcie	Horný povrch teplejší ako spodný	Spodný povrch teplejší ako horný
	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)
Typ 1: Oceľová nosná konštrukcia	18	13

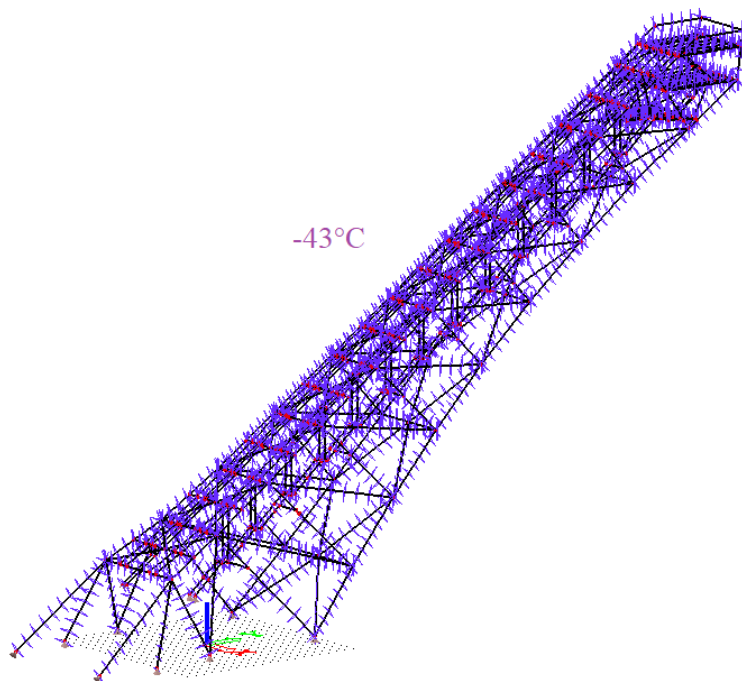
Obr. 3.32: Ekvivalentné zložky teplotného spádu

Hrúbka povrchovej úpravy	Typ 1	
	Horný povrch teplejší ako spodný	Spodný povrch teplejší ako horný
[mm]	k_{sur}	k_{sur}
bez povrchovej úpravy	0,7	0,9

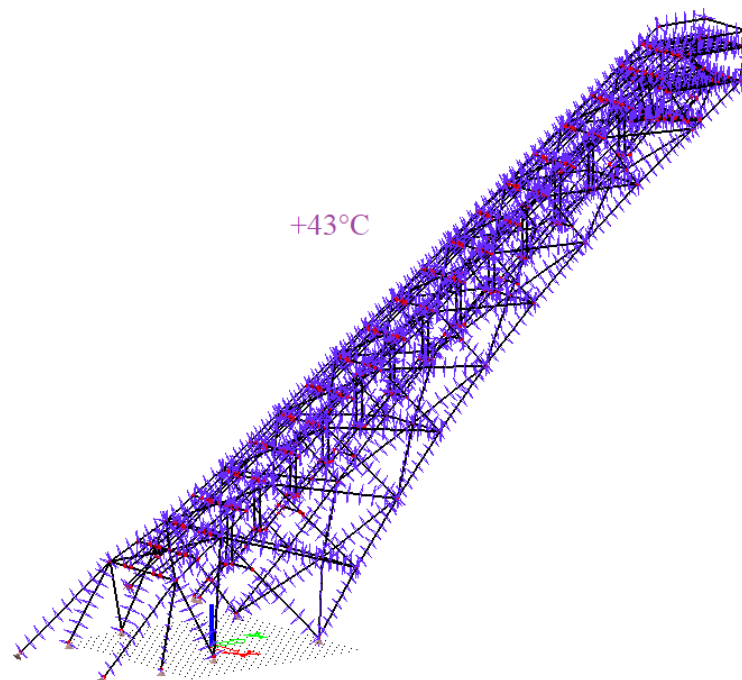
Obr. 3.33: Súčiniteľ k_{sur}

$$\Delta T_{M,heat} = 18 * 0,7 = 12,6^{\circ}$$

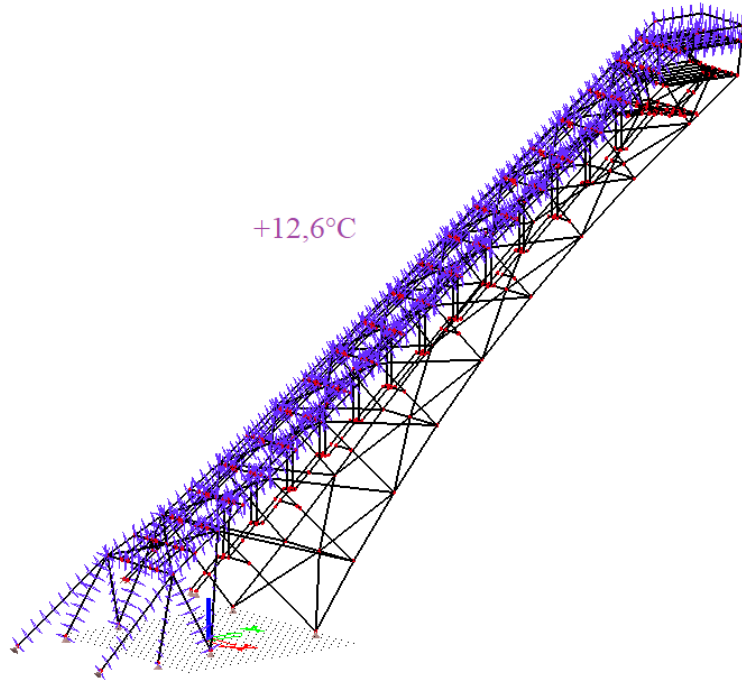
$$\Delta T_{M,cool} = 13 * 0,9 = 11,7^{\circ}$$



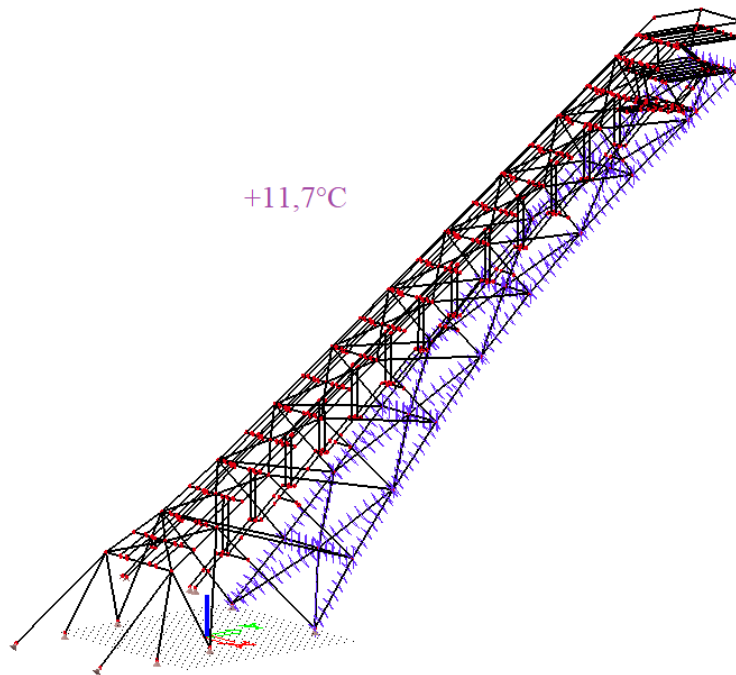
Obr. 3.34: Zaťaženie od $T_{N,neg}$



Obr. 3.35: Zaťaženie od $T_{N,pos}$



Obr. 3.36: Zaťaženie od $T_{M,heat}$



Obr. 3.37: Zaťaženie od $T_{M,cool}$

3.2.7 Výťah

Podľa informačnej brožúry firmy Leitner sme predbežne stanovili maximálnu hmotnosť kabínky na 3000kg, tj. vrátane ľudí. Kabínka bude zavesená na dvoch nosníkoch typu HEA 300. Nebudeme uvažovať nerovnomerné rozdelenie ľudí a teda na každý nosník pôsobí rovnako veľká sila $F_z/2$.

$$F_z = 3000/100 = 30kN$$

Priečnu silu P počítame ako 10% z celkovej zvislej F_z a teda na jeden nosník pôsobí polovica.

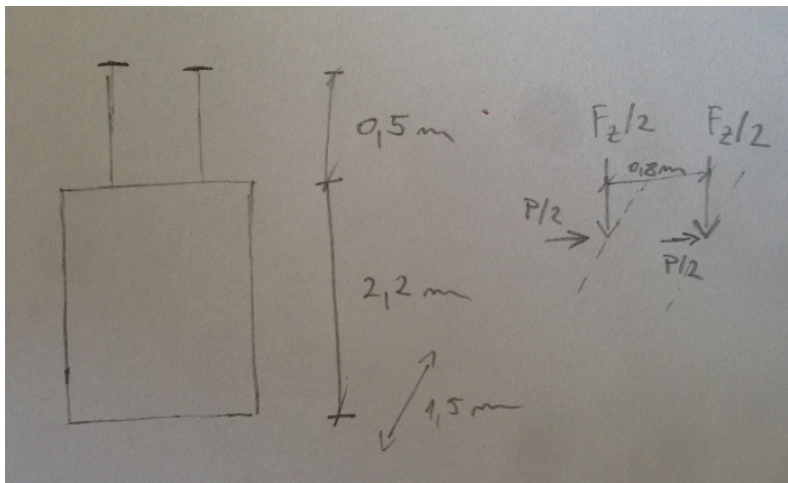
$$P = 0,1 * 30 = 3kN$$

Pozdĺžna sila F_x je spočítaná zo zvislej F_z nasledovne:

$$F_x = F_z * \sin(\alpha) = 30 * \sin(35) = 17,2kN$$

Rozmery kabínky sa uvažujú takto: výška=2,2m/šírka=1,5m a vzdialenosť medzi horným povrchom kabínky a osou nosníku dráhy uvažujeme 0,5m.

Zaťaženie bez uváženia bočného vetru:



Obr. 3.38: Rozloženie síl bez vplyvu vetra

Vplyv vetra

Hodnotu sily F_w budeme počítat podľa:

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

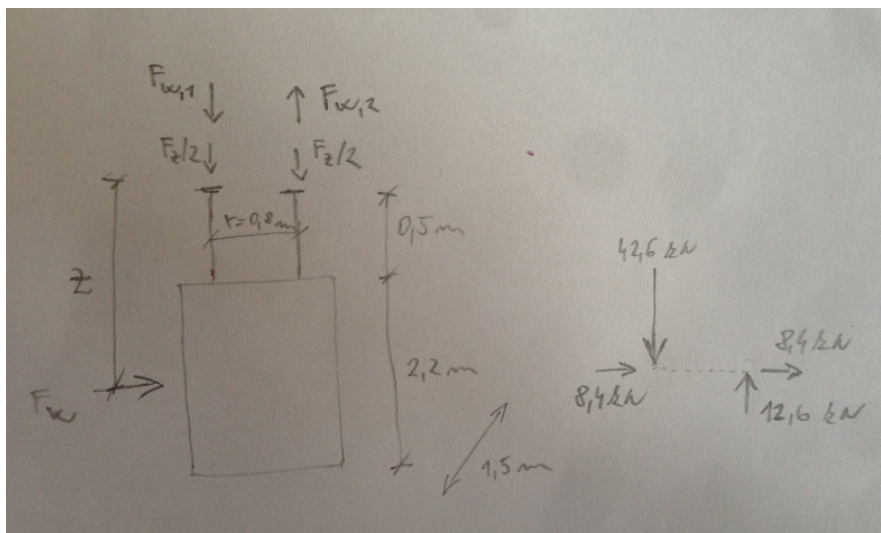
Hodnotu súčiniteľa sily c_f prevezmeme podľa STN EN 1991-1-4 (7.4.3 Reklamné tabule), čím dostávame $c_f = 1,8$. Robíme tak z dôvodu, že je to voľne stojaca plocha v nejakej výške nad povrchom. Z ostatných možností nám táto najviac pripomína náš prípad.

$$F_w = 0,986 * 1,8 * 2,35 * (2,2 * 1,5) = 13,8kN$$

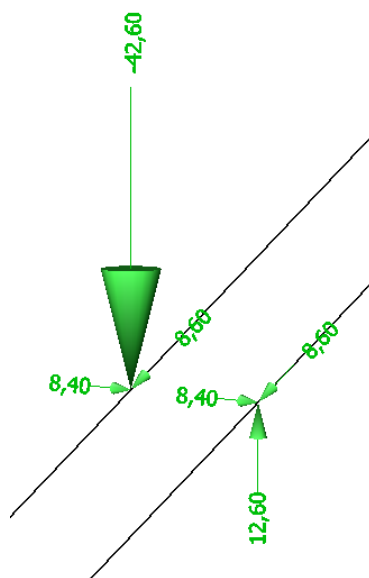
Vodorovná sila F_w pôsobí na rameni z. Vďaka excentricite nám vzniká moment, ktorý nahradíme dvojicou síl $F_{w,1}$ a $F_{w,2}$. Táto dvojica síl sa potom pripočíta k $F_z/2$.

$$M = F_w * z = 13,8 * 1,6 = 22,08kNm$$

$$F_{w,1} = F_{w,2} = M/r = 22,08/0,8 = 27,6kN$$



Obr. 3.39: Rozloženie síl vplyvom vetra



Obr. 3.40: Vyobrazenie zaťaženia v SCII

Vzhľadom nato, že rozhodujúci je stav s vplyvom vetra, pretože nám vyvodzuje maximálnu zvislú, ako aj vodorovnú silu na nosník, budeme ďalej uvažovať tento prípad.

KOMBINÁCIE ZAŤAŽENIA

Tvorba kombinácií sa riadi podľa STN EN 1990. Všeobecne sú účinky zaťaženia funkciou rôznych zaťažovacích stavov pôsobiacich súčasne na daný objekt. Pravdepodobnosť ich súčasného pôsobenia sa vyjadruje pomocou pravidiel pre zostavovanie kombinácií zaťaženia.

Pre medzný stav únosnosti(MSÚ) budeme uvažovať štandardne kombinácie pre trvalé a dočasné návrhové situácie, všeobecne označované **6.10 / 6.10a / 6.10b**.

$$6.10 : \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10a : \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10b : \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

V medznom stave použiteľnosti(MSP) budeme uvažovať **charakteristickú** kombináciu.

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

Tabuľka 4.1: Hodnoty parciálnych súčiniteľov

$\gamma_{G,priazniva}$	1,35
$\gamma_{G,nepriazniva}$	1,0
$\gamma_{Q,i,priazniva}$	1,5
$\gamma_{Q,i,nepriazniva}$	0
ξ	0,85

Tabuľka 4.2: Kombinačné súčinitele

Zaťažovací stav	ψ_0
Vlastná tiaha	-
Trapéz	-
Pororošť	-
Záradlie	-
Technológie	0,7
Úžitné	0,7
Sneh	0,7
Vietor x	0,6
Vietor y+	0,6
Vietor y-	0,6
$\Delta T_{n,neg}$	0,6
$\Delta T_{n,pos}$	0,6
$\Delta T_{m,heat}$	0,6
$\Delta T_{m,cool}$	0,6
Výťah	1,0

4.1 Lineárne kombinácie

Podľa týchto pravidiel sme pri lineárnom výpočte vytvorili kombinácie typu **obálka-únosnosť**. Vďaka tomu, nemusíme vytvárať každú kombináciu zvlášť. Keďže platí princíp superpozície, spočítajú sa najskôr jednotlivé stavy a následne sa môžu ľubovoľne kombinovať. Zaťažovacie stavy sú priradené príslúchajúcim skupinám zaťažení. V našom prípade máme viac zaťažovacích stavov pri vetre a teplote. Nikdy nenastane situácia, kedy sa bude ochladzovať a zohrievať zároveň alebo fúkať vietor z rozličných smerov naraz. Aby sme sa vyhli tomu, že sa budú kombinovať stavy, ktoré sa nevyskytujú zároveň, nastaví sa im skupina zaťaženia **výberová**.

4.2 Stabilné kombinácie

Neplatí princíp superpozície. Každá kombinácia sa musí vytvoriť zvlášť.

4.3 Nelineárne kombinácie

Neplatí princíp superpozície. Každá kombinácia sa musí vytvoriť zvlášť.

Kombinace

Kombinace pro lineární výpočet

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSU_6.10.a	Obálka - únosnost	vlastná tiah	1,35
		trapéz	1,35
		vietor_x	0,90
		technológie_1,5kN/m2	1,05
		delta_T_n_neg	0,90
		pororošt	1,35
		zábradlie	1,35
		sneh	1,05
		delta_T_n_pos	0,90
		delta_T_m_heat	0,90
		delta_T_m_cool	0,90
		úžitné_2kN/m2	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		vytah_	1,00
MSU_6.10.b_sneh	Obálka - únosnost	vlastná tiah	1,15
		trapéz	1,15
		vietor_x	0,90
		technológie_1,5kN/m2	1,05
		delta_T_n_neg	0,90
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		sneh	1,50
		delta_T_n_pos	0,90
		delta_T_m_heat	0,90
		delta_T_m_cool	0,90
		úžitné_2kN/m2	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		vytah_	1,00
MSU_6.10.b_uzitne	Obálka - únosnost	vlastná tiah	1,15
		trapéz	1,15
		vietor_x	0,90
		technológie_1,5kN/m2	1,05
		delta_T_n_neg	0,90
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		sneh	1,05
		delta_T_n_pos	0,90
		delta_T_m_heat	0,90
		delta_T_m_cool	0,90
		úžitné_2kN/m2	1,50
		vietor_y+_1	0,90
		vytah_	1,00
MSU_6.10.b_vietor_x	Obálka - únosnost	vlastná tiah	1,15
		trapéz	1,15
		vietor_x	1,50
		technológie_1,5kN/m2	1,05
		delta_T_n_neg	0,90
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		sneh	1,05
		delta_T_n_pos	0,90
		delta_T_m_heat	0,90
		delta_T_m_cool	0,90
		úžitné_2kN/m2	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		vytah_	1,00
MSU_6.10.b_vietor_y+	Obálka -	vlastná tiah	1,15
		trapéz	1,15
		technológie_1,5kN/m2	1,05
		delta_T_n_neg	0,90
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSU_6.10.b_vietor_y+	Obálka - únosnosť	sneh	1,05
		delta_T_n_pos	0,90
		delta_T_m_heat	0,90
		delta_T_m_cool	0,90
		úžitné_2kN/m2	1,05
		vietor_y+_1	1,50
		vytah_	1,00
MSU_6.10.b_n_neg	Obálka - únosnosť	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		vietor_x	0,90
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		delta_T_n_neg	1,50
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		sneh	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		vytah_	1,00
MSU_6.10.b_n_pos	Obálka - únosnosť	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		vietor_x	0,90
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		sneh	1,05
		delta_T_n_pos	1,50
		úžitné_2kN/m2	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		vytah_	1,00
MSU_6.10.b_m_heat	Obálka - únosnosť	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		vietor_x	0,90
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		sneh	1,05
		delta_T_m_heat	1,50
		úžitné_2kN/m2	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		vytah_	1,00
MSU_6.10.b_m_cool	Obálka - únosnosť	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		vietor_x	0,90
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		sneh	1,05
		delta_T_m_cool	1,50
		úžitné_2kN/m2	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		vytah_	1,00
MSP_char_sneh	Obálka -	vlastná tiaha	1,00
		trapéz	1,00
		vietor_x	0,60
		technológia_1,5kN/m2	0,70
		delta_T_n_neg	0,60
		pororošt	1,00
		zábradlie	1,00
		sneh	1,00
		delta_T_n_pos	0,60
		delta_T_m_heat	0,60
		delta_T_m_cool	0,60
		úžitné_2kN/m2	0,70
		vietor_y+_1	0,60
vytah_	1,00		

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSP_char_sneh	Obálka - únosnost	vietor_y-_1	0,60
MSP_char_vietor_x	Obálka - únosnost	vlastná tiaha	1,00
		trapéz	1,00
		vietor_x	1,00
		technológie_1,5kN/m2	0,70
		delta_T_n_neg	0,60
		pororošt	1,00
		zábradlie	1,00
		sneh	0,70
		delta_T_n_pos	0,60
		delta_T_m_heat	0,60
		delta_T_m_cool	0,60
		úžitné_2kN/m2	0,70
vytah_	1,00		
MSP_char_vietor_y+	Obálka - únosnost	vlastná tiaha	1,00
		trapéz	1,00
		technológie_1,5kN/m2	0,70
		delta_T_n_neg	0,60
		pororošt	1,00
		zábradlie	1,00
		sneh	0,70
		delta_T_n_pos	0,60
		delta_T_m_heat	0,60
		delta_T_m_cool	0,60
		úžitné_2kN/m2	0,70
		vietor_y+_1	1,00
vytah_	1,00		
MSU_6.10.b_vietor_y-	Obálka - únosnost	vlastná tiaha	1,00
		trapéz	1,00
		pororošt	1,00
		zábradlie	1,00
		delta_T_m_cool	0,90
		vietor_y-_1	1,50

Stabilitní kombinace

Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
6.10.a_vietor_x+neg	vlastná tiaha	1,35
	trapéz	1,35
	vietor_x	0,90
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	delta_T_n_neg	0,90
	pororošt	1,35
	zábradlie	1,35
	sneh	1,05
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vytah_	1,00
6.10.a_vietor_y+neg	vlastná tiaha	1,35
	trapéz	1,35
	vietor_x	0,90
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	delta_T_n_neg	0,90
	pororošt	1,35
	zábradlie	1,35
	sneh	1,05
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vytah_	1,00
6.10.b_vietor_y+neg	vlastná tiaha	1,15
	trapéz	1,15
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	delta_T_n_neg	0,90
	pororošt	1,15
	zábradlie	1,15
	sneh	1,05
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vietor_y+_1	1,50
	vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_y_neg	vlastná tiaha	1,15
	trapéz	1,15
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	delta_T_n_neg	0,90
	pororošt	1,15
	zábradlie	1,15
	sneh	1,50
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vietor_y+_1	0,90
	vytah_	1,00
6.10.a_vietor_x+pos	vlastná tiaha	1,35
	trapéz	1,35
	vietor_x	0,90
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,35
	zábradlie	1,35
	sneh	1,05
	delta_T_n_pos	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vytah_	1,00
6.10.a_vietor_x+heat	vlastná tiaha	1,35
	trapéz	1,35
	vietor_x	0,90
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,35
	zábradlie	1,35
	sneh	1,05
	delta_T_m_heat	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vytah_	1,00
6.10.a_vietor_x+cool	vlastná tiaha	1,35
	trapéz	1,35
	vietor_x	0,90

Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
6.10.a_vietor_x+cool	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,35
	zábradlie	1,35
	sneh	1,05
	delta_T_m_cool	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vytah_	1,00
6.10.a_vietor_y+pos	vlastná tiaha	1,35
	trapéz	1,35
	vietor_x	0,90
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,35
	zábradlie	1,35
	sneh	1,05
	delta_T_n_pos	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
vytah_	1,00	
6.10.a_vietor_y+heat	vlastná tiaha	1,35
	trapéz	1,35
	vietor_x	0,90
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,35
	zábradlie	1,35
	sneh	1,05
	delta_T_m_heat	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
vytah_	1,00	
6.10.a_vietor_y+cool	vlastná tiaha	1,35
	trapéz	1,35
	vietor_x	0,90
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,35
	zábradlie	1,35
	sneh	1,05
	delta_T_m_cool	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
vytah_	1,00	
6.10.b_vietor_y+pos	vlastná tiaha	1,15
	trapéz	1,15
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,15
	zábradlie	1,15
	sneh	1,05
	delta_T_n_pos	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vietor_y+_1	1,50
vytah_	1,00	
6.10.b_vietor_y+heat	vlastná tiaha	1,15
	trapéz	1,15
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,15
	zábradlie	1,15
	sneh	1,05
	delta_T_m_heat	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vietor_y+_1	1,50
vytah_	1,00	
6.10.b_vietor_y+cool	vlastná tiaha	1,15
	trapéz	1,15
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,15
	zábradlie	1,15
	sneh	1,05
	delta_T_m_cool	0,90
úžitné_2kN/m2	1,05	

Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
6.10.b_vietor_y+cool	vietor_y+_1	1,50
	vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_y_pos	vlastná tiaha	1,15
	trapéz	1,15
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,15
	zábradlie	1,15
	sneh	1,50
	delta_T_n_pos	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vietor_y+_1	0,90
	vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_y_heat	vlastná tiaha	1,15
	trapéz	1,15
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,15
	zábradlie	1,15
	sneh	1,50
	delta_T_m_heat	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vietor_y+_1	0,90
	vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_y_cool	vlastná tiaha	1,15
	trapéz	1,15
	technológia_1,5kN/m2	1,05
	pororošt	1,15
	zábradlie	1,15
	sneh	1,50
	delta_T_m_cool	0,90
	úžitné_2kN/m2	1,05
	vietor_y+_1	0,90
	vytah_	1,00

Nelineární kombinace

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
6.10.a_vietor_x+neg	Únosnost	vlastná tiaha	1,35
		trapéz	1,35
		pororošt	1,35
		zábradlie	1,35
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	0,90
		delta_T_n_neg	0,90
		vytah_	1,00
6.10.a_vietor_x+pos	Únosnost	vlastná tiaha	1,35
		trapéz	1,35
		pororošt	1,35
		zábradlie	1,35
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	0,90
		delta_T_n_pos	0,90
		vytah_	1,00
6.10.a_vietor_x+heat	Únosnost	vlastná tiaha	1,35
		trapéz	1,35
		pororošt	1,35
		zábradlie	1,35
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	0,90
		delta_T_m_heat	0,90
		vytah_	1,00
6.10.a_vietor_x+cool	Únosnost	vlastná tiaha	1,35
		trapéz	1,35
		pororošt	1,35
		zábradlie	1,35
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	0,90
		delta_T_m_cool	0,90
		vytah_	1,00
6.10.a_vietor_y+neg	Únosnost	vlastná tiaha	1,35
		trapéz	1,35
		pororošt	1,35
		zábradlie	1,35
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		delta_T_n_neg	0,90
		vytah_	1,00
6.10.a_vietor_y+pos	Únosnost	vlastná tiaha	1,35
		trapéz	1,35
		pororošt	1,35
		zábradlie	1,35
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		delta_T_n_pos	0,90
		vytah_	1,00
6.10.a_vietor_y+heat	Únosnost	vlastná tiaha	1,35
		trapéz	1,35
		pororošt	1,35

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
6.10.a_vietor_y+heat	Únosnost	zábradlie	1,35
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		delta_T_m_heat	0,90
		vytah_	1,00
6.10.a_vietor_y+cool	Únosnost	vlastná tiaha	1,35
		trapéz	1,35
		pororošt	1,35
		zábradlie	1,35
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		delta_T_m_cool	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_x_neg	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,50
		vietor_x	0,90
		delta_T_n_neg	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_x_pos	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,50
		vietor_x	0,90
		delta_T_n_pos	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_x_heat	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,50
		vietor_x	0,90
		delta_T_m_heat	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_x_cool	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,50
		vietor_x	0,90
		delta_T_m_cool	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_y_neg	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,50
		vietor_y+_1	0,90

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
6.10.b_sneh_vietor_y_neg	Únosnost	delta_T_n_neg	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_y_pos	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,50
		vietor_y+_1	0,90
		delta_T_n_pos	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_y_heat	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,50
		vietor_y+_1	0,90
		delta_T_m_heat	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_sneh_vietor_y_cool	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,50
		vietor_y+_1	0,90
		delta_T_m_cool	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_vietor_x_neg	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	1,50
		delta_T_n_neg	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_vietor_x_pos	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	1,50
		delta_T_n_pos	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_vietor_x_heat	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	1,50
		delta_T_m_heat	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_vietor_x_cool	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
6.10.b_vietor_x_cool	Únosnost	zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	1,50
		delta_T_m_cool	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_vietor_y_neg	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_y+_1	1,50
		delta_T_n_neg	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_vietor_y_pos	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,50
		vietor_y+_1	1,50
		delta_T_n_pos	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_vietor_y_heat	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_y+_1	1,50
		delta_T_m_heat	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_vietor_y_cool	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_y+_1	1,50
		delta_T_m_cool	0,90
		vytah_	1,00
6.10.b_neg_vietor_x	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	0,90
		delta_T_n_neg	1,50
		vytah_	1,00
6.10.b_neg_vietor_y	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
vietor_y+_1	0,90		

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
6.10.b_neg_vietor_y	Únosnost	delta_T_n_neg	1,50
		vytah_	1,00
6.10.b_pos_vietor_x	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	0,90
		delta_T_n_pos	1,50
		vytah_	1,00
6.10.b_pos_vietor_y	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		delta_T_n_pos	1,50
		vytah_	1,00
6.10.b_heat_vietor_x	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	0,90
		delta_T_m_heat	1,50
		vytah_	1,00
6.10.b_heat_vietor_y	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		delta_T_m_heat	1,50
		vytah_	1,00
6.10.b_cool_vietor_x	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_x	0,90
		delta_T_m_cool	1,50
		vytah_	1,00
6.10.b_cool_vietor_y	Únosnost	vlastná tiaha	1,15
		trapéz	1,15
		pororošt	1,15
		zábradlie	1,15
		technológia_1,5kN/m2	1,05
		úžitné_2kN/m2	1,05
		sneh	1,05
		vietor_y+_1	0,90
		delta_T_m_cool	1,50
		vytah_	1,00
MSP_char_vietor_y_pos	Únosnost	vlastná tiaha	1,00
		trapéz	1,00
		pororošt	1,00

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSP_char_vietor_y_pos	Únosnost	zábradlie	1,00
		technológia_1,5kN/m2	0,70
		úžitné_2kN/m2	0,70
		sneh	0,70
		vietor_y+_1	1,00
		delta_T_n_pos	0,60
		vytah_	1,00
MSP_char_vietor_y_heat	Únosnost	vlastná tiaha	1,00
		trapéz	1,00
		pororošt	1,00
		zábradlie	1,00
		technológia_1,5kN/m2	0,70
		úžitné_2kN/m2	0,70
		sneh	0,70
		vietor_y+_1	1,00
		delta_T_m_heat	0,60
		vytah_	1,00
		6.10.a_vietor_y_cool	Únosnost
trapéz	1,00		
pororošt	1,00		
zábradlie	1,00		
vietor_y-_1	1,50		
delta_T_m_cool	0,90		

GLOBÁLNA ANALÝZA

V úvode práce sme hľadali rozumný/optimálny tvar mostíku pomocou lineárneho výpočtu, pretože je relatívne rýchli. Keďže sme hľadali tvar, tento výpočet bol postačujúci. V podrobnejšej analýze finálneho tvaru to však nie je vyhovujúce. Aký prístup v globálnej analýze máme zvoliť, si načrtne v ďalších riadkoch.

Rozhodujúcim parametrom je kritický súčiniteľ α_{cr} .

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}}$$

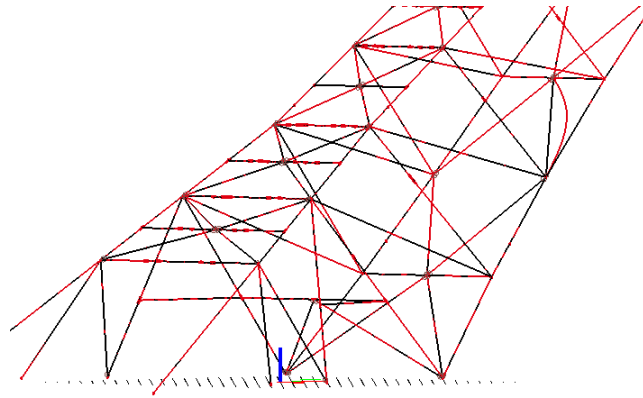
- $\alpha_{cr} \geq 10 \rightarrow$ Teória I. rádu
- $\alpha_{cr} < 10 \rightarrow$ Teória II. rádu
- $\alpha_{cr} \geq 15 \rightarrow$ plasticitne

5.1 Stabilný výpočet

Najnižšie $\alpha_{cr} = 2,54$, obdržíme v kombinácii 6.10.a_vietor_x+neg, kde vybočuje diagonála dolného stuženia B481. Zaujímá nás vždy 1.vlastný tvar vybočenia. Všetky ostatné sú iba teoretické tvary. S ohľadom na α_{cr} sa musí vykonať výpočet podľa **teórie II.rádu**.

Součinitele kritického zatížení

N	f
-	[]
Stabilitní kombinace : 6.10.a_vietor_x+neg	
1	2,54
2	2,54
Stabilitní kombinace : 6.10.a_vietor_y+neg	
1	2,54
2	2,54
Stabilitní kombinace : 6.10.b_vietor_y+neg	
1	4,49
2	4,49
Stabilitní kombinace : 6.10.b_sneh_vietor_y_neg	
1	4,65
2	4,65
Stabilitní kombinace : 6.10.a_vietor_x+pos	
1	2,62
2	2,77
Stabilitní kombinace : 6.10.a_vietor_x+heat	
1	2,62
2	2,64
Stabilitní kombinace : 6.10.a_vietor_x+cool	
1	2,63
2	2,66
Stabilitní kombinace : 6.10.a_vietor_y+pos	
1	2,62
2	2,77
Stabilitní kombinace : 6.10.a_vietor_y+heat	
1	2,62
2	2,64
Stabilitní kombinace : 6.10.a_vietor_y+cool	
1	2,63
2	2,66
Stabilitní kombinace : 6.10.b_vietor_y+pos	
1	3,62
2	3,62
Stabilitní kombinace : 6.10.b_vietor_y+heat	
1	4,03
2	4,03
Stabilitní kombinace : 6.10.b_vietor_y+cool	
1	3,92
2	3,92
Stabilitní kombinace : 6.10.b_sneh_vietor_y_pos	
1	3,72
2	3,72
Stabilitní kombinace : 6.10.b_sneh_vietor_y_heat	
1	4,17
2	4,17
Stabilitní kombinace : 6.10.b_sneh_vietor_y_cool	
1	4,04
2	4,04



Obr. 5.1: 1. vlastný tvar vybočenia - vybočuje B481

5.2 Výpočet podľa teórie II.rádu

Zohľadňuje vplyv deformácií na vnútorné sily. Vystihuje viac reálne správanie konštrukcie. Vnútorné sily vyšetříme metódou:

- globálna imperfekcia v podobe náklonu

Avšak vybrané prúty konfrontujeme s metódou *kompletne imperfktnej sústavy*.

5.2.1 Globálna imperfekcia v podobe náklonu

Celkové počiatkové naklonenie ϕ :

$$\phi = \phi_0 * \alpha_h * \alpha_m$$

$$\phi_0 = 1/200$$

α_h . . .redukčný súčiniteľ v závislosti na výške h v metroch

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \text{ ale } \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{51,6}} = 0,28 \rightarrow \alpha_h = \frac{2}{3}$$

α_m . . .redukčný súčiniteľ pre počet stĺpov v rade

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{m})}$$

Na bezpečnej strane uvažujeme $\alpha_m = 1$

$$\text{Celkový náklon je teda: } \phi = \frac{1}{200} * \frac{2}{3} * 1,0 = \frac{1}{300}$$

Náklon konštrukcie simulujeme silovými účinkami.

Z lineárneho výpočtu poznáme sily v hornom a dolnom páse priehradových nosníkov. Potom ako ich prenásobíme náklonom, získame náhradné vodorovné sily. Ich rozdielom je výsledná sila, ktorá pôsobí v uzle. Rozhodujúcou kombináciou je *MSU_6.10.b_vietor_x*.

Za zmienku stojí ešte dodať, že pri posúdení jednotlivých prvkov sa musí zohľadniť stabilita. Avšak kritická dĺžka je rovná dĺžke prútu medzi styčnými.

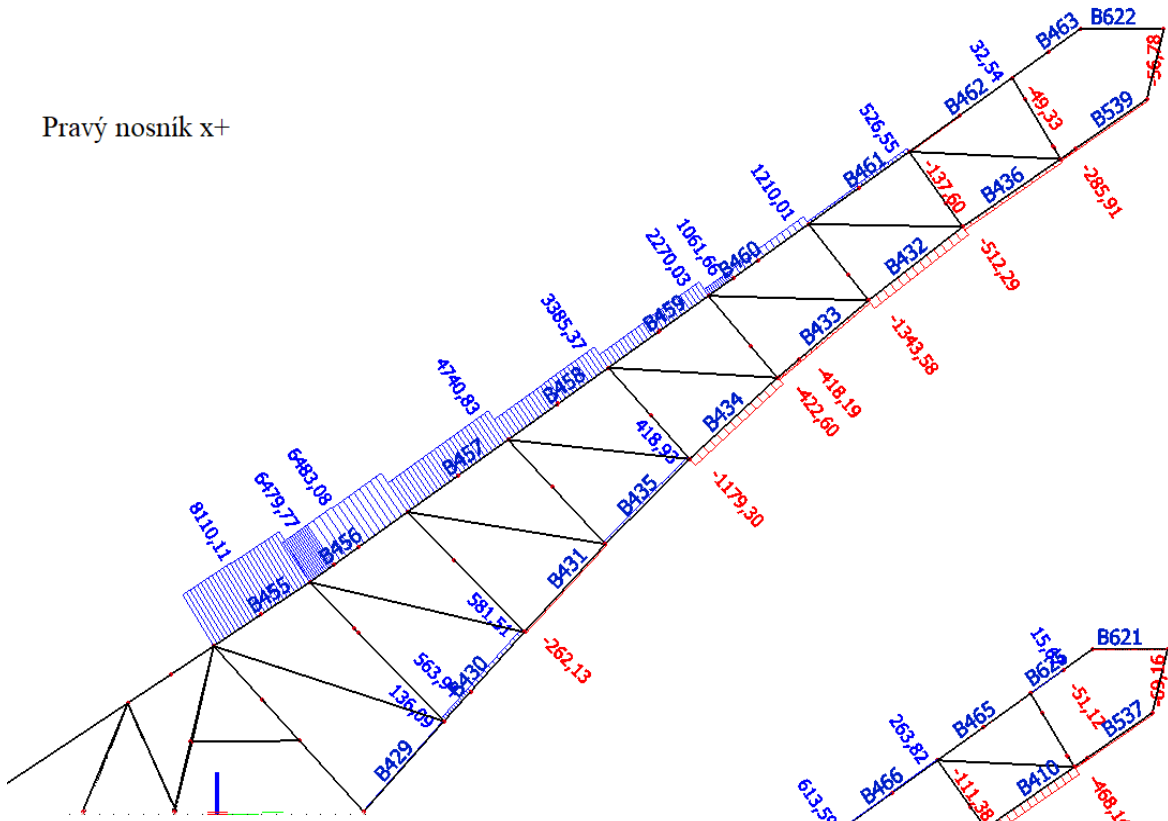
Ľavý nosník: x-

Názov	Označenie	N_{cd} [kN]	ϕ	$H_{Ed,\phi}$ [kN]	$H_{Ed,\phi,i}$ [kN]	$H_{Ed,\phi,uzol}$ [kN]
Horný pás	B455	8110	0,00333	27,033	27,487	
Dolný pás	B429	136	0,00333	0,453		
Horný pás	B456	6480	0,00333	21,600	23,477	4,010
Dolný pás	B430	563	0,00333	1,877		
Horný pás	B457	4739	0,00333	15,797	14,923	8,553
Dolný pás	B431	-262	0,00333	-0,873		
Horný pás	B458	3386	0,00333	11,287	12,680	2,243
Dolný pás	B435	418	0,00333	1,393		
Horný pás	B459	2270	0,00333	7,567	3,637	9,043
Dolný pás	B434	-1179	0,00333	-3,930		
Horný pás	B460	1062	0,00333	3,540	2,133	1,503
Dolný pás	B433	-422	0,00333	-1,407		
Horný pás	B461	526	0,00333	1,753	-2,727	4,860
Dolný pás	B432	-1344	0,00333	-4,480		
Horný pás	B462	-137	0,00333	-0,457	-2,160	-0,567
Dolný pás	B436	-511	0,00333	-1,703		
Horný pás	B463	-50	0,00333	-0,167	-1,120	-1,040
Dolný pás	B539	-286	0,00333	-0,953		
Horný pás	B622	-57	0,00333	-0,190	-1,143	0,023
Dolný pás	B539	-286	0,00333	-0,953		

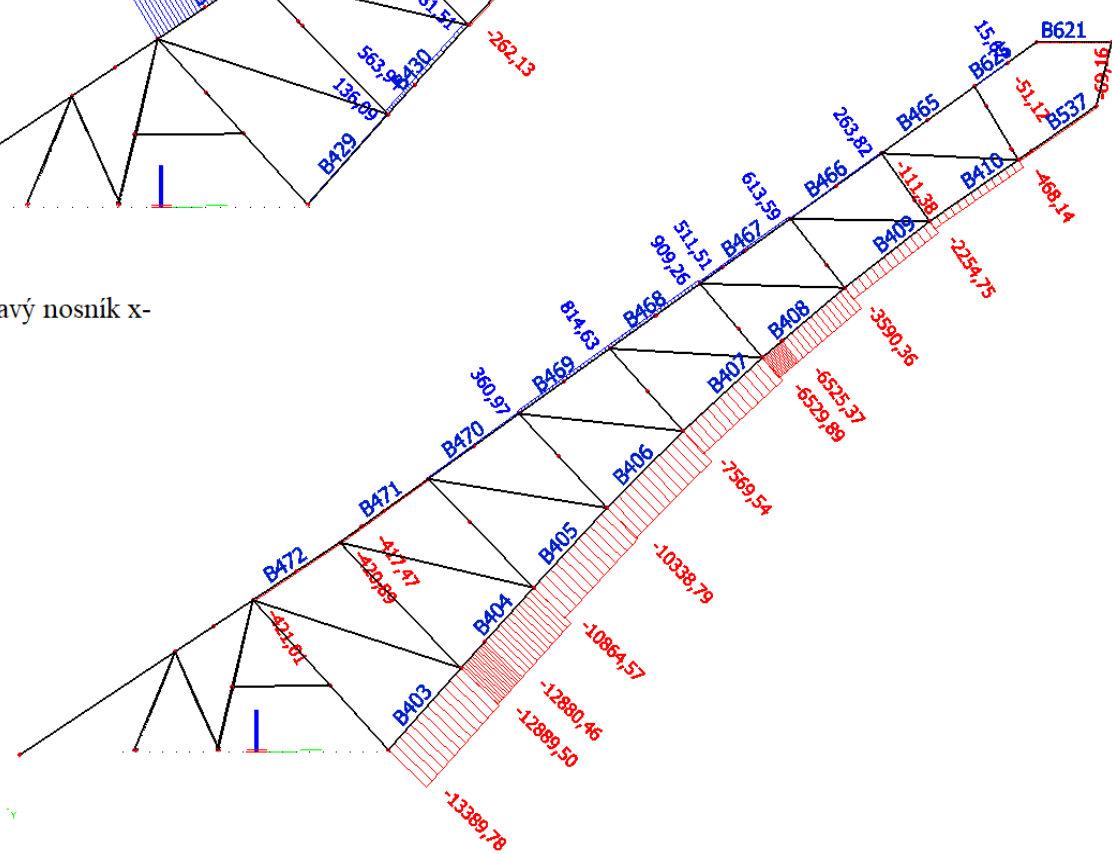
Pravý nosník: x+

Názov	Označenie	N_{cd} [kN]	ϕ	$H_{Ed,\phi}$ [kN]	$H_{Ed,\phi,i}$ [kN]	$H_{Ed,\phi,uzol}$ [kN]
Horný pás	B472	-421	0,00333	-1,403	-46,037	
Dolný pás	B403	-13390	0,00333	-44,633		
Horný pás	B471	-420	0,00333	-1,400	-44,360	-1,677
Dolný pás	B404	-12888	0,00333	-42,960		
Horný pás	B470	361	0,00333	1,203	-35,013	-9,347
Dolný pás	B405	-10865	0,00333	-36,217		
Horný pás	B469	815	0,00333	2,717	-31,747	-3,267
Dolný pás	B406	-10339	0,00333	-34,463		
Horný pás	B468	909	0,00333	3,030	-22,203	-9,543
Dolný pás	B407	-7570	0,00333	-25,233		
Horný pás	B467	512	0,00333	1,707	-20,060	-2,143
Dolný pás	B408	-6530	0,00333	-21,767		
Horný pás	B466	264	0,00333	0,880	-11,087	-8,973
Dolný pás	B409	-3590	0,00333	-11,967		
Horný pás	B465	-111	0,00333	-0,370	-7,883	-3,203
Dolný pás	B410	-2254	0,00333	-7,513		
Horný pás	B625	-51	0,00333	-0,170	-1,737	-6,147
Dolný pás	B537	-470	0,00333	-1,567		
Horný pás	B621	-70	0,00333	-0,233	-1,800	0,063
Dolný pás	B537	-470	0,00333	-1,567		

Pravý nosník x+



Ľavý nosník x-



Obr. 5.4: Osové sily - lineárny výpočet

5.2.2 Kompletne imperfektná sústava

Ako jednu spoločnú globálnu a lokálnu imperfekciu sa môže použiť kritický tvar vybočenia. Tento tvar je známy zo stabilitného výpočtu. Avšak z matematického pohľadu je problémom vlastných čísel a teda príslušná diferenciálna rovnica má nekonečne veľa riešení. Nás zaujíma najnižšia hodnota pri ktorej nastáva vybočenie. Vlastné tvary sú bezrozmerné a najčastejšie sú normované podľa hmotnosti. V STN EN 19993-1-1 je uvedený výpočet hodnoty maximálnej amplitúdy vybočenia:

$$e_0 = \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) * \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} * \frac{1 - \frac{\chi * \bar{\lambda}^2}{\gamma_{M1}}}{1 - \chi * \bar{\lambda}^2}$$

λ . . . pomerná štíhlosť konštrukcie

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}}$$

$\alpha_{ult,k}$. . . násobiteľ osovej sily pre dosiahnutie charakteristickej únosnosti prútu

α . . . imperfekcia pre príslušnú krivku vzpernej pevnosti

V našom prípade vybočuje priečnik dolného stuženia B395.

$$\gamma_{M1} = 1,0$$

$$\alpha = 0,21$$

$$\chi = 0,49$$

$$N_{Ed} = 1433kN$$

$$N_{Rk} = 2048kN$$

$$M_{Rk} = 368kNm$$

$$\alpha_{ult,k} = 1,43$$

$$\alpha_{cr} = 2,54$$

$$\bar{\lambda} = 0,75$$

$$e_0 = 0,0208m \text{ platí pre } \bar{\lambda} > 0,2$$

Amplitúda imperfekcie v kritickom tvare vybočenia činí 20,8mm. Pri posúdení jednotlivých prvkov sa už nezohľadňuje strata stability. Výnimkou je klopenie, to sa musí zohľadniť vždy.

POSÚDENIE JEDNOTLIVÝCH PRVKOV V MSÚ

Na posúdenie jednotlivých prvkov sme vytvorili v programe EXCEL 2013 tabuľky, pre jednotlivé prípady namáhania. Ďalej sme do neho vložili rozsiahlu databázu oceľových prierezov, odkiaľ sa automaticky čerpajú potrebné dáta ako napr. prierezové charakteristiky, klasifikácia prierezu ap. V tejto kapitole si uvedieme návrhové sily a posúdime jednotlivé najviac namáhané prvky ručne. Posúdenia zvyšných prvkov nájdete v prílohe.

6.1 Hlavný nosník

Vyberieme rozhodujúce prúty z jednotlivých typov prvkov hlavného nosníka. Obidva nosníky budú identické, takže vyberáme vždy najviac namáhaný prvok z oboch nosníkov.

6.1.1 Horný pás - B455(SHS400/22,0)

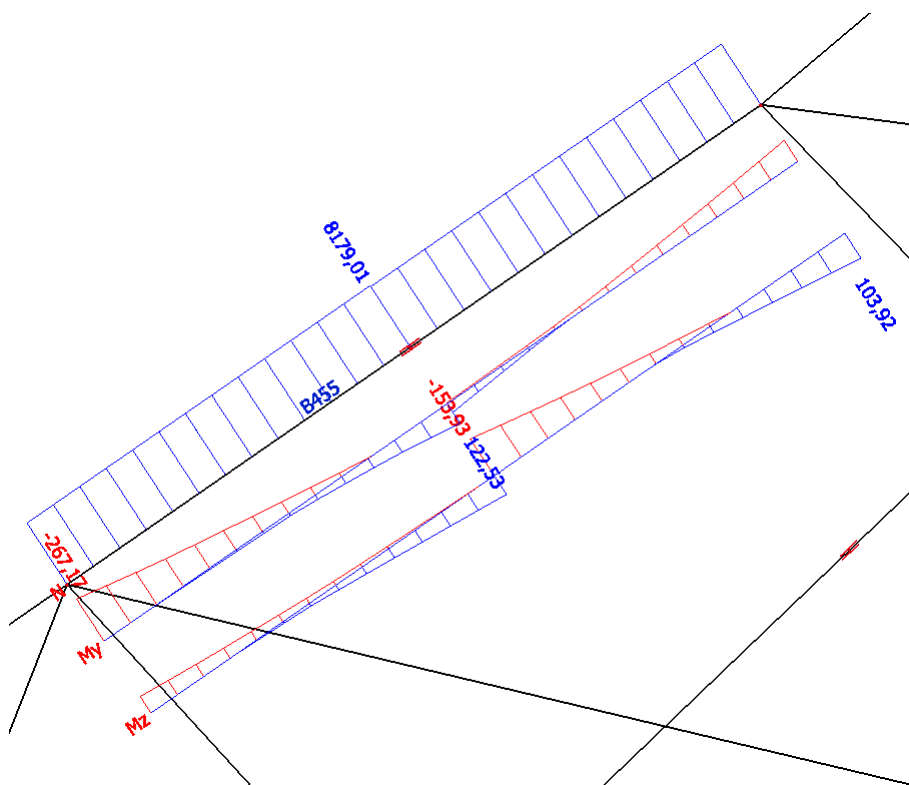
- $N_{Ed} = 7980kN$
- $M_{y,Ed} = -3kNm$
- $M_{z,Ed} = -154kNm$
- $V_{z,Ed} = -111kN$
- $M_{x,Ed} = 68kNm$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

$$334/22 = 15,2 \leq 72 * \sqrt{235/355} = 58,6 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Najskôr posúdime šmyk+krútenie, pretože v prípade veľkého šmyku sa redukuje medza klzu.



Obr. 6.1: B455-Obálka VS

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní
 Výběr : B455
 Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	6.10.a_vietor_y-cool	524,96	5,77	-13,05	6,83	20,91	-10,26
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	6.10.b_vietor_x_pos	8179,01	19,75	65,58	-40,26	73,42	27,23
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	6.10.a_vietor_y-cool	532,28	1,40	5,70	-9,17	20,46	0,45
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	6.10.b_vietor_x_heat	7979,18	70,94	-9,00	49,00	-2,92	-153,93
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	6.10.b_sneh_vietor_y_neg	5261,67	45,22	-56,05	59,53	-132,38	82,34
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	6.10.b_vietor_y_pos	6095,68	31,37	111,13	-42,55	-267,17	-44,21
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	6.10.b_vietor_x_heat	8107,39	16,55	63,31	-43,81	99,78	18,63
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	6.10.b_vietor_y_pos	5980,53	50,87	-51,57	67,78	-130,28	96,58
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	6.10.b_sneh_vietor_y_heat	5344,91	25,61	80,76	-42,22	122,53	57,89
B455	horny_pas3 - SHS400/400/22.0	6.10.b_vietor_y_heat	5502,38	54,87	-43,48	59,13	-113,85	103,92

Podmienka malého šmyku

- Prostý šmyk

$$V_{Pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{16 * 10^{-3} * 355 * 10^3 / \sqrt{3}}{1,0} = 3279 kN$$

$$\frac{V_{Ed,z}}{V_{Pl,z,Rd}} < 0,5$$

$$\frac{111}{3279} < 0,5$$

$$0,034 < 0,5$$

- Vplyv krútenia

$$2A_s = \omega = 2 * (0,4 - 0,022)^2 = 0,2858 m^2$$

$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_t}{\omega * t_i} = \frac{68 * 10^{-3}}{0,2858 * 0,022} = 10,8 MPa$$

$$V_{Pl,T,Rd} = \left(1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} * V_{Pl,z,Rd}\right) = \left(1 - \frac{10,8}{(355 / \sqrt{3}) / 1,0}\right) = 3106 kN$$

$$\frac{V_{Ed,z}}{V_{Pl,T,Rd}} < 0,5$$

$$\frac{111}{3106} < 0,5$$

$$0,036 < 0,5$$

Netreba redukovať medzu klzu

Interakcia: ohyb+ťah

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{32 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 11360 kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,476 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1589 kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,476 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1589 kNm$$

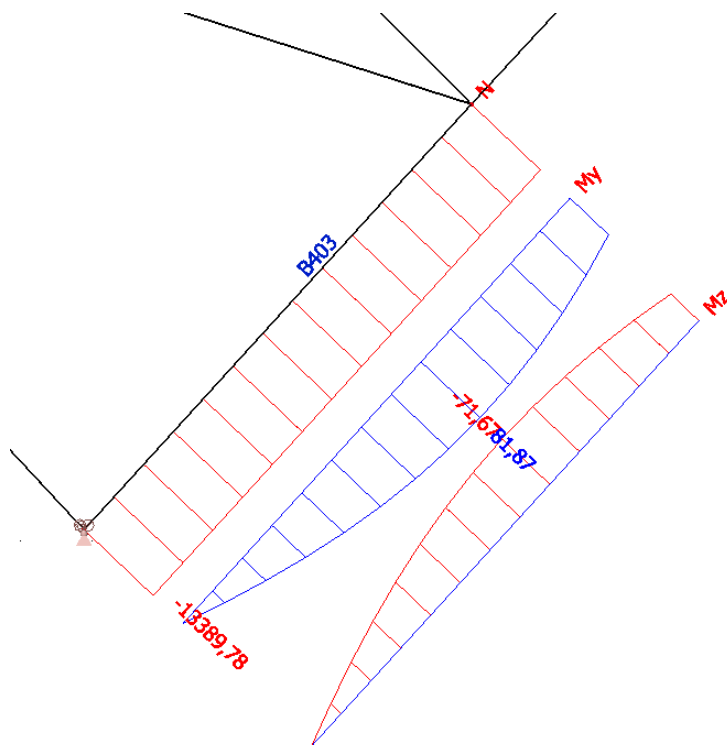
- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{7980}{11360} + \frac{154}{1589} \leq 1$$

$$0,8 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.1.2 Dolný pás - B403(SHS450/32,0)



Obr. 6.2: B403-NK 6.10.b/vietor/x/neg

- $N_{Ed} = -13373kN$
- $M_{y,Ed} = -81,9kNm$
- $M_{z,Ed} = -72kNm$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 33\varepsilon$$

$$368/32 = 12 \leq 33 * \sqrt{235/355} = 26,7 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Interakcia: ohyb+tlak

Najskôr sa overí prostá únosnosť, tj. bez zahrnutia straty stability.

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{50,9 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 18070kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,826 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 2778kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,826 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 2778kNm$$

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B403

Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B403	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	6.10.b_vietor_x_neg	-13389,78	25,64	-28,17	-3,86	0,00	-0,01
B403	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	6.10.a_vietor_y-cool	-1405,00	-1,56	-6,33	-0,26	42,90	14,34
B403	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	6.10.b_vietor_y_pos	-9677,85	-18,86	-48,13	0,48	0,00	0,00
B403	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	6.10.b_vietor_y_pos	-9651,19	-2,10	28,40	0,08	98,77	104,75
B403	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	6.10.b_vietor_x_pos	-13276,39	-16,37	18,56	-4,08	59,47	16,58
B403	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	6.10.b_vietor_y_neg	-9002,10	-11,04	-43,81	0,82	0,00	0,00
B403	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	6.10.b_vietor_x_pos	-13303,21	13,07	-29,40	-4,06	0,00	-0,01
B403	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	6.10.b_vietor_y_pos	-9659,43	-10,04	3,19	0,06	139,29	89,31
B403	dolny_pas4 - SHS450/450/32.0	6.10.b_vietor_x_neg	-13373,27	-0,08	-1,13	-3,75	81,87	-71,67

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{13373}{18070} + \frac{81,9}{2778} + \frac{72}{2778} \leq 1$$

$$0,8 < 1 \implies \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť s vplyvom straty stability

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Ly} * M_{pl,y,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lz} * M_{pl,y,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

- Stanovenie súčiniteľa vzperu

$\chi_y = \chi_z || L_{cr,y/z} = 8,15m ||$ krivka vzpernej pevnosti a

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{14,41 * 10^{-4}}{5,09 * 10^{-2}}} = 0,168m$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{8,15}{0,168} = 48,5$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{48,5}{76,4} = 0,63$$

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,21(0,63 - 0,2) + 0,63^2] = 0,75$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,75 + \sqrt{0,75^2 - 0,63^2}} = 0,876$$

- Súčiniteľ klopenia χ_{LT}
Keďže sa jedná o pravouhlý uzavretý prierez, tak $\chi_{LT} = 1,0$
- Súčinitele interakcie k
Podľa STN EN 1993-1-1 príloha B.

$$\psi_y = \psi_z = 0$$

$$\alpha_{h,y} = \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} = \frac{54}{82} = 0,66$$

$$\alpha_{h,z} = \frac{M_{h,z}}{M_{s,z}} = \frac{42}{72} = 0,58$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 * 0,66 = 0,98$$

$$C_{mz} = 0,95 + 0,05 * 0,66 = 0,98$$

$$k_{yy} = \min\left[C_{my}(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}}); C_{my}(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}})\right]$$

$$k_{yy} = \min\left[0,98(1 + (0,63 - 0,2) \frac{13373}{0,876 * 18070}); 0,98(1 + 0,8 \frac{13373}{0,876 * 18070})\right] = 1,34$$

$$k_{zz} = \min\left[C_{mz}(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}}); C_{mz}(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}})\right]$$

$$k_{zz} = \min\left[0,98(1 + (0,63 - 0,2) \frac{13373}{0,876 * 18070}); 0,98(1 + 0,8 \frac{13373}{0,876 * 18070})\right] = 1,34$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 1,34 = 0,8$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,34 = 0,8$$

- Posúdenie

$$\frac{13373}{0,876 * 18070} + 1,34 \frac{81,9}{1,0 * 2778} + 0,8 \frac{72}{2778} < 1$$

$$0,905 < 1,0 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{13157}{0,876 * 18100} + 0,8 \frac{81,9}{1,0 * 2778} + 1,34 \frac{72}{2778} < 1$$

$$0,903 < 1,0 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

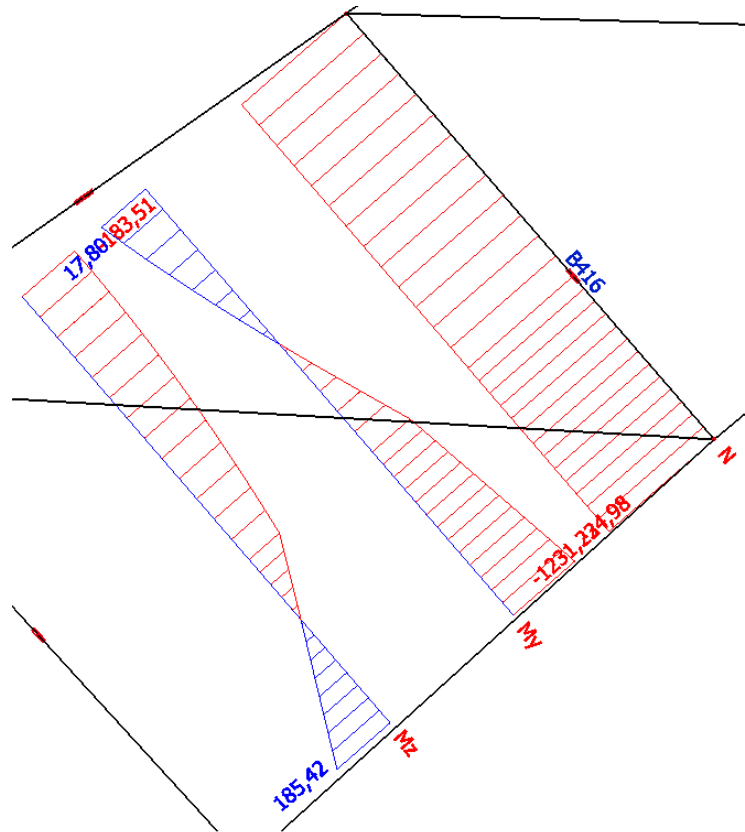
6.1.3 Zvislica - B416(SHS300/10,0)

- $N_{Ed} = -1231 \text{ kN}$
- $M_{y,Ed} = -25 \text{ kNm}$
- $M_{z,Ed} = 185,4 \text{ kNm}$
- $V_{y,Ed} = -107,4 \text{ kN}$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

$$270/10 = 27 \leq 38 * \sqrt{235/355} = 30,8 \rightarrow \text{Trieda prierezu 2}$$



Obr. 6.3: B416-NK 6.10.b/vietor/x/neg

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B416

Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	6.10.b_vietor_y_pos	-1488,61	-20,12	11,12	-2,53	-42,10	42,56
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	6.10.a_vietor_y_cool	-201,00	-0,58	-0,80	-0,66	1,80	-11,30
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	6.10.b_vietor_x_neg	-1229,82	-107,40	3,63	1,47	-20,58	50,34
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	6.10.b_vietor_x_pos	-1222,28	1,61	5,18	0,89	17,23	-178,65
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	6.10.b_vietor_y_pos	-1486,77	-21,90	12,53	-2,21	-14,01	-7,32
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	6.10.b_pos_vietor_y	-1219,97	-15,33	9,77	-2,80	-34,84	30,64
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	6.10.b_vietor_x_neg	-1224,34	-5,30	6,18	2,66	13,86	-181,92
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	6.10.b_vietor_y_pos	-1482,45	-9,63	6,11	-1,83	34,54	-87,92
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	6.10.b_vietor_x_neg	-1223,82	0,57	5,32	2,64	17,80	-183,51
B416	zvyslica1 - SHS300/300/10.0	6.10.b_vietor_x_neg	-1231,23	-104,57	3,38	0,75	-24,98	185,42

- Prostý šmyk

$$V_{Pl,y,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{11,5 * 10^{-3} * 355 * 10^3 / \sqrt{3}}{1,0} = 1178 kN$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{Pl,y,Rd}} < 0,5$$

$$\frac{107,4}{1178} < 0,5$$

$$0,1 < 0,5$$

Netreba redukovat' medzi klzu

Interakcia: ohyb+tlak

Prostá únosnosť

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{11,5 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 4082 kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,246 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 442 kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,246 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 442 kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{1231}{4082} + \frac{25}{442} + \frac{185,4}{442} \leq 1$$

$$0,78 < 1 \implies \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť s vplyvom straty stability

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{pl,y,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{pl,y,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

- Stanovenie súčiniteľa vzperu

$\chi_y = \chi_z || L_{cr,y/z} = 7,15m ||$ krivka vzpernej pevnosti a

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1,6026 * 10^{-4}}{5,09 * 10^{-2}}} = 0,118m$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{7,15}{0,118} = 60,6$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{60,6}{76,4} = 0,79$$

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,21(0,79 - 0,2) + 0,79^2] = 0,88$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,88 + \sqrt{0,88^2 - 0,79^2}} = 0,8$$

- Súčiniteľ klopenia χ_{LT}
Kedže sa jedná o pravouhlý uzavretý prierez, tak $\chi_{LT} = 1,0$
- Súčinitele interakcie k
Podľa STN EN 1993-1-1 príloha B.

$$\psi_y = -0,72 \wedge \psi_z = -0,99$$

$$\alpha_{s,z} = \frac{M_s}{M_h} = \frac{-140}{185} = -0,76$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 * (-0,72) = 0,40$$

$$C_{mz} = 0,1 * (1 - (-0,99)) - 0,8 * (-0,76) = 0,8$$

$$k_{yy} = \min[C_{my}(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}}); C_{my}(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}})]$$

$$k_{yy} = \min[0,4(1 + (0,79 - 0,2) \frac{1231}{0,8 * 4082}); 0,4(1 + 0,8 \frac{1231}{0,8 * 4082})] = 0,49$$

$$k_{zz} = \min[C_{mz}(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}}); C_{mz}(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}})]$$

$$k_{zz} = \min[0,8(1 + (0,79 - 0,2) \frac{1231}{0,8 * 4082}); 0,8(1 + 0,8 \frac{1231}{0,8 * 4082})] = 0,98$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 0,98 = 0,59$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,49 = 0,29$$

- Posúdenie

$$\frac{1231}{0,8 * 4082} + 0,49 \frac{25}{1,0 * 442} + 0,59 \frac{185,4}{442} < 1$$

$$0,66 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{1231}{0,8 * 4082} + 0,29 \frac{25}{1,0 * 442} + 0,29 \frac{185,4}{442} < 1$$

$$0,81 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

6.1.4 Diagonála - B426(SHS250/12,5)

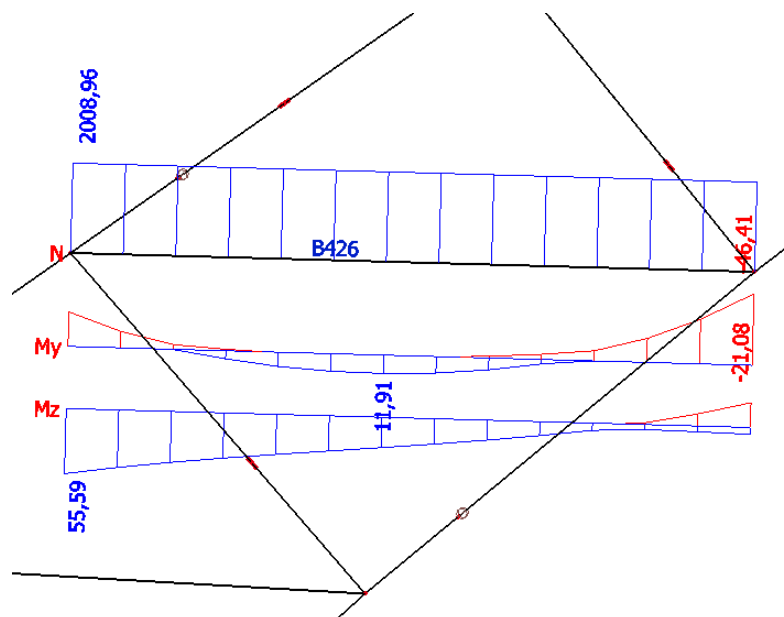
- $N_{Ed} = 2008kN$
- $M_{y,Ed} = -46,4kNm$
- $M_{z,Ed} = -5,8kNm$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

$$213/12,5 = 17 \leq 72 * \sqrt{235/355} = 58,6 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Interakcia: ohyb+fah



Obr. 6.4: B426-Obálka VS

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B426

Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B426	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	6.10.a_vietor_y_cool	236,49	0,12	-5,19	-1,53	-10,09	2,05
B426	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_y_pos	2008,96	-4,56	15,59	-5,83	-20,57	15,74
B426	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_x_neg	1622,68	-14,11	-8,66	-19,48	-20,87	-21,08
B426	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_y_pos	2007,66	1,35	-23,90	-5,95	-46,41	5,80
B426	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_y_heat	1852,22	-4,31	16,12	-5,22	-22,35	15,37
B426	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	6.10.a_vietor_y_cool	236,77	-0,07	4,57	-1,52	-7,01	1,85
B426	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_y_cool	1847,94	-0,78	-0,44	-5,24	11,91	4,09
B426	diagonaly1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_x_neg	1623,00	-8,59	5,35	-18,99	-9,39	55,59

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{11,7 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 4153kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,037 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 368kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,037 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 368 kNm$$

- Posúdenie

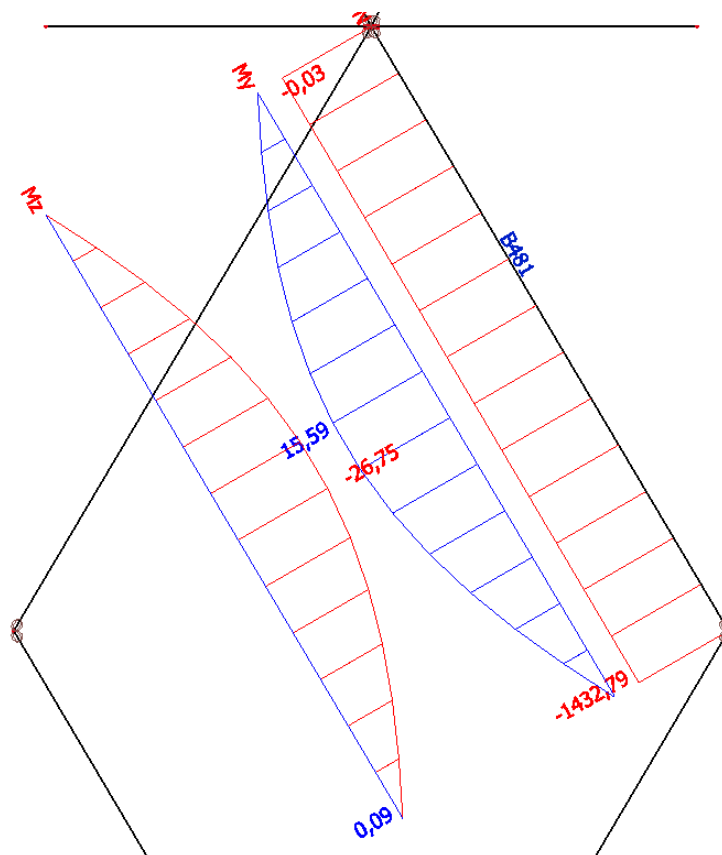
$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{2008}{4153} + \frac{46,4}{368} + \frac{5,8}{368} \leq 1$$

$$0,63 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.2 Dolné stuženie

6.2.1 Diagonála - B481(SHS250/12,5)



Obr. 6.5: B481-NK 6.10.b/vietor/x/neg

- $N_{Ed} = -1426 kN$
- $M_{y,Ed} = 16 kNm$
- $M_{z,Ed} = -26,8 kNm$

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B481

Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_x_neg	-1432,79	10,26	-5,97	0,10	0,09
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	6.10.a_vietor_y_cool	-43,94	1,40	-4,98	0,00	0,00
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_x_neg	-1418,83	-10,21	6,01	-0,03	0,01
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_y_neg	-383,10	-1,79	-11,02	0,00	0,01
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_y_neg	-377,16	1,78	11,01	0,00	0,00
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	MSP_char_vietor_y_cool	-256,49	-1,49	-7,77	0,00	0,00
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_x_neg	-1425,31	-1,02	0,58	15,59	-26,74
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	6.10.a_vietor_y_cool	-46,76	-0,11	0,38	-11,53	3,24
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_y_neg	-380,39	-0,15	-0,89	26,20	4,24
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	6.10.b_vietor_x_neg	-1426,38	0,97	-0,58	15,58	-26,75
B481	stuzenie_D_1 - SHS250/250/12.5	6.10.a_vietor_y+neg	-369,78	-0,17	-0,71	20,91	4,98

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 33\varepsilon$$

$$213/12,5 = 17 \leq 33 * \sqrt{235/355} = 27 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Interakcia: ohyb+tlak

Prostá únosnosť

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{11,7 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 4153kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,037 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 368kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,037 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 368kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{1426}{4153} + \frac{16}{368} + \frac{26,8}{368} \leq 1$$

$$0,46 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť s vplyvom straty stability

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Ly} * M_{pl,y,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lz} * M_{pl,y,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

- Stanovenie súčiniteľa vzperu
 $\chi_y = \chi_z \| L_{cr,y/z} = 9,3m \|$ krivka vzpernej pevnosti a

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1,0915 * 10^{-4}}{1,17 * 10^{-2}}} = 0,0966m$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{9,3}{0,0966} = 96,3$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{96,3}{76,4} = 1,26$$

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,21(1,26 - 0,2) + 1,26^2] = 1,41$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,41 + \sqrt{1,41^2 - 1,26^2}} = 0,493$$

- Súčiniteľ klopenia χ_{LT}
 Keďže sa jedná o pravouhlý uzavretý prierez, tak $\chi_{LT} = 1,0$
- Súčinitele interakcie k
 Podľa STN EN 1993-1-1 príloha B.

$$\psi_{y/z} = 0$$

$$\alpha_{h,y} = \alpha_{h,z} = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95$$

$$k_{yy} = \min[C_{my}(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}}); C_{my}(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}})]$$

$$k_{yy} = \min[0,95(1 + (1,26 - 0,2) \frac{1426}{0,493 * 4153}); 0,95(1 + 0,8 \frac{1426}{0,493 * 4153})] = 1,48$$

$$k_{zz} = \min[C_{mz}(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}}); C_{mz}(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}})]$$

$$k_{zz} = \min[0,95(1 + (1,26 - 0,2) \frac{1426}{0,493 * 4153}); 0,95(1 + 0,8 \frac{1426}{0,493 * 4153})] = 1,48$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 1,48 = 0,89$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,48 = 0,89$$

- Posúdenie

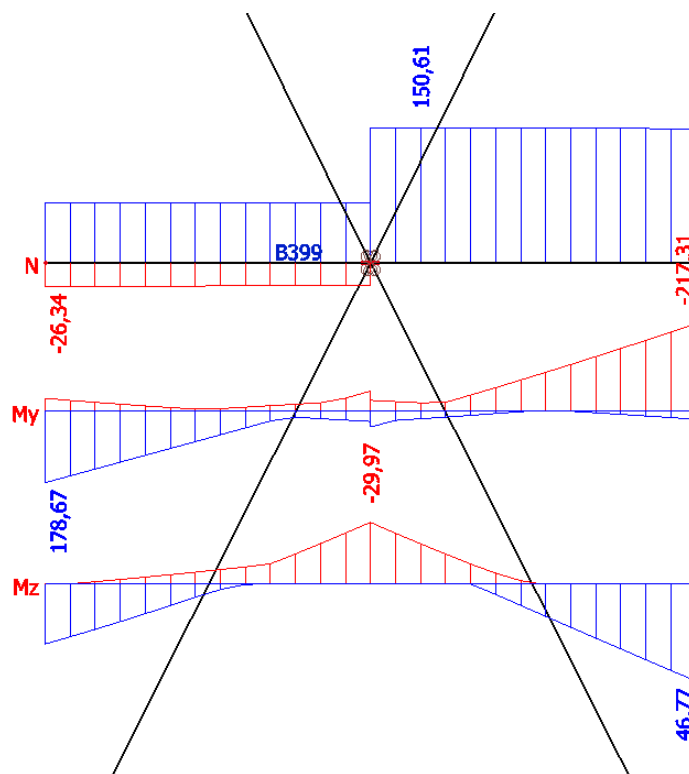
$$\frac{1426}{0,493 * 4153} + 1,48 \frac{16}{1,0 * 368} + 0,89 \frac{26,8}{368} < 1$$

$$0,79 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{1426}{0,493 * 4153} + 0,89 \frac{16}{1,0 * 368} + 1,48 \frac{26,8}{368} < 1$$

$$0,82 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

6.2.2 Priechnik - B401(SHS250/10,0)



Obr. 6.6: B401-Obálka VS

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní
 Výběr : B399
 Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B399	stuzenie_D_2 - SHS250/250/10.0	6.10.b_vietor_x_pos	-26,34	-3,29	-57,05	177,66	0,80
B399	stuzenie_D_2 - SHS250/250/10.0	6.10.b_vietor_x_heat	150,61	18,22	-63,03	-1,45	-12,45
B399	stuzenie_D_2 - SHS250/250/10.0	6.10.b_vietor_y_pos	67,38	-17,73	8,72	18,04	-29,97
B399	stuzenie_D_2 - SHS250/250/10.0	6.10.b_vietor_x_neg	149,06	18,76	-64,22	39,61	-22,46
B399	stuzenie_D_2 - SHS250/250/10.0	6.10.b_vietor_x_neg	147,83	17,28	-69,51	-217,31	46,77
B399	stuzenie_D_2 - SHS250/250/10.0	6.10.b_vietor_y_neg	60,84	-11,44	19,01	-31,88	28,83
B399	stuzenie_D_2 - SHS250/250/10.0	6.10.b_vietor_x_heat	-26,09	-3,31	-56,78	178,67	2,00

- $N_{Ed} = 148 \text{ kN}$
- $M_{y,Ed} = -217,3 \text{ kNm}$

- $M_{z,Ed} = 47kNm$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

$$220/10 = 22 \leq 72 * \sqrt{235/355} = 58,3 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Interakcia: ohyb+ťah

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,49 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 3369kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,851 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 302,1kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,851 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 302,1kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{148}{3369} + \frac{217,3}{302,1} + \frac{47}{302,1} \leq 1$$

$$0,92 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.3 Horné stuženie

6.3.1 Diagonála - B585(SHS200/10,0)

- $N_{Ed} = 1145kN$

Prostý ťah

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,49 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 2659kN$$

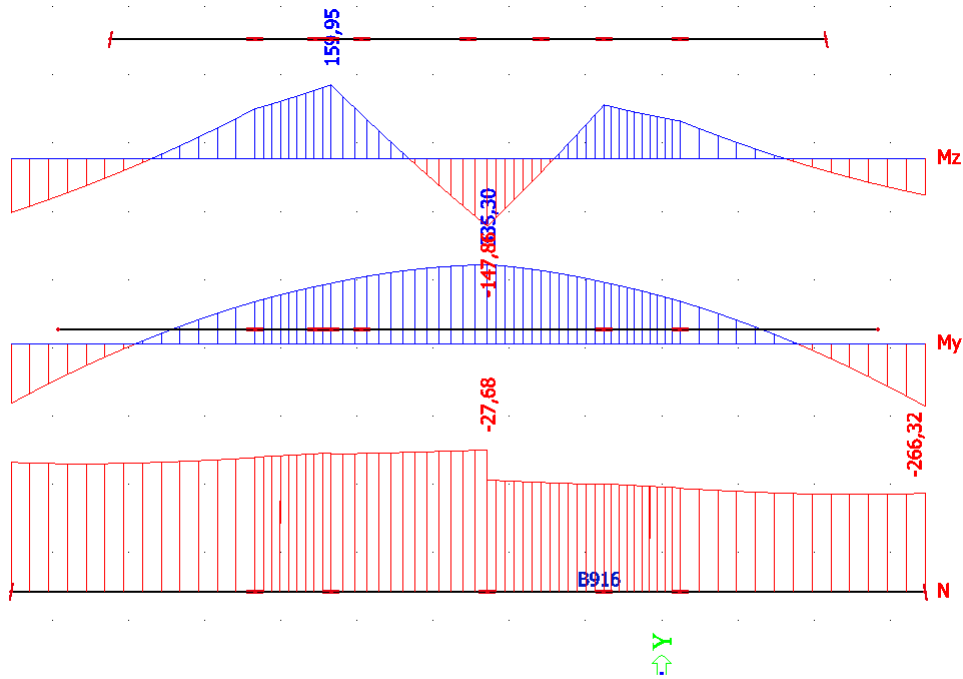
- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{1145}{2659} \leq 1$$

$$0,43 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.3.2 Priečník - B916(SHS300/16,0)



Obr. 6.7: B916-NK 6.10.b/vietor/y/pos

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní
 Výběr : B916
 Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_pos_vietor_x	-79,20	42,27	-9,06	-5,51	234,28	-19,90
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_vietor_x_heat	30,85	-92,66	-82,43	39,63	-37,31	-32,54
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_vietor_y_neg	9,17	-244,05	59,31	10,56	208,44	145,42
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_vietor_y_heat	26,39	211,23	-58,48	-9,06	202,57	195,91
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_vietor_y_pos	-25,28	-54,04	-175,24	49,22	-254,11	-117,49
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_vietor_y_pos	-19,26	33,68	178,87	-44,49	-266,32	-79,82
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_vietor_y_neg	10,16	50,54	140,75	-55,72	-198,59	-102,82
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_vietor_y_heat	27,30	-75,14	-139,81	56,64	-199,16	-150,77
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_vietor_y_pos	-21,83	-162,11	25,58	6,50	335,30	-147,84
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_vietor_y_heat	18,25	-224,21	19,52	7,24	268,19	-216,33
B916	priecnik_H_1 - SHS300/300/16.0	6.10.b_vietor_y_heat	25,96	-74,21	-47,51	47,04	202,53	196,38

- $N_{Ed} = -22\text{ kN}$
- $M_{y,Ed} = 335,3\text{ kNm}$
- $M_{z,Ed} = -148\text{ kNm}$
- $V_{y,Ed} = -244\text{ kNm}$

- $M_{x,Ed} = 57kNm$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 33\epsilon$$

$$252/16 = 16 \leq 33 * \sqrt{235/355} = 27 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Podmienka malého šmyku

- Prostý šmyk

$$V_{Pl,y,Rd} = \frac{A_{v,y} * f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{8,95 * 10^{-3} * 355 * 10^3 / \sqrt{3}}{1,0} = 1834kN$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{Pl,y,Rd}} < 0,5$$

$$\frac{244}{1834} < 0,5$$

$$0,133 < 0,5$$

- Vplyv krútenia

$$2A_s = \omega = 2 * (0,3 - 0,016)^2 = 0,161m^2$$

$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_t}{\omega * t_i} = \frac{57 * 10^{-3}}{0,161 * 0,016} = 22,1MPa$$

$$V_{Pl,T,Rd} = (1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}}) * V_{Pl,y,Rd} = (1 - \frac{22,1}{(355 / \sqrt{3}) / 1,0}) = 1637kN$$

$$\frac{V_{Ed,z}}{V_{Pl,T,Rd}} < 0,5$$

$$\frac{244}{1637} < 0,5$$

$$0,15 < 0,5$$

Netreba redukovať medzi klzu

Interakcia: ohyb+tlak

Prostá únosnosť

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,9 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 6354kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,895 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 672,7kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,895 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 672,7kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{22}{6354} + \frac{335,3}{672,7} + \frac{148}{672,7} \leq 1$$

$$0,72 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť s vplyvom straty stability

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{pl,y,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{pl,y,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

- Stanovenie súčiniteľa vzperu

$L_{cr,y} = 6m \parallel L_{cr,z} = 12m \parallel$ krivka vzpernej pevnosti a

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2,385 * 10^{-4}}{1,79 * 10^{-2}}} = 0,115m$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{6}{0,115} = 52,2$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{12}{0,115} = 104,4$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{52,2}{76,4} = 0,68$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{104,4}{76,4} = 1,37$$

$$\phi_y = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,21(0,68 - 0,2) + 0,68^2] = 0,78$$

$$\phi_z = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5[1 + 0,21(1,37 - 0,2) + 1,37^2] = 1,56$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,78 + \sqrt{0,78^2 - 0,68^2}} = 0,856$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,56 + \sqrt{1,56^2 - 1,37^2}} = 0,435$$

- Súčiniteľ klopenia χ_{LT}

Keďže sa jedná o pravouhlý uzavretý prierez, tak $\chi_{LT} = 1,0$

- Súčinitele interakcie k

Podľa STN EN 1993-1-1 príloha B.

$$\psi_{y/z} = 1$$

$$\alpha_{h,y} = -0,79$$

$$\alpha_{h,z} = -0,50$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 * (-0,79) = 0,91$$

$$C_{mz} = 0,95 + 0,05 * (-0,50) = 0,93$$

$$k_{yy} = \min\left[C_{my}(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}}); C_{my}(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}})\right]$$

$$k_{yy} = \min\left[0,91(1 + (0,68 - 0,2) \frac{22}{0,856 * 6354}); 0,91(1 + 0,8 \frac{22}{0,856 * 6354})\right] = 0,91$$

$$k_{zz} = \min\left[C_{mz}(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}}); C_{mz}(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}})\right]$$

$$k_{zz} = \min\left[0,93(1 + (1,37 - 0,2) \frac{22}{0,435 * 6354}); 0,93(1 + 0,8 \frac{22}{0,435 * 6354})\right] = 0,93$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 0,93 = 0,56$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,91 = 0,55$$

- Posúdenie

$$\frac{22}{0,856 * 6354} + 0,91 \frac{335,3}{1,0 * 672,7} + 0,56 \frac{148}{672,7} < 1$$

$$0,58 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{22}{0,435 * 6354} + 0,55 \frac{335,3}{1,0 * 672,7} + 0,93 \frac{148}{672,7} < 1$$

$$0,49 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

6.4 Dolné schody

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B918
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]
B918	tiahla_schody2 - CFCHS114.3X3	6.10.b_vietor_x_heat	-47,33
B918	tiahla_schody2 - CFCHS114.3X3	6.10.a_vietor_y+pos	11,13

2. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B903
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]
B903	schody_dolne3 - IPE120	6.10.b_vietor_x_cool	-64,91
B903	schody_dolne3 - IPE120	6.10.b_vietor_y_pos	0,45

3. Vnitřní síly na prutu

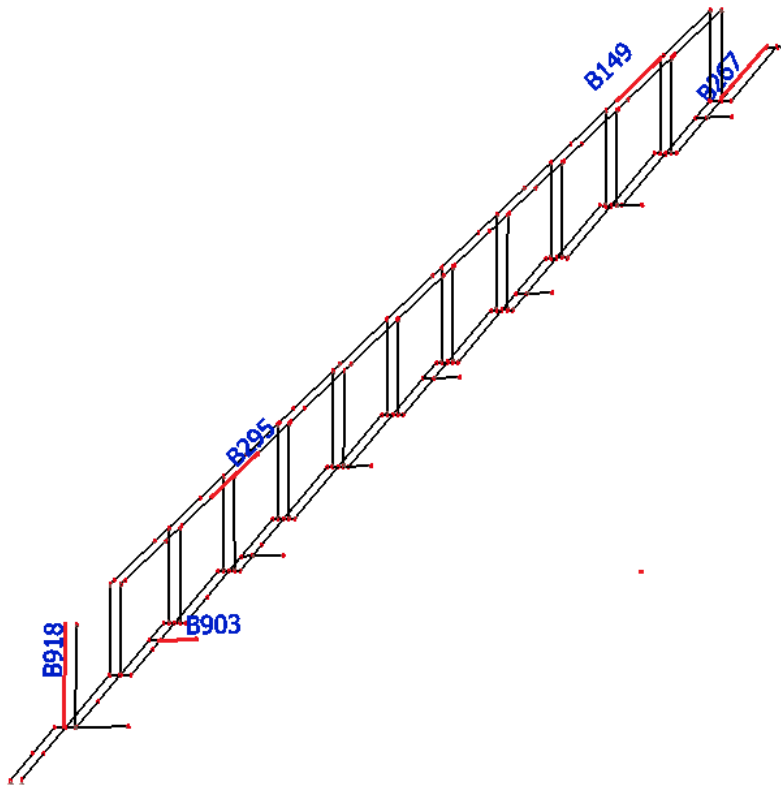
Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B295
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B295	zaves_schody - UPE140	6.10.a_vietor_y-cool	15,98	0,00	1,75	-1,75	-0,01
B295	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_y_pos	177,83	0,03	-3,78	0,00	0,00
B295	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_heat	68,94	-0,57	-9,35	0,00	0,00
B295	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_heat	48,25	1,86	19,39	-18,66	-1,66
B295	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_cool	75,32	-0,56	-10,27	19,94	1,46
B295	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_neg	54,23	1,85	19,40	-18,61	-1,63
B295	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_pos	72,78	-0,55	-10,25	19,95	1,47
B295	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_heat	48,42	1,66	19,11	19,93	1,67

4. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B267
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B267	schody_dolne1 - J(CH)200X100X6	6.10.a_vietor_x+cool	-3,82	14,55	-4,96	-0,58	-0,14
B267	schody_dolne1 - J(CH)200X100X6	6.10.b_vietor_y_cool	3,42	-0,18	3,94	5,38	0,72
B267	schody_dolne1 - J(CH)200X100X6	6.10.b_vietor_x_heat	3,03	-18,39	1,57	2,40	-21,78
B267	schody_dolne1 - J(CH)200X100X6	6.10.b_vietor_x_neg	-2,41	24,29	-4,17	-1,58	-0,24
B267	schody_dolne1 - J(CH)200X100X6	6.10.b_vietor_y_heat	-2,97	-0,17	-6,40	0,00	-0,01
B267	schody_dolne1 - J(CH)200X100X6	6.10.b_vietor_y_heat	3,41	-0,18	3,95	5,38	0,72
B267	schody_dolne1 - J(CH)200X100X6	6.10.b_vietor_y_heat	0,94	-0,17	-0,02	8,74	0,43
B267	schody_dolne1 - J(CH)200X100X6	6.10.b_vietor_x_heat	-0,01	0,41	0,00	4,04	-35,67



Obr. 6.8: Lokalizácia rozhodujúcich prvkov

6.4.1 Tiahlo B918(CFCHS88,9/5,0)

- $N_{Ed} = -47,3 \text{ kN}$

Vzper

- Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,32 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 468,6 \text{ kN}$$

- Stanovenie súčiniteľa vzperu
 $\chi_y = \chi_z || L_{cr,y/z} = 5,4 \text{ m} ||$ krivka vzpernej pevnosti c

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,01164 * 10^{-4}}{0,1049 * 10^{-2}}} = 0,0297 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{5,4}{0,0297} = 181$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{181}{76,4} = 2,38$$

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,21(2,38 - 0,2) + 2,38^2] = 3,86$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{3,86 + \sqrt{3,86^2 - 2,38^2}} = 0,14$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rd}} < 1$$

$$\frac{47,3}{0,14 * 468,6} < 1$$

$$0,72 < 1,0 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.4.2 Priechne stuženie B903(IPE120)

- $N_{Ed} = -65kN$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 33\varepsilon$$

$$93,4/4,4 = 21,2 \leq 33 * \sqrt{235/355} = 26,7 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Vzper

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,32 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 468,6kN$$

- Stanovenie súčiniteľa vzperu(vybočenie kolmo k menej tuhej osy)
 $\|L_{cr,z} = 2,7m\|$ krivka vzpernej pevnosti b

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{2,77 * 10^{-7}}{1,32 * 10^{-3}}} = 0,0145m$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2,7}{0,0145} = 186,2$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{186,2}{76,4} = 2,44$$

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5[1 + 0,21(2,44 - 0,2) + 2,44^2] = 3,85$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{3,85 + \sqrt{3,85^2 - 2,44^2}} = 0,15$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}} < 1$$

$$\frac{47,3}{0,15 * 372,8} < 1$$

$$0,95 < 1,0 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.4.3 Pozdĺžnik - B295(UPN140)

- $N_{Ed} = 73kN$
- $M_{y,Ed} = 20kNm$
- $M_{z,Ed} = 1,5kNm$
- $V_{z,Ed} = 20kNm$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 9\varepsilon$$

$$43/10 = 4,3 \leq 9 * \sqrt{235/355} = 7,3 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Podmienka malého šmyku

- Prostý šmyk

$$V_{Pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,041 * 10^{-3} * 355 * 10^3 / \sqrt{3}}{1,0} = 213kN$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Pl,z,Rd}} < 0,5$$

$$\frac{20}{213} < 0,5$$

$$0,1 < 0,5$$

Netreba redukovať medzu klzu

Interakcia: ohyb+ťah

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,04 * 355}{1,0} = 724,2kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,103 * 355}{1,0} = 36,5kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,0283 * 355}{1,0} = 10,05kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{73}{742} + \frac{20}{36,5} + \frac{1,5}{10,05} \leq 1$$

$$0,8 < 1 \implies \text{VYHOVUJE}$$

6.4.4 Nosník-B267(J200/100/6,0)

- $N_{Ed} = 0kN$
- $M_{y,Ed} = 4,04kNm$
- $M_{z,Ed} = -35,7kNm$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

$$164/6 = 22 \leq 72 * \sqrt{235/355} = 58,3 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Interakcia: ohyb

- Únosnosť prierezu

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,213 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 75,6kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,132 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 46,9kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{4,04}{75,6} + \frac{35,7}{46,9} \leq 1$$

$$0,82 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Revízia

Z konštrukčných dôvodov(nedostatok miesta pre schodiskové stupne) sme použili prierez J220/120/6,3.

6.4.5 Pozdĺžnik - B149(UPN140)

- $N_{Ed} = -47kN$
- $M_{y,Ed} = -5,2kNm$
- $M_{z,Ed} = 0kNm$

Klasifikácia prierezu:

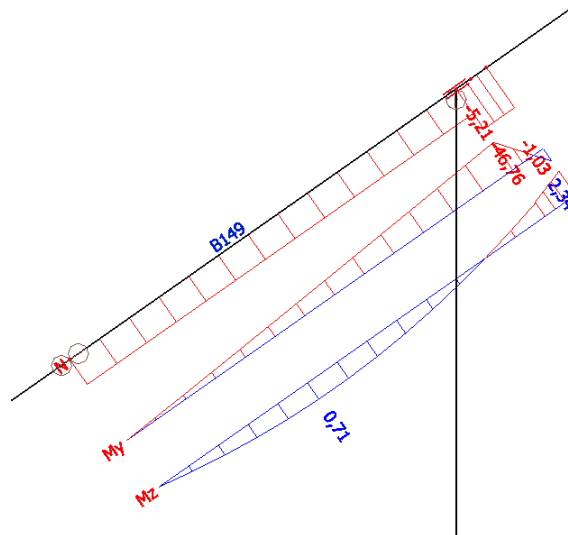
→ Trieda prierezu 1

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = 724,2kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = 36,5kNm$$

Prostá únosnosť



Obr. 6.9: B149-NK 6.10.b/vietor/x/heat

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
 Výběr : B149
 Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B149	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_heat	-46,76	-1,31	24,75	-5,21	-0,62
B149	zaves_schody - UPE140	6.10.b_pos_vietor_y	6,54	0,09	-10,12	-2,14	0,10
B149	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_heat	-46,73	-1,39	24,73	2,34	-1,03
B149	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_heat	-29,02	0,84	-1,16	0,00	0,00
B149	zaves_schody - UPE140	6.10.a_vietor_y+pos	4,08	0,10	-10,83	-2,50	0,11
B149	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_neg	-35,52	-1,25	24,87	-5,43	-0,60
B149	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_neg	-17,38	-1,01	-1,56	-5,43	-0,56
B149	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_pos	-27,42	-1,32	24,22	2,53	-0,94
B149	zaves_schody - UPE140	6.10.b_vietor_x_heat	-28,89	0,09	-1,33	-1,87	0,71

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{47}{724,2} + \frac{5,2}{36,5} \leq 1$$

$$0,21 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Tlak+ohyb

- Stanovenie súčiniteľa vzperu
 $L_{cr,y/z} = 4,2m$ || krivka vzpernej pevnosti c

$$\lambda_1 = 76,4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{0,06 \cdot 10^{-4}}{0,204 \cdot 10^{-2}}} = 0,0545m$$

$$i_z = \sqrt{\frac{0,00627 \cdot 10^{-4}}{0,204 \cdot 10^{-2}}} = 0,0175m$$

$$\lambda_y = \frac{4,2}{0,0545} = 77$$

$$\lambda_z = \frac{4,2}{0,0175} = 240$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{73,56}{76,4} = 1,01$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{202,9}{76,4} = 3,14$$

$$\phi_y = 0,5[1 + 0,49(1,01 - 0,2) + 0,96^2] = 1,21$$

$$\phi_z = 0,5[1 + 0,49(3,14 - 0,2) + 3,14^2] = 6,15$$

$$\chi_y = \frac{1}{1,21 + \sqrt{1,21^2 - 1,01^2}} = 0,535$$

$$\chi_z = \frac{1}{6,15 + \sqrt{6,15^2 - 3,14^2}} = 0,087$$

- Súčiniteľ klopenia χ_{LT}

URČENIE KRITICKÉHO MOMENTU M_{cr} z koncových momentov na prúte pre prierezy symetrické k ose y-y			
ocel	S355	E =	210 · 10 ⁹ Pa
		G =	81 · 10 ⁹ Pa
průřez	UPN140	tř. průřezu	1
		$I_y =$	6,05 · 10 ⁸ mm ⁴
		$I_z =$	0,627 · 10 ⁸ mm ⁴
		$I_t =$	56,8 · 10 ³ mm ⁴
		$I_w =$	1,8 · 10 ⁹ mm ⁴
		$W_{pl,y} =$	103 · 10 ³ mm ³
		$W_y =$	86,4 · 10 ³ mm ³
charakteristika prutu a zatížení			
délka L =	4200 mm	$z_0 =$	70 mm
$k_y =$	1	$z_j =$	0 mm
$k_w =$	1	$C_{1,0} =$	1,77
$k_z =$	1	$C_{1,1} =$	1,85
$\psi_f =$	0	$C_1 =$	1,79
		$C_3 =$	1,00
		$\kappa_{wt} =$	0,214
		$\zeta_1 =$	0,000
		$\mu_{er} =$	1,828
$M_{cr} =$	33,650 kNm		

Obr. 6.10: B149 - kritický moment podľa EC3-1-1 NB.3.1

$$M_{cr} = 33,65 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{0,0864 * 10^{-3} * 355 * 10^3}{33,65}} = 0,955$$

$$\phi_{LT} = 0,5 * [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5[1 + 0,49(0,955 - 0,2) + 0,955^2] = 1,14$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,14 + \sqrt{1,14^2 - 0,955^2}} = 0,567$$

- Súčinitele interakcie k

Podľa STN EN 1993-1-1 príloha B.

$$\psi_y = 0$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 * 0 = 0,6$$

$$k_{yy} = \min\left[0,6(1 + (0,96 - 0,2) \frac{47}{0,562 * 653,2}); 0,6(1 + 0,8 \frac{47}{0,562 * 653,2})\right] = 0,66$$

$$k_{zy} = 0,6 * 0,68 = 0,39$$

- Posúdenie

$$\frac{47}{0,562 * 653,2} + 0,66 \frac{5,2}{0,567 * 35,1}$$

$$0,3 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{47}{0,119 * 653,2} + 0,39 \frac{5,2}{0,567 * 35,1}$$

$$0,85 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

6.5 Horné schody

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
 Výběr : B791
 Třída : Nelinearne_MSU

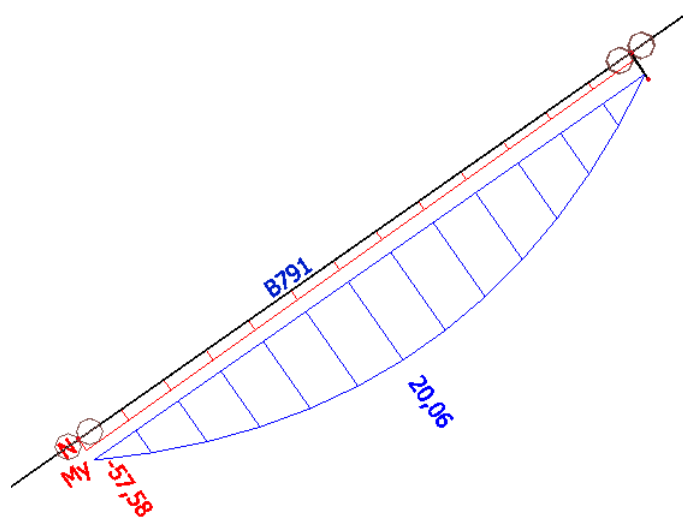
Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.b_heat_vietor_x	-77,50	0,02	16,02	0,06	0,00	0,00
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.a_vietor_y-cool	-7,50	0,00	-0,88	0,01	0,00	0,00
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_neg	-34,44	-0,05	-15,70	-0,06	0,00	0,00
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_neg	-55,76	0,05	15,81	-0,06	0,00	0,00
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.b_sneh_vietor_x_heat	-47,22	-0,02	-18,74	0,08	0,00	0,00
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.b_sneh_vietor_x_heat	-72,39	0,02	18,89	0,08	0,00	0,00
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_neg	-46,05	0,00	1,19	-0,16	16,95	0,05
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.b_pos_vietor_y	-34,92	0,00	1,18	0,36	16,84	-0,03
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.b_sneh_vietor_x_heat	-60,96	0,00	1,42	0,01	20,29	0,02
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_y_pos	-40,46	0,00	-1,50	0,30	20,01	-0,04
B791	schody_horne1 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_neg	-44,41	0,00	-1,26	-0,16	16,94	0,05

2. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
 Výběr : B69
 Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B69	schody_horne3 - UPE200	6.10.a_vietor_y-cool	29,71	0,00	1,86	0,00	0,00	0,00
B69	schody_horne3 - UPE200	6.10.b_vietor_x_neg	385,87	-5,37	-3,42	6,62	-0,07	-0,01
B69	schody_horne3 - UPE200	6.10.b_vietor_x_heat	366,03	-5,49	-3,44	6,62	-0,07	-0,01
B69	schody_horne3 - UPE200	6.10.b_vietor_x_heat	360,72	5,54	3,42	-6,62	-0,13	0,03
B69	schody_horne3 - UPE200	6.10.b_vietor_x_neg	382,09	1,77	-5,28	-2,55	-0,62	4,63
B69	schody_horne3 - UPE200	6.10.a_vietor_y+heat	274,71	0,04	3,91	0,00	0,00	0,00
B69	schody_horne3 - UPE200	6.10.b_vietor_x_pos	376,39	5,44	3,41	-6,62	-0,13	0,03
B69	schody_horne3 - UPE200	6.10.b_vietor_x_heat	363,04	0,64	-2,88	-0,51	-1,36	5,24
B69	schody_horne3 - UPE200	6.10.a_vietor_y+heat	277,44	0,01	0,29	0,00	3,80	0,03
B69	schody_horne3 - UPE200	6.10.b_vietor_x_pos	381,69	-5,39	-3,43	6,62	-0,07	-0,01

6.5.1 Nosník B791(J180/100/6,0)



Obr. 6.11: B791-NK 6.10.b/sneh/vietor/x/neg

- $N_{Ed} = -60,1 \text{ kN}$
- $M_{y,Ed} = 20,3 \text{ kNm}$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 33\varepsilon$$

$$156/6 = 26 \leq 33 * \sqrt{235/355} = 27 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Interakcia: ohyb+tlak

Prostá únosnosť

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,18 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1129 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,186 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 66 \text{ kNm}$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{60,1}{1129} + \frac{20,3}{66} \leq 1$$

$$0,36 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť s vplyvom straty stability

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{pl,y,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{pl,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{pl,y,Rd}} \leq 1$$

- Stanovenie súčiniteľa vzperu

$L_{cr,y/z} = 4,3m$ || krivka vzpernej pevnosti a

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{0,135 * 10^{-4}}{0,318 * 10^{-2}}} = 0,0652m$$

$$i_z = \sqrt{\frac{0,5459 * 10^{-5}}{0,318 * 10^{-2}}} = 0,0411m$$

$$\lambda_y = \frac{4,3}{0,0652} = 66$$

$$\lambda_z = \frac{4,3}{0,0411} = 104,6$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{66}{76,4} = 0,86$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{104,6}{76,4} = 1,37$$

$$\phi_y = 0,5[1 + 0,21(0,86 - 0,2) + 0,86^2] = 0,94$$

$$\phi_z = 0,5[1 + 0,21(1,37 - 0,2) + 0,1,37^2] = 1,56$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,94 + \sqrt{0,94^2 - 0,86^2}} = 0,758$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,56 + \sqrt{1,56^2 - 1,37^2}} = 0,433$$

- Súčiniteľ klopenia χ_{LT}

Kedže sa jedná o pravouhlý uzavretý prierez, tak $\chi_{LT} = 1,0$

- Súčinitele interakcie k

Podľa STN EN 1993-1-1 príloha B.

$$\psi_y = 0$$

$$\alpha_{h,y} = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$k_{yy} = \min[0,95(1 + (0,86 - 0,2) \frac{60,1}{0,758 * 1129}); 0,95(1 + 0,8 \frac{60,1}{0,758 * 1129})] = 0,99$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,99 = 0,60$$

- Posúdenie

$$\frac{60,1}{0,758 * 1129} + 0,99 \frac{20,3}{66} < 1$$

$$0,38 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{60,1}{0,433 * 1129} + 0,60 \frac{20,3}{66} < 1$$

$$0,31 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

6.5.2 Nosník - B69(UPE200)

Rozhoduje kombinácia namáhania ohyb+ťah. Torzný moment nezohľadníme, pretože sú nosníky vystužené schodiskovými stupňami.

- $N_{Ed} = 363kN$
- $M_{y,Ed} = -1,4kNm$
- $M_{z,Ed} = 5,24kNm$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$$

$$61/11 = 5,6 \leq \frac{9 * 0,81}{0,89} = 8,2 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Interakcia: ohyb+ťah

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,9 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1029,5kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,177 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 62,8kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,059 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 20,9kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{363}{1029,5} + \frac{1,4}{62,8} + \frac{5,24}{20,9} \leq 1$$

$$0,63 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.6 Horná plošina HP 3

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B543

Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.b_pos_vietor_x	-70,81	18,62	-35,33	-0,64	169,23	-20,15
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.b_neg_vietor_y	36,88	12,35	93,12	0,00	0,00	0,00
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.b_vietor_x_pos	-52,93	-36,58	-93,73	-0,06	9,49	3,70
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.b_vietor_y_pos	-47,06	22,43	-44,08	-0,35	146,33	0,87
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.b_vietor_y_pos	-46,54	-32,74	-110,25	0,00	0,00	0,00
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.b_vietor_y_pos	-46,00	12,56	110,46	0,00	0,00	0,00
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.b_vietor_x_pos	-52,90	18,57	-35,21	-0,92	168,52	-19,63
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.b_sneh_vietor_y_neg	14,80	-19,09	35,94	0,43	161,47	-1,53
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.a_vietor_y+heat	-18,09	11,82	96,21	0,00	0,00	0,00
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.b_vietor_y_pos	-47,24	-19,67	33,92	0,14	205,03	-26,26
B543	H.P.3_2 - HEA300	6.10.b_vietor_x_pos	-52,72	19,02	-67,42	-0,40	56,64	22,20

2. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B550

Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_sneh_vietor_y_heat	-18,32	0,02	-9,02	0,00	68,38	-0,16
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.a_vietor_y-cool	-3,80	0,00	-2,46	0,00	0,00	0,00
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_vietor_x_neg	-14,93	-0,09	-33,01	0,00	0,00	0,00
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_sneh_vietor_y_pos	-17,29	0,15	-38,95	0,00	0,00	0,00
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_sneh_vietor_y_heat	-18,09	0,12	-38,96	0,00	0,00	0,00
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_sneh_vietor_y_heat	-17,33	-0,05	38,95	0,00	0,00	0,00
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_vietor_x_pos	-15,58	0,00	-2,55	-0,19	60,85	0,10
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_neg_vietor_y	-14,77	0,00	2,55	0,03	60,82	-0,04
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_neg_vietor_y	-14,60	0,06	-33,01	0,00	0,00	0,00
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_sneh_vietor_y_heat	-18,24	-0,01	3,01	0,00	71,81	-0,15
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_sneh_vietor_y_pos	-17,55	0,03	-9,02	-0,01	68,36	-0,20
B550	H.P.3_1 - IPE270	6.10.b_vietor_x_neg	-15,10	0,01	2,55	-0,16	60,83	0,18

3. Vnitřní síly na prutu

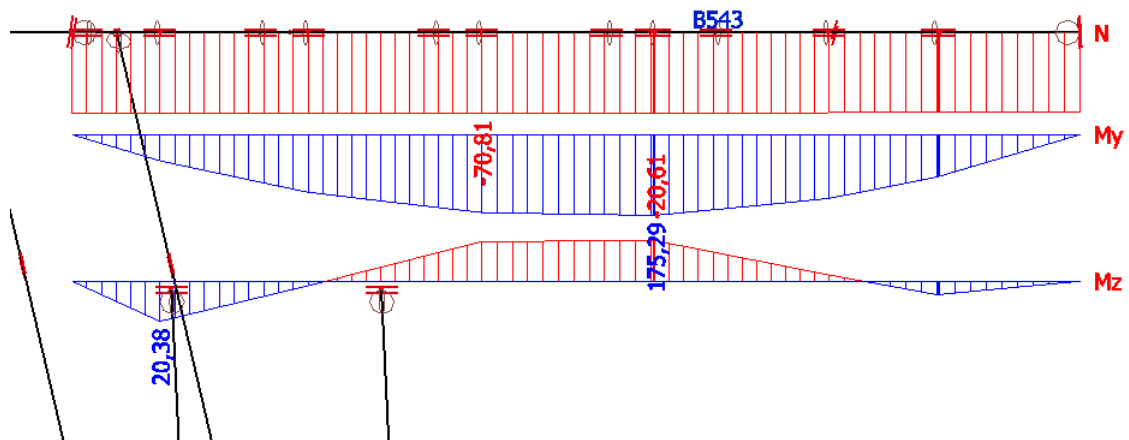
Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B545

Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B545	H.P.3_3 - J(CH)250X150X5	6.10.a_vietor_y-cool	4,53	-0,08	-0,24	-0,15	3,71	-0,20
B545	H.P.3_3 - J(CH)250X150X5	6.10.b_vietor_y_pos	102,87	-6,94	-64,78	5,97	0,05	3,34
B545	H.P.3_3 - J(CH)250X150X5	6.10.b_vietor_x_neg	84,68	-10,97	23,77	1,00	-38,83	13,74
B545	H.P.3_3 - J(CH)250X150X5	6.10.b_vietor_x_neg	95,21	25,72	-68,56	4,76	-59,98	12,82
B545	H.P.3_3 - J(CH)250X150X5	6.10.b_sneh_vietor_x_pos	100,67	8,31	-77,29	5,95	-71,04	4,24
B545	H.P.3_3 - J(CH)250X150X5	6.10.b_sneh_vietor_y_heat	77,87	-1,39	27,88	-2,48	-45,27	3,56
B545	H.P.3_3 - J(CH)250X150X5	6.10.b_vietor_x_neg	84,90	4,18	-3,11	-8,99	24,87	-0,76
B545	H.P.3_3 - J(CH)250X150X5	6.10.b_sneh_vietor_x_heat	95,19	9,90	-70,10	6,62	2,18	-4,89
B545	H.P.3_3 - J(CH)250X150X5	6.10.b_sneh_vietor_y_neg	83,59	-1,48	1,38	-2,61	29,64	-3,32
B545	H.P.3_3 - J(CH)250X150X5	6.10.b_vietor_x_neg	95,42	23,82	-63,96	5,79	5,93	-11,80

6.6.1 Nosník B543(HEA300)



Obr. 6.12: B791-NK 6.10.b/pos/vietor/x

- $N_{Ed} = -71 \text{ kN}$
- $M_{y,Ed} = 170 \text{ kNm}$
- $M_{z,Ed} = -20,2 \text{ kNm}$
- $V_{z,Ed} = 111 \text{ kNm}$

Klasifikácia prierezu:

Stojna:

$$c/t \leq 33\varepsilon$$

$$208/8,5 = 24,5 \leq 33 * 0,81 = 26,7 \rightarrow \text{Trieda 1}$$

Pásnica:

$$c/t \leq 14\varepsilon$$

$$119/14 = 8,5 \leq 14 * 0,81 = 11,3 \rightarrow \text{Trieda 3}$$

→ *Trieda prierezu 3*

- Prostý šmyk

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\sqrt{3}} \leq 1,0$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{111 * 10^{-3}}{0,208 * 0,0085} = 63 \text{ MPa}$$

$$\frac{63}{355/\sqrt{3}} \leq 1,0$$

$$0,31 < 1,0$$

Interakcia: ohyb+tlak
Prostá únosnosť

- Únosnosť prierezu

$$N_{el,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,9 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 3993,8 kN$$

$$M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,26 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 447,3 kNm$$

$$M_{el,z,Rd} = \frac{W_{el,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,4206 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 149,3 kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{el,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{71}{3993,8} + \frac{170}{447,3} + \frac{20,2}{149,3} \leq 1$$

$$0,53 < 1 \implies \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť s vplyvom straty stability

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{el,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{el,y,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{el,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{el,y,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

Nosník je priečne podoprený, takže nevybočuje kolmo na väčšiu osu z.

- Stanovenie súčiniteľa vzperu
 $L_{cr,y} = 7||$ krivka vzpernej pevnosti b

$$\lambda_1 = 76,4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{1,826 * 10^{-4}}{1,125 * 10^{-2}}} = 0,1274 m$$

$$\lambda_y = \frac{7}{0,1274} = 54,95$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{54,95}{76,4} = 0,72$$

$$\phi_y = 0,5[1 + 0,34(0,72 - 0,2) + 0,72^2] = 0,85$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,85 + \sqrt{0,85^2 - 0,72^2}} = 0,77$$

- Súčiniteľ klopenia χ_{LT} Na bezpečnej strane uvažujeme, že prierez klopí.

$$M_{cr} = 590,67 kNm$$

URČENIE KRITICKÉHO MOMENTU M_{cr} zo zaťaženia podľa tabuľky NB.3.2			
pre prierezy symetrické k ose y-y			
ocel	S355	E =	210 · 10 ⁹ Pa
		G =	81 · 10 ⁹ Pa
průřez	HE300A	tř. průřezu	3
		$I_y =$	182,6 · 10 ⁸ mm ⁴
		$I_z =$	63,1 · 10 ⁸ mm ⁴
		$I_t =$	851,7 · 10 ³ mm ⁴
		$I_w =$	1200 · 10 ⁹ mm ⁴
		$W_{pl,y} =$	1383 · 10 ³ mm ³
		$W_y =$	1260 · 10 ³ mm ³
charakteristika prutu a zatížení			
délka L =	7400 mm	$z_g =$	0 mm
$k_y =$	1	$z_j =$	0 mm
$k_z =$	1	$C_{1,0} =$	1,13
$k_w =$	1	$C_{1,1} =$	1,13
$\psi_f =$	0	$C_1 =$	1,13
		$C_2 =$	0,46
		$C_3 =$	0,53
		$k_{wit} =$	0,811
		$\zeta_g =$	0,000
		$\zeta_j =$	0,000
		$\mu_{cr} =$	1,455
$M_{cr} =$	590,672 kNm		

Obr. 6.13: B543 - kritický moment podľa EC3-1-1 NB.3.2

$$\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{0,09884 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^3}{590,67}} = 0,87$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT}(\overline{\lambda}_{LT} - 0,2) + \overline{\lambda}_{LT}^2] = 0,5[1 + 0,34(0,87 - 0,2) + 0,87^2] = 0,993$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \overline{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,993 + \sqrt{0,993^2 - 0,87^2}} = 0,68$$

- Súčinitele interakcie k
Podľa STN EN 1993-1-1 príloha B.

$$\psi_y = 0$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,4 \cdot 0 = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95 + 0,4 \cdot 0 = 0,95$$

$$k_{yy} = \min\left[0,95\left(1 + (0,72 - 0,2) \frac{71}{0,77 \cdot 3993}\right); 0,95\left(1 + 0,8 \frac{71}{0,77 \cdot 3993}\right)\right] = 0,96$$

$$k_{zz} = \min\left[0,95\left(1 + (0 - 0,2) \frac{71}{1,0 \cdot 3993}\right); 0,95\left(1 + 0,8 \frac{71}{1,0 \cdot 3993}\right)\right] = 0,95$$

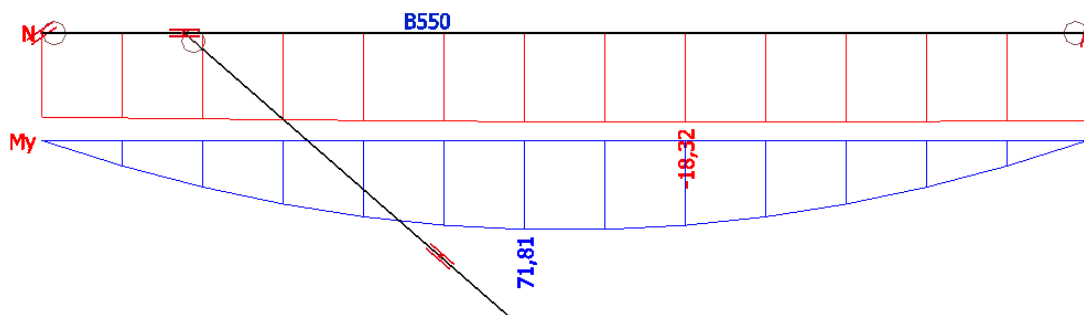
$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,95 = 0,57$$

- Posúdenie

$$\frac{71}{0,77 \cdot 3993} + 0,57 \frac{170}{0,68 \cdot 447,3} + 0,96 \frac{20,2}{149,3} < 1$$

$$0,7 < 1,0 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.6.2 Nosník B550(IPE270)



Obr. 6.14: B550-NK 6.10.b/sneh/vietor/y/heat

- $N_{Ed} = -18kN$
- $M_{y,Ed} = 72kNm$

Klasifikácia prierezu:

Stojna:

$$c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$$

$$219,6/6,6 = 33,3 \leq \frac{36 * 0,81}{0,5} = 58 \rightarrow \text{Trieda 1}$$

Pásnica:

$$c/t \leq 9\varepsilon$$

$$49,2/10,2 = 4,8 \leq 9 * 0,81 = 7,3 \rightarrow \text{Trieda 1}$$

\rightarrow *Trieda prierezu 1*

Interakcia: ohyb+tlak

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{pl,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{pl,y,Rd}} \leq 1$$

Prostá únosnosť

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{4,59 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1630,9kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{0,484 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 171,8kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{54}{171,8} \leq 1$$

$$0,53 < 1 \implies \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť s vplyvom straty stability

- Stanovenie súčiniteľa vzperu
Nosník je priečne podoprený z oboch strán.
 $L_{cr,y} = 7,4m$ || krivka vzpernej pevnosti a

$$\lambda_1 = 76,4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{0,579 * 10^{-4}}{0,4594 * 10^{-2}}} = 0,112m$$

$$\lambda_y = \frac{7,4}{0,112} = 65,9$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{65,9}{76,4} = 0,86$$

$$\phi_y = 0,5[1 + 0,21(0,86 - 0,2) + 0,86^2] = 0,94$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,94 + \sqrt{0,94^2 - 0,86^2}} = 0,758$$

- Súčiniteľ klopenia χ_{LT} Nosník je obojstranne spojený s plošným prvkom. Avšak sme neposudzovali predpoklad spojitého priečneho podoprenia a teda budeme uvažovať vplyv klopenia.

$$M_{cr} = 118,6kNm$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{0,4289 * 10^{-3} * 355 * 10^3}{118,6}} = 1,13$$

$$\phi_{LT} = 0,5 * [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5[1 + 0,21(1,13 - 0,2) + 1,13^2] = 1,24$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,24 + \sqrt{1,24^2 - 1,13^2}} = 0,57$$

- Súčinitele interakcie k
Podľa STN EN 1993-1-1 príloha B.

$$\psi_y = 0$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,4 * 0 = 0,95$$

$$C_{mz} = 0$$

$$k_{yy} = \min[0,95(1 + (0,86 - 0,2) \frac{18}{0,76 * 1630,9}); 0,95(1 + 0,8 \frac{18}{0,76 * 1630,9})] = 0,96$$

- Posúdenie

$$\frac{18}{0,76 * 1630,9} + 0,96 \frac{72}{0,57 * 171,8} < 1$$

$$0,72 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

URČENIE KRITICKÉHO MOMENTU M_{cr} zo zaťaženia podľa tabuľky NB.3.2 pre prierezy symetrické k ose y-y			
ocel	S355	E =	210 · 10 ⁹ Pa
		G =	81 · 10 ⁹ Pa
průřez	IPE270	tř. průřezu	1
		$I_y =$	57,9 · 10 ⁸ mm ⁴
		$I_z =$	4,199 · 10 ⁸ mm ⁴
		$I_t =$	159,4 · 10 ³ mm ⁴
		$I_w =$	70,58 · 10 ⁹ mm ⁴
		$W_{pl,y} =$	484 · 10 ³ mm ³
		$W_y =$	428,9 · 10 ³ mm ³
charakteristika prutu a zatížení			
délka L =	7400 mm	$z_g =$	0 mm
$k_y =$	1	$z_j =$	0 mm
$k_z =$	0,5	$C_{1,0} =$	0,95
$k_w =$	0,5	$C_{1,1} =$	0,97
$\psi_f =$	0	$C_1 =$	0,97
		$C_2 =$	0,4
		$C_3 =$	0,44
		$k_{wt} =$	0,910
		$\zeta_g =$	0,000
		$\zeta_j =$	0,000
		$\mu_{cr} =$	2,618
$M_{cr} =$	118,583 kNm		

Obr. 6.15: B550 - kritický moment podľa EC3-1-1 NB.3.2

6.6.3 Nosník B545(J250/150/5,0)

- $N_{Ed} = 101 \text{ kN}$
- $M_{y,Ed} = -71 \text{ kNm}$
- $M_{z,Ed} = 4,2 \text{ kNm}$
- $V_{z,Ed} = -77,3 \text{ kN}$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

$$230/5 = 46 \leq 72 * 0,81 = 58,3 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

- Prostý šmyk

$$V_{Pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4 * 10^{-3} * 355 * 10^3 / \sqrt{3}}{1,0} = 491,3 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Pl,z,Rd}} < 0,5$$

$$\frac{77,3}{491,3} < 0,5$$

$$0,157 < 0,5$$

Netreba redukovať medzu klzu

Interakcia: ohyb+ťah

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{3,84 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1363,2kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{0,32 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 113,6kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{0,225 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 79,9kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{101}{1363,2} + \frac{71}{113,6} + \frac{4,2}{79,9} \leq 1$$

$$0,75 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.7 Horná plošina HP 2

1. Vnitřní síly na prutu

Výběr : B538
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B538	H.P.2_2 - J(CH)300X200X8	6.10.b_vietor_x_neg	-71,85	-26,71	-54,58	0,83	14,83	-22,71
B538	H.P.2_2 - J(CH)300X200X8	6.10.b_vietor_x_pos	144,15	42,56	-18,11	1,18	18,13	4,00
B538	H.P.2_2 - J(CH)300X200X8	6.10.b_vietor_x_cool	-69,03	-27,78	-55,78	1,03	21,55	-18,91
B538	H.P.2_2 - J(CH)300X200X8	6.10.b_vietor_y_cool	18,81	45,27	-3,40	-0,23	45,86	-40,99
B538	H.P.2_2 - J(CH)300X200X8	6.10.b_vietor_x_pos	133,31	30,49	-61,71	1,99	-126,72	51,77
B538	H.P.2_2 - J(CH)300X200X8	6.10.b_vietor_y_pos	38,54	-5,85	56,28	0,01	-75,77	19,07
B538	H.P.2_2 - J(CH)300X200X8	6.10.b_neg_vietor_y	5,17	42,13	-2,71	-0,69	41,30	1,91
B538	H.P.2_2 - J(CH)300X200X8	6.10.b_vietor_x_cool	-65,32	-9,93	-3,97	1,05	56,46	-4,24
B538	H.P.2_2 - J(CH)300X200X8	6.10.b_vietor_y_pos	37,10	45,09	-5,31	-0,03	49,78	-41,57

2. Vnitřní síly na prutu

Výběr : B282
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.a_vietor_y_cool	34,85	0,11	6,94	0,43	-10,85	-0,36
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.b_sneh_vietor_x_neg	358,25	-27,16	-19,97	-12,45	-15,36	13,32
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.b_vietor_x_neg	357,24	-49,22	-19,94	-12,24	-39,75	-41,38
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.b_vietor_x_neg	319,26	3,79	27,56	0,71	-54,73	-1,96
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.b_sneh_vietor_y_cool	322,54	-1,70	-32,74	-8,66	-53,64	-0,06
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.a_vietor_x+neg	309,64	1,96	28,48	1,93	-55,46	-0,73
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.b_vietor_x_pos	339,89	-42,59	-11,12	-16,88	-10,27	49,19
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.b_vietor_x_pos	296,58	-10,47	6,93	8,82	41,71	-16,63
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.b_sneh_vietor_x_neg	327,81	1,86	28,27	2,02	-56,39	-0,55
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.b_sneh_vietor_x_neg	327,69	-6,87	8,35	6,78	44,68	-11,67
B282	H.P.2_3 - J(CH)250X150X6	6.10.b_vietor_x_neg	357,24	-44,01	-11,50	-15,98	-8,20	50,05

3. Vnitřní síly na prutu

Výběr : B702
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B702	H.P.2_1 - IPE240	6.10.b_sneh_vietor_y_neg	0,21	0,32	-26,87	-0,13	63,21	-0,70
B702	H.P.2_1 - IPE240	6.10.b_vietor_y_pos	34,96	-0,07	17,77	0,01	0,00	0,00
B702	H.P.2_1 - IPE240	6.10.b_vietor_x_pos	25,25	-3,90	-18,58	-0,33	46,42	7,37
B702	H.P.2_1 - IPE240	6.10.b_neg_vietor_y	4,04	0,53	-24,91	-0,10	59,26	-1,12
B702	H.P.2_1 - IPE240	6.10.b_vietor_y_pos	1,30	-0,68	-36,79	-0,04	0,00	0,00
B702	H.P.2_1 - IPE240	6.10.a_vietor_y+cool	33,76	-0,06	17,90	0,01	0,00	0,00
B702	H.P.2_1 - IPE240	6.10.b_neg_vietor_y	32,12	-0,10	5,69	0,06	28,79	-0,24
B702	H.P.2_1 - IPE240	6.10.b_neg_vietor_y	4,32	0,32	-34,37	-0,04	0,00	0,00
B702	H.P.2_1 - IPE240	6.10.b_vietor_y_pos	0,99	-0,46	-27,31	-0,18	64,09	0,84
B702	H.P.2_1 - IPE240	6.10.b_vietor_x_cool	19,54	-0,31	-12,78	-0,06	11,73	-1,46

6.7.1 Nosník B538(J300/200/8,0)

- $N_{Ed} = 133,3kN$
- $M_{y,Ed} = -127kNm$
- $M_{z,Ed} = 52kNm$
- $V_{z,Ed} = -62kN$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

$$260/8 = 32,5 \leq 72 * 0,81 = 58,3 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

- Prostý šmyk

$$V_{Pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,51 * 10^{-3} * 355 * 10^3 / \sqrt{3}}{1,0} = 924kN$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Pl,z,Rd}} < 0,5$$

$$\frac{62}{924} < 0,5$$

$$0,07 < 0,5$$

Netreba redukovať medzu klzu

Interakcia: ohyb+ťah

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{7,52 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 2669,6kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{0,757 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 268,7kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{0,574 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 203,8kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{133,3}{2669,6} + \frac{127}{268,7} + \frac{52}{203,8} \leq 1$$

$$0,78 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.7.2 Nosník B282(J250/150/6,0)

- $N_{Ed} = 358kN$
- $M_{y,Ed} = -40kNm$
- $M_{z,Ed} = -41,4kNm$
- $V_{y,Ed} = -50kN$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

$$260/8 = 32,5 \leq 72 * 0,81 = 58,3 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

- Prostý šmyk

$$V_{Pl,y,Rd} = \frac{1,71 * 10^{-3} * 355 * 10^3 / \sqrt{3}}{1,0} = 350,5kN$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{Pl,y,Rd}} < 0,5$$

$$\frac{50}{350,5} < 0,5$$

$$0,14 < 0,5$$

Netreba redukovať medzi klzu

Interakcia: ohyb+ťah

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{4,56 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1618,8kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{0,378 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 134,2kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{0,266 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 94,4kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{358}{1618,8} + \frac{40}{134,2} + \frac{41,4}{94,4} \leq 1$$

$$0,95 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.7.3 Nosník B702(IPE240)

- $N_{Ed} = 25,3kN$
- $M_{y,Ed} = 46,4kNm$
- $M_{z,Ed} = 7,4kNm$
- $V_{z,Ed} = 37kN$

Klasifikácia prierezu:

Stojna:

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

$$190,4/6,2 = 30,7 \leq 72 * 0,81 = 58,3 \rightarrow \text{Trieda 1}$$

Pásnica:

$$c/t \leq 9\varepsilon$$

$$41,9/9,8 = 4,3 \leq 9 * 0,81 = 7,3 \rightarrow \text{Trieda 1}$$

\rightarrow *Trieda prierezu 1*

- Prostý šmyk

$$V_{Pl,z,Rd} = \frac{1,914 * 10^{-3} * 355 * 10^3 / \sqrt{3}}{1,0} = 392kN$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Pl,z,Rd}} < 0,5$$

$$\frac{37}{392} < 0,5$$

$$0,1 < 0,5$$

Netreba redukovať medzu klzu

Interakcia: ohyb+ťah

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{3,91 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1618,8kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{0,3666 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 130,1kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{0,07392 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 26,2kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{25,3}{1618,8} + \frac{46,4}{130,1} + \frac{7,4}{26,2} \leq 1$$

$$0,66 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.8 Horná plošina HP 1

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní
Výběr : B698
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B698	H.P.1_2 - IPE220	6.10.b_pos_vietor_y	-2,39	0,61	14,68	-1,03	-0,40
B698	H.P.1_2 - IPE220	6.10.b_vietor_x_neg	24,93	-0,99	10,52	-4,33	0,52
B698	H.P.1_2 - IPE220	6.10.b_vietor_x_pos	-0,06	-7,77	-30,04	-35,25	-9,64
B698	H.P.1_2 - IPE220	6.10.b_vietor_x_neg	-0,50	8,95	42,46	-35,95	-4,38
B698	H.P.1_2 - IPE220	6.10.b_vietor_x_pos	-1,54	8,48	41,86	-36,09	-3,90
B698	H.P.1_2 - IPE220	6.10.b_sneh_vietor_y_neg	5,31	1,24	0,11	0,28	-0,43
B698	H.P.1_2 - IPE220	6.10.b_vietor_x_pos	-1,46	7,91	38,04	-6,42	2,19

2. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní
Výběr : B846
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]
B846	tiahla_schody1 - CHS48.3/3.2	6.10.a_vietor_y-cool	12,05
B846	tiahla_schody1 - CHS48.3/3.2	6.10.a_vietor_y+pos	43,87

3. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní
Výběr : B825
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B825	H.P.1_3 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_pos	-31,01	-8,07	-12,25	21,24	6,68
B825	H.P.1_3 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_y_neg	13,37	4,41	-2,04	7,56	-2,69
B825	H.P.1_3 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_pos	-30,97	-8,12	-15,80	12,66	1,71
B825	H.P.1_3 - J(CH)180X100X6	6.10.b_neg_vietor_y	12,93	5,04	-8,92	-0,02	3,56
B825	H.P.1_3 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_pos	-30,96	-8,05	-19,86	-0,06	-4,08
B825	H.P.1_3 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_pos	-22,65	-6,34	28,98	-12,15	1,23
B825	H.P.1_3 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_neg	-22,69	-6,08	28,63	-12,28	1,19
B825	H.P.1_3 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_pos	-22,81	-6,47	21,47	21,34	-7,32
B825	H.P.1_3 - J(CH)180X100X6	6.10.b_vietor_x_cool	-22,82	-6,48	21,31	21,08	-7,32

6.8.1 Nosník B698(IPE220)

- $N_{Ed} = 0kN$
- $M_{y,Ed} = -35,3kNm$
- $M_{z,Ed} = -9,6kNm$

Klasifikácia prierezu:

Stojna:

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

$$177,6/5,9 = 30,1 \leq 72 * 0,81 = 58,3 \rightarrow \text{Trieda 1}$$

Pásnica:

$$c/t \leq 9\varepsilon$$

$$40/9,2 = 4,4 \leq 9 * 0,81 = 7,3 \rightarrow \text{Trieda 1}$$

→ *Trieda prierezu 1*

Interakcia: ohyb+ťah

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{3,34 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1184,6kN$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{0,2854 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 101,3kNm$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{0,05811 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 20,6kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{35,3}{101,3} + \frac{9,6}{20,6} \leq 1$$

$$0,98 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.8.2 Tiahlo B846(CHS48,3/3,2)

- $N_{Ed} = 44kN$
- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{0,45 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 161kN$$

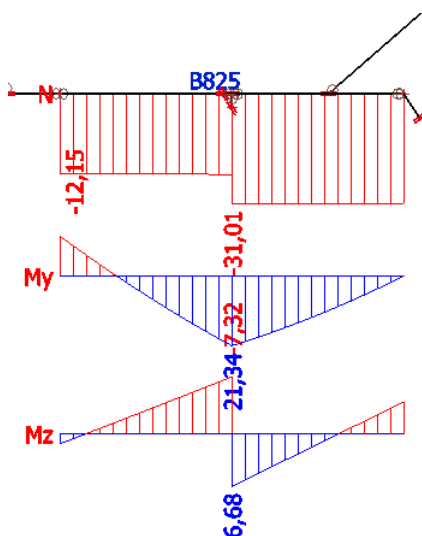
- Posúdenie na prostý ťah

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{44}{161} \leq 1$$

$$0,27 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.8.3 Nosník B825(J180/100/6,0)



Obr. 6.16: B791-NK 6.10.b/vietor/x/pos

- $N_{Ed} = -31\text{ kN}$
- $M_{y,Ed} = 21,24\text{ kNm}$
- $M_{z,Ed} = 6,7\text{ kNm}$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq 33\varepsilon$$

$$156/6 = 26 \leq 33 * \sqrt{235/355} = 27 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Interakcia: ohyb+tlak

Prostá únosnosť

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{3,18 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1129\text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{0,186 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 66\text{ kNm}$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{0,123 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 43,7\text{ kNm}$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{31}{1129} + \frac{21,24}{66} + \frac{6,7}{43,7} \leq 1$$

$$0,5 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť s vplyvom straty stability

Eulerovo kritické bremeno:

$$L_{cr,y/z} = 1,4m$$

$$N_{cr} = \frac{EI\pi^2}{L_{cr}^2} = \frac{210 * 10^6 * 5,4594 * 10^{-6}}{1,4^2} = 585$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$$

$$0,05 \approx 0,04 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Keď platí podmienka, posudzujeme na prostý tlak a teda platí posudok prostej únosnosti.

6.8.4 Priečník B810(HEA220)

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B810

Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B810	H.P.1_4 - HEA220	6.10.b_vietor_x_pos	-63,70	7,55	46,38	33,09	5,37
B810	H.P.1_4 - HEA220	6.10.b_vietor_x_neg	17,75	31,31	-29,80	-0,01	-0,03
B810	H.P.1_4 - HEA220	6.10.b_pos_vietor_y	-48,52	-10,75	-14,55	33,43	-1,82
B810	H.P.1_4 - HEA220	6.10.b_vietor_x_neg	17,75	31,49	-29,59	1,58	-1,73
B810	H.P.1_4 - HEA220	6.10.b_vietor_x_heat	-52,16	8,61	-40,43	37,53	7,09
B810	H.P.1_4 - HEA220	6.10.b_vietor_x_neg	-53,10	6,72	47,27	0,00	0,00
B810	H.P.1_4 - HEA220	6.10.b_vietor_x_pos	-0,61	30,30	-29,95	-0,02	-0,03
B810	H.P.1_4 - HEA220	6.10.b_vietor_x_neg	-49,68	6,52	34,52	74,86	4,19
B810	H.P.1_4 - HEA220	6.10.b_vietor_x_pos	-10,40	11,40	5,95	19,03	-19,00
B810	H.P.1_4 - HEA220	6.10.b_vietor_x_pos	-10,26	15,61	-16,91	2,63	11,18

- $N_{Ed} = -50kN$
- $M_{y,Ed} = 75kNm$
- $M_{z,Ed} = 4,2kNm$

Klasifikácia prierezu:

Stojna:

$$c/t \leq 33\varepsilon$$

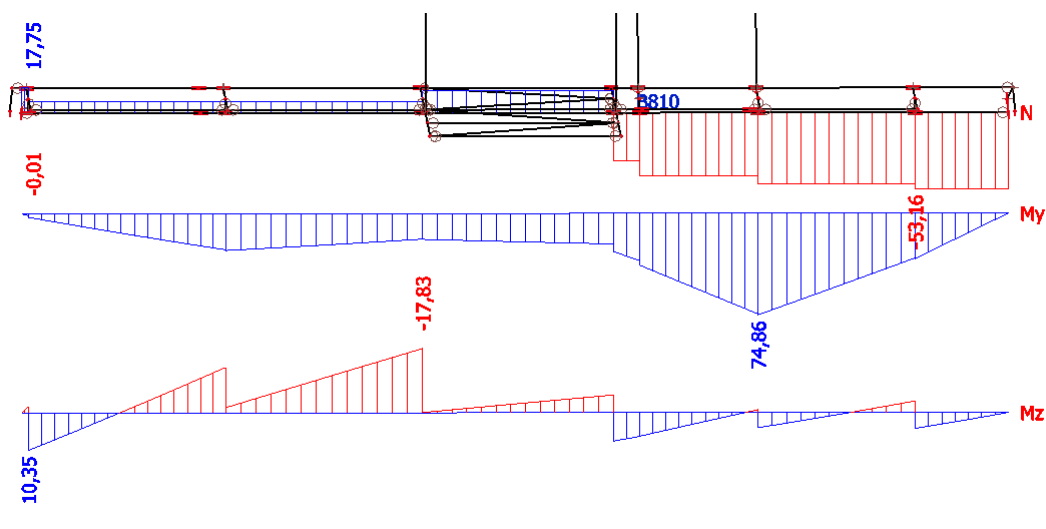
$$152/7,0 = 21,7 \leq 33 * 0,81 = 26,7 \rightarrow \text{Trieda 1}$$

Pásnica:

$$c/t \leq 14\varepsilon$$

$$88,5/11 = 8,1 \leq 14 * 0,81 = 11,3 \rightarrow \text{Trieda 3}$$

→ *Trieda prierezu 3*



Obr. 6.17: B810-NK 6.10.b/pos/vietor/x/neg

Interakcia: ohyb+tlak

Prostá únosnosť

- Únosnosť prierezu

$$N_{el,Rd} = \frac{6,43 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 2284 kN$$

$$M_{el,y,Rd} = \frac{0,5152 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 182,9 kNm$$

$$M_{el,z,Rd} = \frac{0,1777 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 63,1 kNm$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{el,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{50}{2284} + \frac{75}{182,9} + \frac{4,2}{63,1} \leq 1$$

$$0,5 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť s vplyvom straty stability

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{el,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{el,y,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{el,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{el,y,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

Nosník je priečne podoprený, takže nevybočuje kolmo na mäkšiu osu z.

- Stanovenie súčiniteľa vzperu
Budeme uvažovať aj vybočenie kolmo k mäkej ose.
 $L_{cr,y} = 7,5m$ || krivka vzpernej pevnosti: \perp ku y-y \rightarrow b || \perp ku z-z \rightarrow c

$$\lambda_1 = 76,4$$

$$i_y = 0,0917m$$

$$i_z = 0,0551m$$

$$\lambda_y = 81,8$$

$$\lambda_z = 136$$

$$\overline{\lambda}_y = 1,07$$

$$\overline{\lambda}_z = 1,78$$

$$\phi_y = 1,22$$

$$\phi_z = 2,47$$

$$\chi_y = 0,553$$

$$\chi_z = 0,239$$

- Súčiniteľ klopenia χ_{LT} Na bezpečnej strane uvažujeme, že prierez klopí.

URČENIE KRITICKÉHO MOMENTU M_{cr} zo zaťaženia podľa tabuľky NB.3.2			
pre prierezy symetrické k ose y-y			
ocel	S355	E =	210 · 10 ⁹ Pa
		G =	81 · 10 ⁹ Pa
průřez	HE220A	tř. průřezu	3
		$I_y =$	54,1 · 10 ⁸ mm ⁴
		$I_z =$	19,55 · 10 ⁸ mm ⁴
		$I_t =$	2846 · 10 ³ mm ⁴
		$I_w =$	193,3 · 10 ⁹ mm ⁴
		$W_{pl,y} =$	568,5 · 10 ³ mm ³
		$W_y =$	515,2 · 10 ³ mm ³
charakteristika prutu a zatížení			
délka L =	7500 mm	$z_g =$	0 mm
$k_y =$	1	$z_j =$	0 mm
$k_z =$	1	$C_{1,0} =$	1,13
$k_w =$	1	$C_{1,1} =$	1,13
$\psi_f =$	0	$C_1 =$	1,13
		$C_2 =$	0,46
		$C_3 =$	0,53
		$K_{wt} =$	0,176
		$\zeta_g =$	0,000
		$\zeta_j =$	0,000
		$\mu_{cr} =$	1,147
$M_{cr} =$	467,539 kNm		

Obr. 6.18: B810 - kritický moment podľa EC3-1-1 NB.3.2

$$M_{cr} = 467,5 \text{ kNm}$$

$$\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{0,5152 * 10^{-3} * 355 * 10^3}{467,5}} = 0,625$$

$$\phi_{LT} = 0,5 * [1 + \alpha_{LT}(\overline{\lambda}_{LT} - 0,2) + \overline{\lambda}_{LT}^2] = 0,5[1 + 0,34(0,625 - 0,2) + 0,625^2] = 0,768$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \overline{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,768 + \sqrt{0,768^2 - 0,625^2}} = 0,824$$

- Súčinitele interakcie k
Podľa STN EN 1993-1-1 príloha B.

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 1$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 * 0 = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 * 1 = 1,0$$

$$k_{yy} = \min[0,95(1 + (0,63 - 0,2) \frac{50}{0,55 * 2284}); 0,95(1 + 0,8 \frac{50}{0,55 * 2284})] = 0,98$$

$$k_{zz} = \min[1,0(1 + (1,78 - 0,2) \frac{50}{0,24 * 2284}); 1,0(1 + 0,8 \frac{50}{0,24 * 2284})] = 1,07$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,98 = 0,59$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 1,07 = 0,64$$

- Posúdenie

$$\frac{50}{0,55 * 2284} + 0,98 \frac{75}{0,824 * 182,9} + 0,64 \frac{4,2}{63,1} < 1$$

$$0,57 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{50}{0,24 * 2284} + 0,59 \frac{75}{0,824 * 182,9} + 1,07 \frac{4,2}{63,1} < 1$$

$$0,46 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

6.8.5 Stuzenie B847(L63/5,0)

- $N_{Ed} = -36 \text{ kN}$

Vzper

- Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,61 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 216,5 \text{ kN}$$

- Stanovenie súčiniteľa vzperu
 $L_{cr,y/z} = 2m$ || krivka vzpernej pevnosti b

$$\lambda_1 = 76,4$$

$$i_y = 0,0125 \text{ m}$$

$$\lambda_y = 156,8$$

$$\overline{\lambda}_y = 2,05$$

$$\phi_y = 2,92$$

$$\chi_y = 0,2$$

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní
Výběr : B559, B560, B561, B847, B848
Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]
B559	H.P_stuženie - LS(CH)70X7	6.10.b_vietor_x_pos	-12,21
B559	H.P_stuženie - LS(CH)70X7	6.10.b_vietor_y_neg	0,43
B560	H.P_stuženie - LS(CH)70X7	6.10.b_vietor_x_neg	-7,36
B560	H.P_stuženie - LS(CH)70X7	6.10.a_vietor_y_cool	0,01
B561	H.P_stuženie - LS(CH)70X7	6.10.b_vietor_y_neg	-0,57
B561	H.P_stuženie - LS(CH)70X7	6.10.b_vietor_x_cool	33,65
B847	H.P_stuženie - LS(CH)70X7	6.10.b_vietor_x_neg	-35,64
B847	H.P_stuženie - LS(CH)70X7	6.10.a_vietor_y_cool	0,05
B848	H.P_stuženie - LS(CH)70X7	6.10.b_vietor_x_neg	-31,62
B848	H.P_stuženie - LS(CH)70X7	6.10.a_vietor_y_cool	-2,15

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rd}} < 1$$

$$\frac{36}{0,2 * 216,5} < 1$$

$$0,83 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

6.9 Schody/plošina

1. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B271

Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B271	H.P.schody - UPE200	6.10.b_vietor_x_pos	-17,02	-0,06	-0,06
B271	H.P.schody - UPE200	6.10.b_neg_vietor_y	9,48	0,00	0,00
B271	H.P.schody - UPE200	6.10.b_vietor_x_neg	-3,56	-1,37	-5,50
B271	H.P.schody - UPE200	6.10.b_vietor_y_pos	-3,82	10,27	0,62
B271	H.P.schody - UPE200	6.10.b_vietor_x_pos	-12,72	4,86	-6,33
B271	H.P.schody - UPE200	6.10.b_pos_vietor_y	-6,63	8,61	1,00

2. Vnitřní síly na prutu

Nelineární výpočet, Extrém : Prvek, Systém : Hlavní

Výběr : B1046, B1047, B1049, B1050

Třída : Nelinearne_MSU

Prvek	css	Stav	N [kN]
B1046	H.P2_stuženie - L100X8	6.10.a_vietor_y-cool	7,24
B1046	H.P2_stuženie - L100X8	6.10.b_vietor_x_pos	77,69
B1047	H.P2_stuženie - L100X8	6.10.b_vietor_y_pos	-43,07
B1047	H.P2_stuženie - L100X8	6.10.b_vietor_x_neg	1,09
B1049	H.P2_stuženie - L100X8	6.10.a_vietor_y-cool	7,89
B1049	H.P2_stuženie - L100X8	6.10.b_vietor_x_pos	183,31
B1050	H.P2_stuženie - L100X8	6.10.b_sneh_vietor_x_pos	-115,42
B1050	H.P2_stuženie - L100X8	6.10.a_vietor_y-cool	-7,89

6.9.1 Schody B271(UPE200)

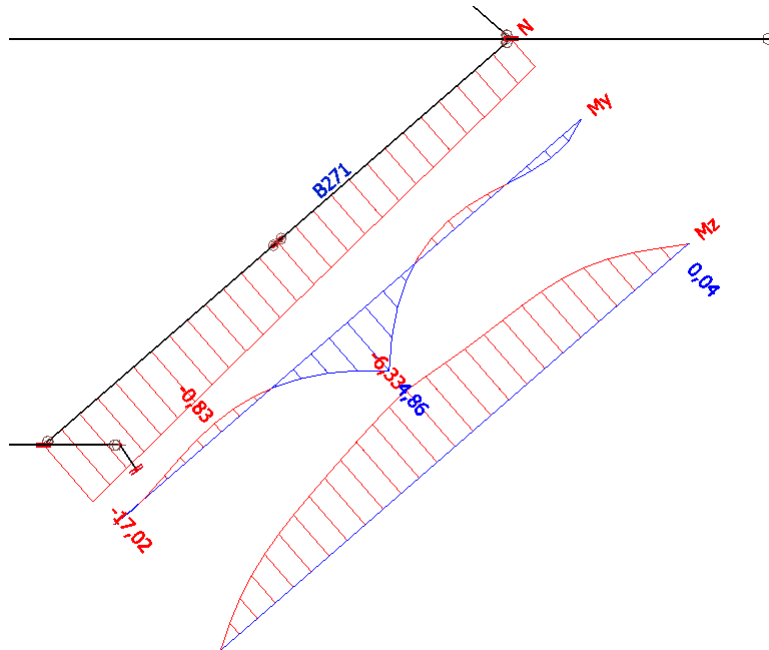
- $N_{Ed} = -12,7kN$
- $M_{y,Ed} = 4,9kNm$
- $M_{z,Ed} = -6,3kNm$

Klasifikácia prierezu:

$$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$$

$$61/11 = 5,6 \leq \frac{9 * 0,81}{0,89} = 8,2 \rightarrow \text{Trieda prierezu 1}$$

Interakcia: ohyb+ťah



Obr. 6.19: B810-NK 6.10.b/pos/vietor/x/neg

- Únosnosť prierezu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,9 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 1029,5 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,177 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 62,8 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,059 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 20,9 \text{ kNm}$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{12,7}{1029,5} + \frac{4,9}{62,8} + \frac{6,3}{20,9} \leq 1$$

$$0,4 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť s vplyvom straty stability

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{el,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{el,y,Rd}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{el,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} * M_{el,y,Rd}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1$$

- Stanovenie súčiniteľa vzperu

$L_{cr,y} = 4,8 \text{ m} \wedge L_{cr,z} = 2,4 \text{ m}$ || krivka vzpernej pevnosti: c

$$\lambda_1 = 76,4$$

$$\begin{aligned}
 i_y &= 0,0811m \\
 i_z &= 0,0254m \\
 \lambda_y &= 59,2 \\
 \lambda_z &= 94,5 \\
 \overline{\lambda}_y &= 0,77 \\
 \overline{\lambda}_z &= 1,24 \\
 \phi_y &= 0,94 \\
 \phi_z &= 1,52 \\
 \chi_y &= 0,68 \\
 \chi_z &= 0,42
 \end{aligned}$$

- Súčiniteľ klopenia χ_{LT}

URČENIE KRITICKÉHO MOMENTU M_{cr} zo zaťaženia podľa tabuľky NB.3.2 pre prierezy symetrické k ose y-y			
ocel	S355	E =	210 · 10 ⁹ Pa
		G =	81 · 10 ⁹ Pa
prúrež	UPE200	tř. prúrežu	1
		$I_y =$	19,1 · 10 ⁸ mm ⁴
		$I_z =$	1,873 · 10 ⁸ mm ⁴
		$I_t =$	88,88 · 10 ³ mm ⁴
		$I_w =$	11 · 10 ⁹ mm ⁴
		$W_{pl,y} =$	177 · 10 ³ mm ³
		$W_y =$	190,9 · 10 ³ mm ³
charakteristika prutu a zaťaženia			
délka L =	4800 mm	$z_g =$	0 mm
$k_y =$	1	$z_j =$	0 mm
$k_z =$	1	$C_{1,0} =$	1,13
$k_w =$	1	$C_{1,1} =$	1,13
$\psi_T =$	0	$C_1 =$	1,13
		$C_2 =$	0,46
		$C_3 =$	0,53
		$k_{wt} =$	0,371
		$\zeta_g =$	0,000
		$\zeta_j =$	0,000
		$\mu_{cr} =$	1,205
$M_{cr} =$	41,974 kNm		

Obr. 6.20: B271 - kritický moment podľa EC3-1-1 NB.3.2

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= 42 \text{ kNm} \\
 \overline{\lambda}_{LT} &= \sqrt{\frac{W_y * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{0,1909 * 10^{-3} * 355 * 10^3}{42}} = 1,27 \\
 \phi_{LT} &= 0,5 * [1 + \alpha_{LT}(\overline{\lambda}_{LT} - 0,2) + \overline{\lambda}_{LT}^2] = 0,5[1 + 0,49(1,27 - 0,2) + 1,27^2] = 1,57 \\
 \chi_{LT} &= \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \overline{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,57 + \sqrt{1,57^2 - 1,27^2}} = 0,4
 \end{aligned}$$

- Súčinitele interakcie k
Podľa STN EN 1993-1-1 príloha B.

$$\psi_{y/z} = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95$$

$$k_{yy} = \min\left[0,95\left(1 + (0,77 - 0,2)\frac{13}{0,68 * 1029,5}\right); 0,95\left(1 + 0,8\frac{13}{0,68 * 1029,5}\right)\right] = 0,96$$

$$k_{zz} = \min\left[0,95\left(1 + (1,24 - 0,2)\frac{13}{0,42 * 1029,5}\right); 0,95\left(1 + 0,8\frac{13}{0,42 * 1029,5}\right)\right] = 0,97$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,96 = 0,58$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 0,97 = 0,58$$

- Posúdenie

$$\frac{13}{0,68 * 1029,5} + 0,96 \frac{4,9}{0,4 * 62,8} + 0,58 \frac{6,3}{20,9} < 1$$

$$0,4 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{13}{0,42 * 1029,5} + 0,96 \frac{4,9}{0,4 * 62,8} + 0,97 \frac{6,3}{20,9} < 1$$

$$0,44 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

6.9.2 Stuzenie B1050(L100/8,0)

- $N_{Ed} = -116kN$

Vzper

- Únosnosť prierezu

$$N_{Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,55 * 10^{-3} * 355}{1,0} = 550kN$$

- Stanovenie súčiniteľa vzperu
 $L_{cr,y/z} = 2,6m$ || krivka vzpernej pevnosti b

$$\lambda_1 = 76,4$$

$$i_y = 0,0198m$$

$$\lambda_y = 131,3$$

$$\bar{\lambda}_y = 1,72$$

$$\phi_y = 2,24$$

$$\chi_y = 0,27$$

- Posúdenie

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rd}} < 1$$

$$\frac{116}{0,27 * 550} < 1$$

$$0,78 < 1,0 \implies \text{VYHOVUJE}$$

6.10 Posúdenie trapézových plechov

Tabuľka s návrhovými hodnotami sa nachádza v prílohe.

6.10.1 Prípád 1

Statický systém: prostý nosník, $L=4,3\text{m}$

Návrh : H135/310 – 1,25 (pozitívna poloha)

Moment únosnosti v poli

$$M_{F,k} = 20,6\text{kNm/m} \rightarrow M_{F,Rd} = 20,6/1,1 = 18,7\text{kNm/m}$$

Maximálna posúvajúca sila nad podporou

$$R_{A,k}^T = 23,6\text{kN/m} \rightarrow R_{A,Rd}^T = 23,6/1,1 = 21,4\text{kN/m}$$

Zaťažovacie stavy

- 1.Vlastná váha - $0,161\text{kN/m}^2$
- 2.Technológie - $1,5\text{kN/m}^2$
- 3.Sneh - $2,95\text{kN/m}^2$
- 4.Vietor - $1,1\text{kN/m}^2$

Prepočet zaťaženia do lokálneho systému prútu.

- 1.Vlastná váha - $0,161 \cdot \cos(35) = 0,13\text{kN/m}^2$
- 2.Technológie - $1,5 \cdot \cos(35) = 1,23\text{kN/m}^2$
- 3.Sneh - $2,95 \cdot (\cos(35))^2 = 1,98\text{kN/m}^2$
- 4.Vietor - $1,1\text{kN/m}^2$

Kombinácia zaťaženia (MSÚ/MSP)

$$f_d = 1,35 \cdot (0,13 + 1,23) + 1,5 \cdot (1,98 + 0,6 \cdot 1,1) = 5,8\text{kN/m}^2$$

$$f_{char} = 0,13 + 1,23 + 1,98 + 0,6 \cdot 1,1 = 4\text{kN/m}^2$$

Návrhové vnútorné sily

$$M_{F,Ed} = 5,8 \cdot 4 \cdot 3^2/8 = 13,4\text{kNm/m}$$

$$V_{A,Ed} = 5,8 \cdot 4 \cdot 3/2 = 12,5\text{kN/m}$$

Posúdenie - MSÚ

$$M_{F,Ed}/M_{F,Rd} = 13,4/18,7 = 0,72 < 1 \text{ OK}$$

$$V_{A,Ed}/R_{A,Rd}^T = 12,5/21,4 = 0,6 < 1 \text{ OK}$$

Posúdenie - MSP

$$w = \frac{5 \cdot f_{char} \cdot L^4}{384 \cdot EI_{ef}^+} = \frac{5 \cdot 4 \cdot 4,3^4}{384 \cdot 210 \cdot 491 \cdot 10^{-5}} = 17,3\text{mm}$$

$$w \leq L/250$$

$$17,3 > 4300/250 = 17,2\text{mm} \text{ FALSE}$$

Nový návrh : H135/310 – 1,50

$$w = \frac{5 * f_{char} * L^4}{384 * EI_{ef}^+} = \frac{5 * 4 * 4,3^4}{384 * 210 * 594 * 10^{-5}} = 14,3mm$$

$$14,3 < 17,2mm \text{ OK}$$

6.10.2 Prípad 2

Statický systém: spojitý nosník, L=4,3m

Šírka podpory v poli $\geq 160mm$

Návrh : H135/310 – 1,25 (pozitívna poloha)

Moment únosnosti v poli

$$M_{F,Rd} = 18,7kNm/m$$

Moment únosnosti nad podporou

$$\max M_{B,k} = 21,9kNm/m \rightarrow \max M_{B,Rd} = 21,9/1,1 = 19,9kNm/m$$

Maximálna posúvajúca sila nad krajinou podporou

$$R_{A,Rd}^T = 21,4kN/m$$

Maximálna posúvajúca sila nad strednou podporou

$$\max R_{B,k} = 76,4kN/m \rightarrow \max R_{B,Rd} = 76,4/1,1 = 69,4kN/m$$

Interakcia

$$M_{B,k}^0 = 24,0kNm/m \rightarrow M_{B,Rd}^0 = 24/1,1 = 21,8kNm/m$$

$$R_{B,k}^0 = 82,8kNm/m \rightarrow R_{B,Rd}^0 = 82,8/1,1 = 75,3kNm/m$$

Zaťažovacie stavy: Rovnaké ako v prípade 1.

Návrhové vnútorné sily

$$M_{F,Ed} = 0,07 * 5,8 * 4,3^2 = 7,5kNm/m$$

$$M_{B,Ed} = -0,125 * 5,8 * 4,3^2 = -13,4kNm/m$$

$$V_{A,Ed} = 0,375 * 5,8 * 4,3 = 9,4kN/m$$

$$V_{B,Ed} = 1,25 * 5,8 * 4,3 = 31,2kN/m$$

Posúdenie - MSÚ

$$M_{F,Ed}/M_{F,Rd} = 7,5/18,7 = 0,4 < 1,0 \text{ OK}$$

$$M_{B,Ed}/\max M_{B,Rd} = 13,4/19,9 = 0,7 < 1,0 \text{ OK}$$

$$V_{A,Ed}/R_{A,Rd}^T = 9,4/21,4 = 0,44 < 1,0 \text{ OK}$$

$$V_{B,Ed}/\max R_{B,Rd} = 31,2/69,4 = 0,45 < 1,0 \text{ OK}$$

Interakcia

$$\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}^0} + \left(\frac{V_{B,Ed}}{R_{B,Rd}^0}\right)^2$$
$$\frac{13,4}{21,8} + \left(\frac{31,2}{75,3}\right)^2 = 0,79 < 1 \text{ OK}$$

Posúdenie - MSP

$$w = 0,0054 \frac{f_{char} * L^4}{EI_{ef}^+} = 0,0054 \frac{4 * 4,3^4}{210 * 491 * 10^{-5}} = 7,2mm$$

$$7,2 < 17,2mm \text{ OK}$$

POSÚDENIE V MSP

Posúdime **globálnu deformáciu** konštrukcie pre rozhodujúce kombinácie.

- Zvislý posun u_z
 - MSP_char_vietor_y_heat
 - MSP_častá_vietor_y_heat
- Vodorovný posun u_x
 - MSP_char_vietor_x_pos
 - MSP_častá_vietor_x_pos

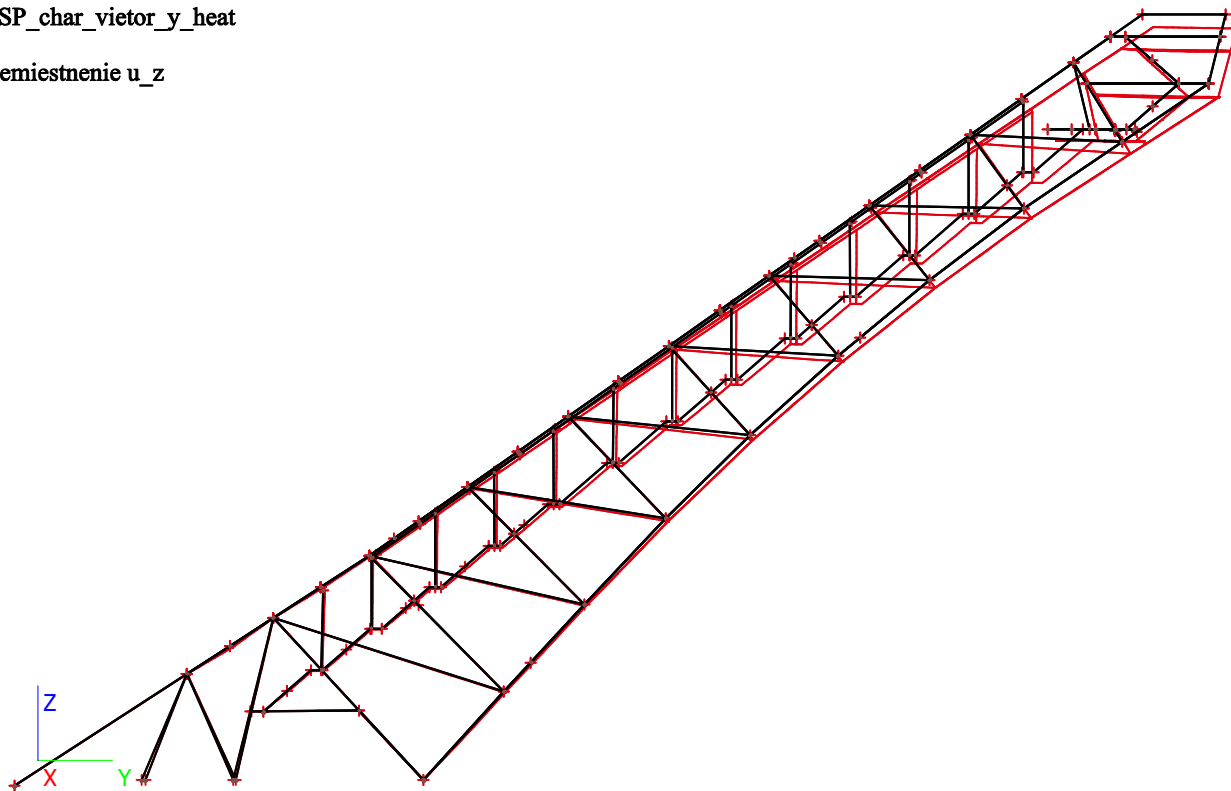
Ďalej posúdime priehyb nosníkov horných plošín **HP1, HP2, HP3**.

1. Deformovaná konstrukce

Merítko deformací: 1,0

MSP_char_vietor_y_heat

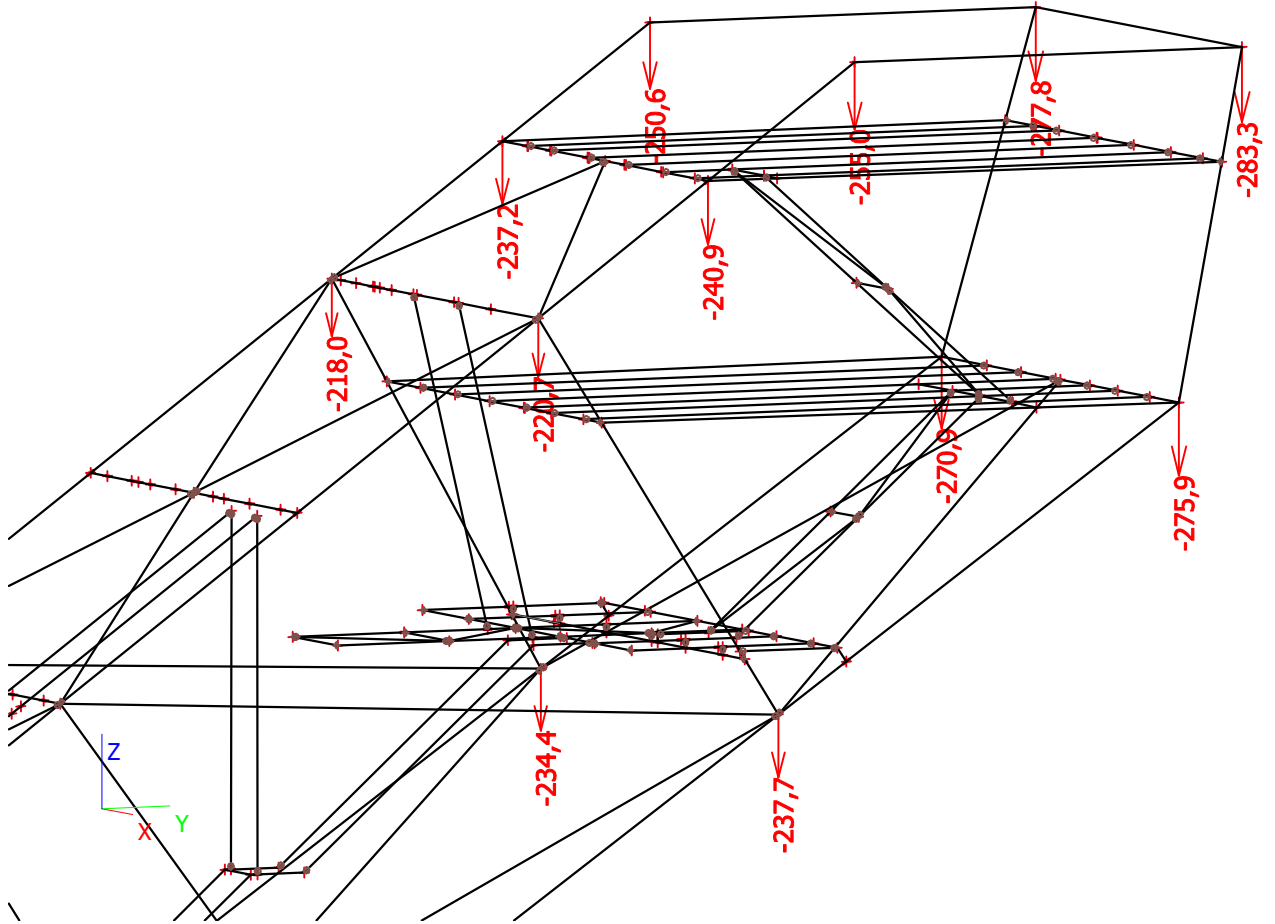
Premiestnenie u_z



2. Přemístění uzlů; Uz

MSP_char_vietor_y

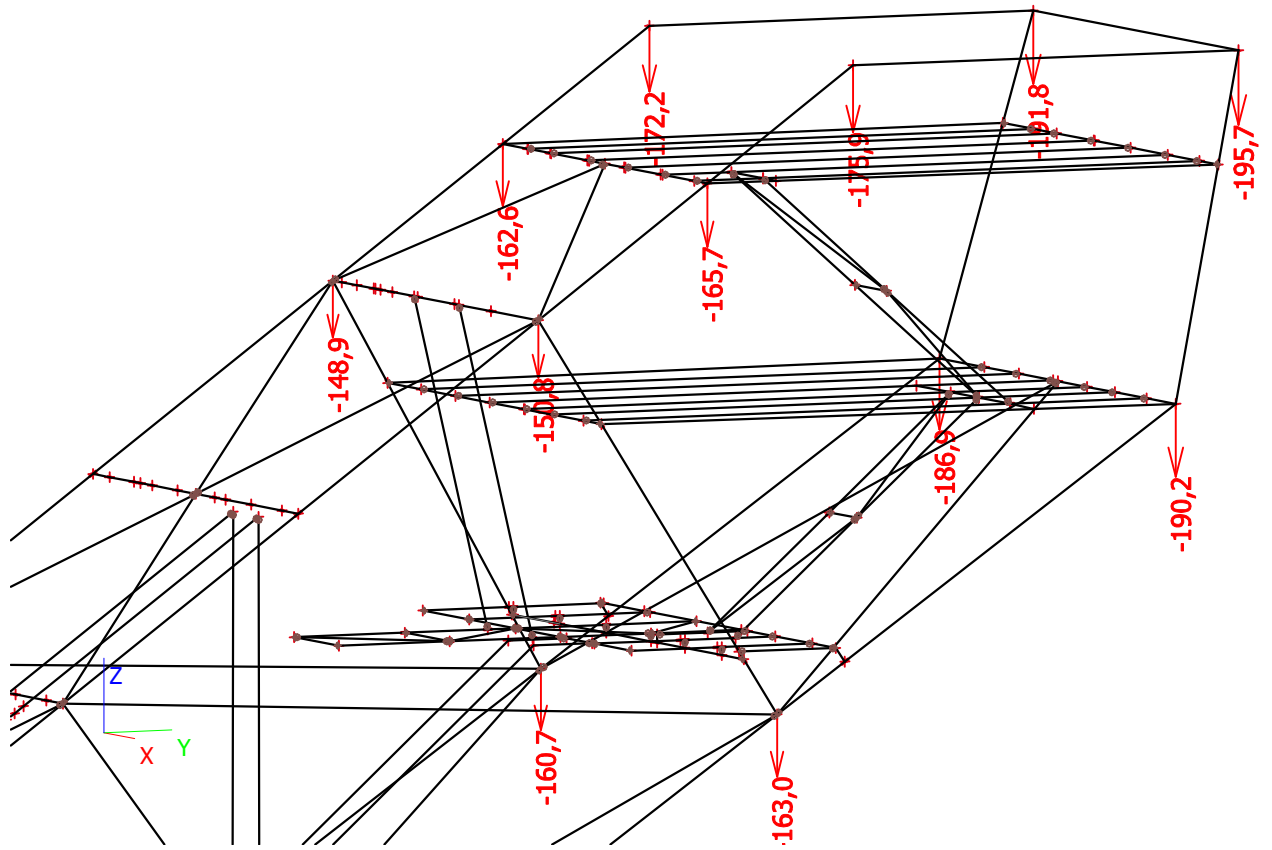
Premiestnenie u_z



3. Přemístění uzlů; Uz

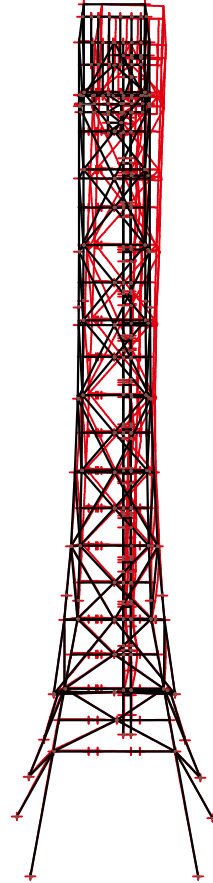
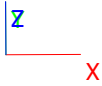
MSP_částá_vietor_y_heat

Premiestnenie u_z



4. Deformovaná konstrukce

Merítko deformací: 2,0
MSP_char_vietor_x_pos
Přemístění u_x

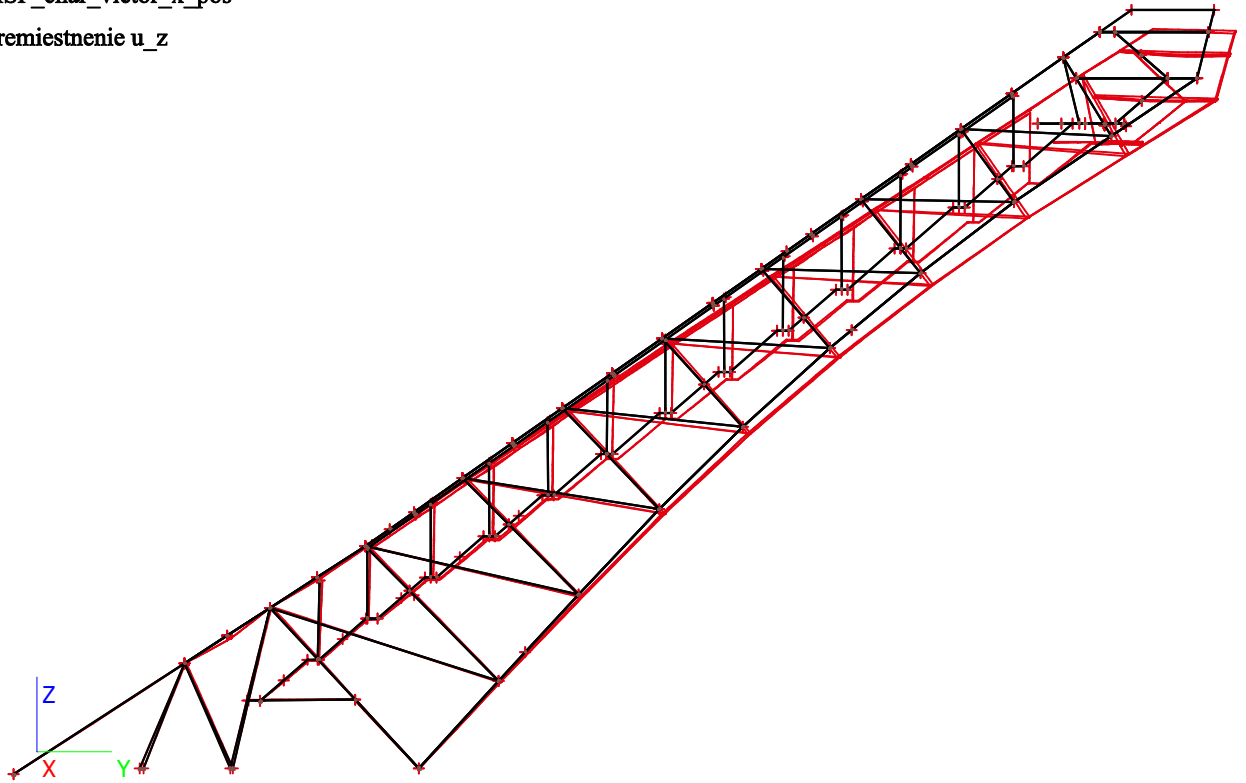


5. Deformovaná konstrukce

Merítko deformací: 2,0

MSP_char_victor_x_pos

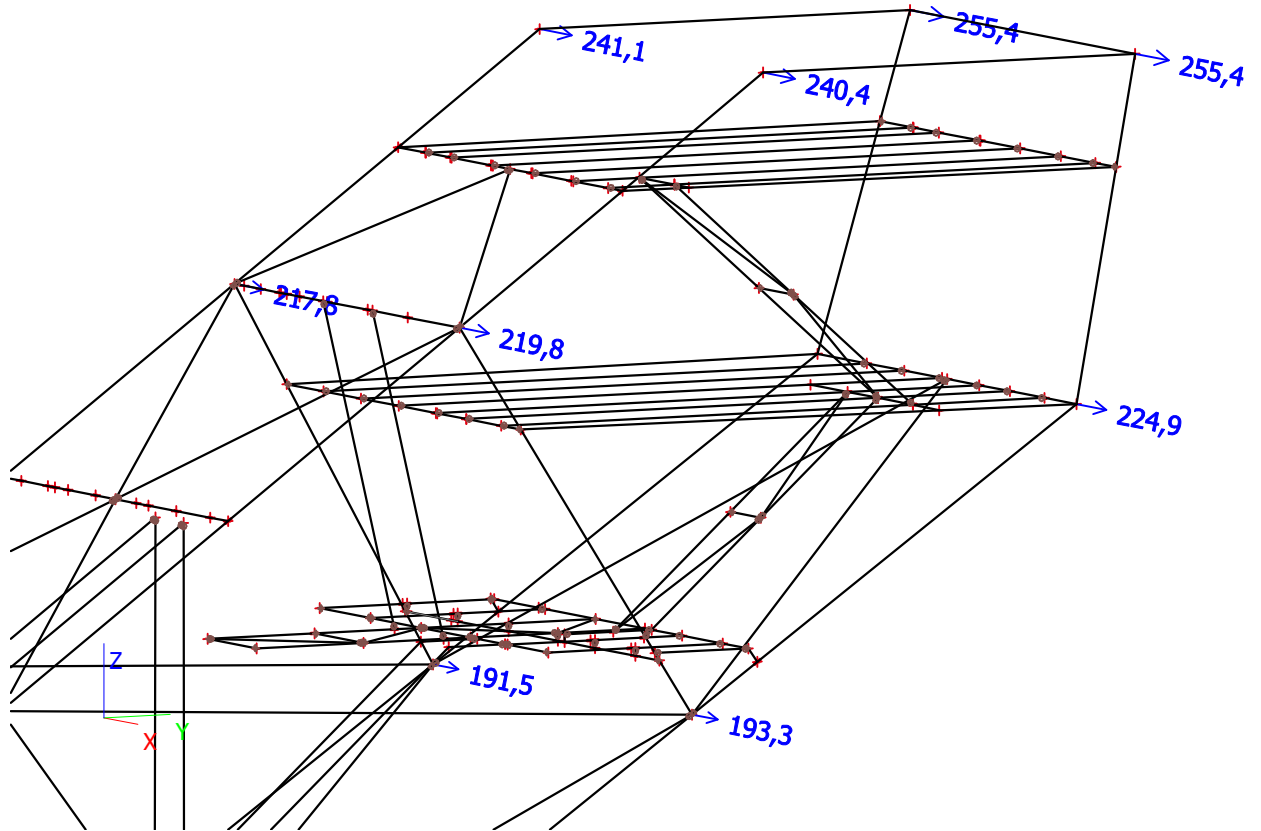
Premiestnenie u_z



6. Přemístění uzlů; Ux

MSP_char_vietor_x_pos

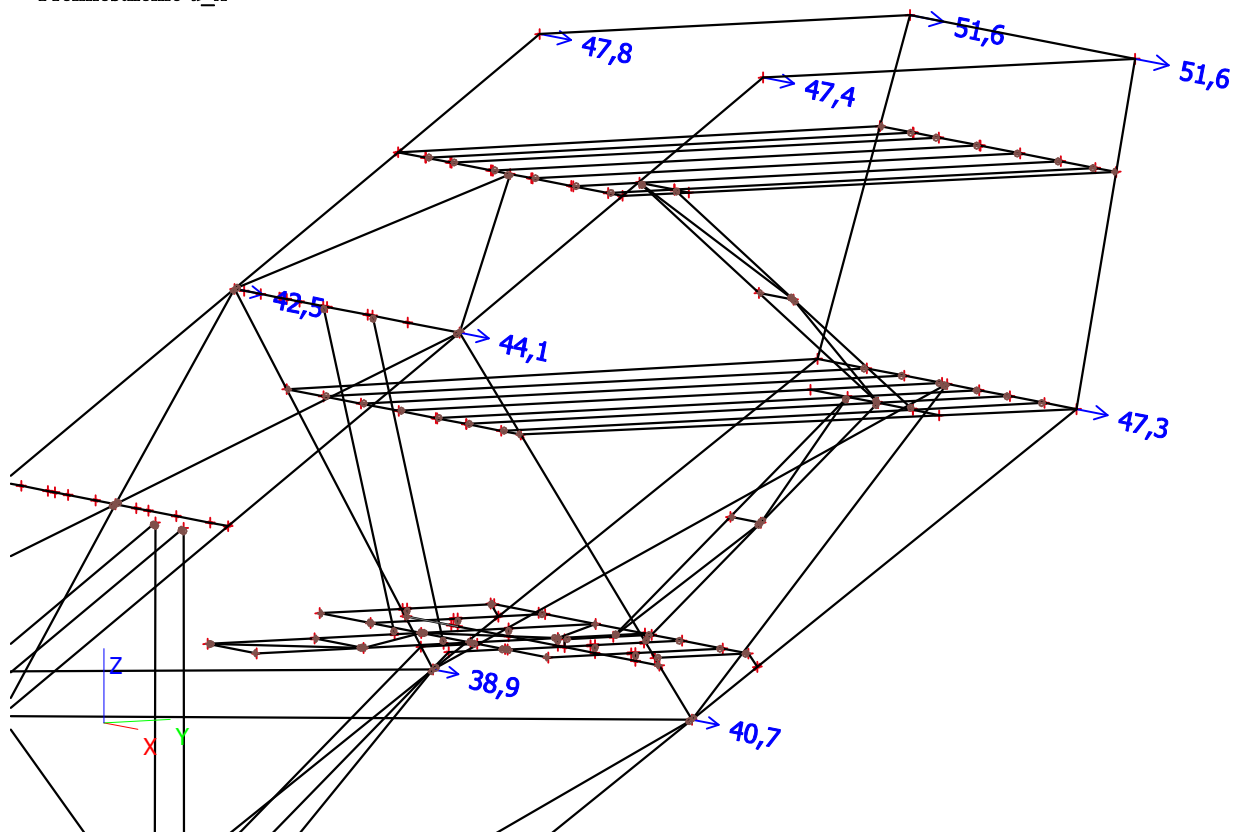
Premiestnenie u_x



7. Přemístění uzlů; Ux

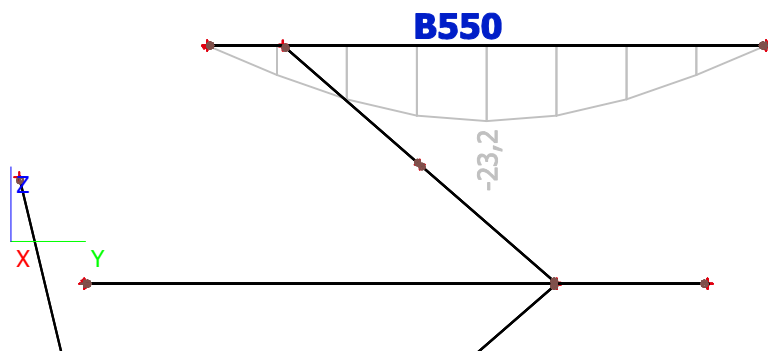
MSP_částá_vietor_x_pos

Premiestnenie u_x



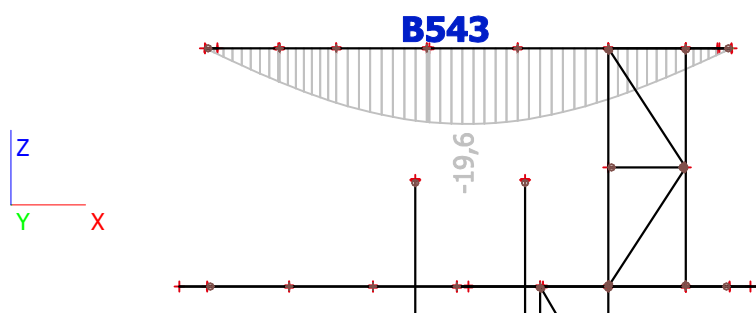
1. Relativní deformace; uz

MSP_char_sneh

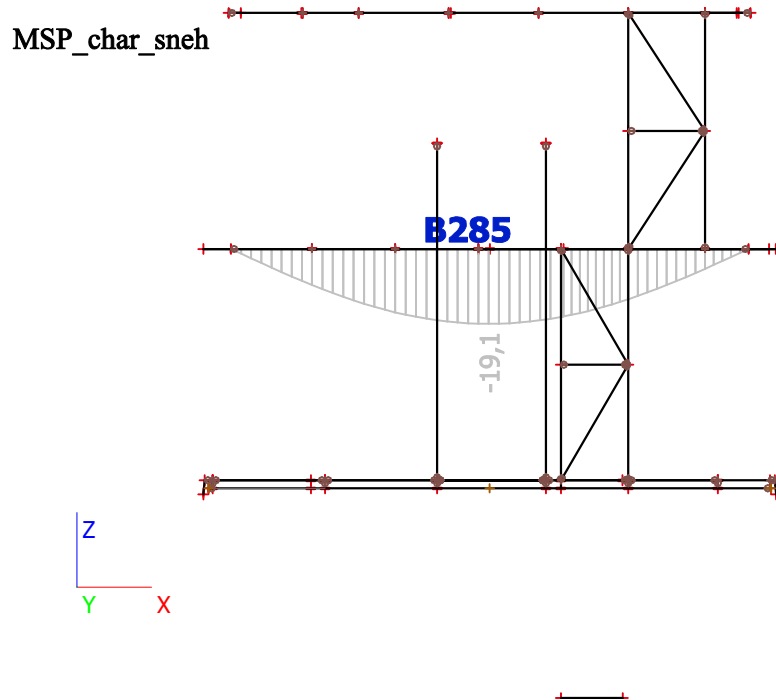


2. Relativní deformace; uz

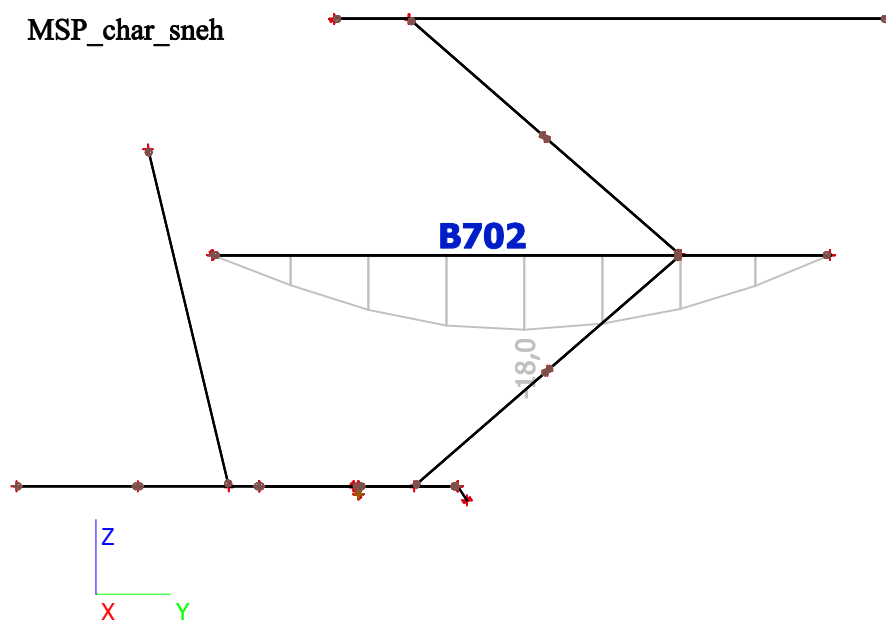
MSP_char_sneh



3. Relativní deformace; uz

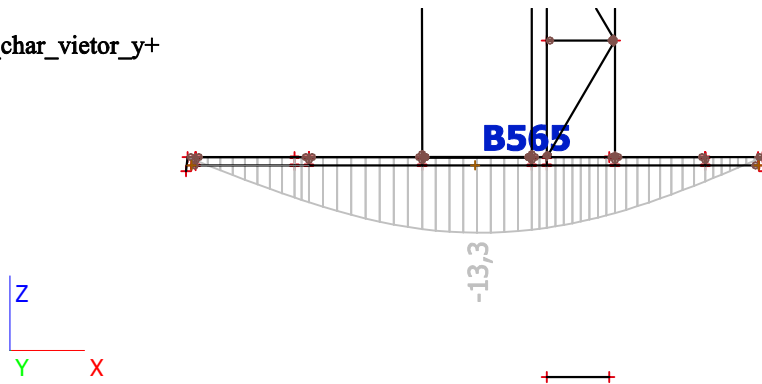


4. Relativní deformace; uz



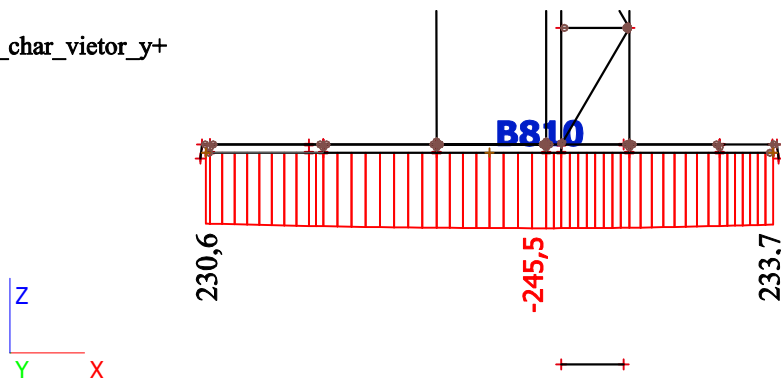
5. Relativní deformace; uz

MSP_char_vietor_y+



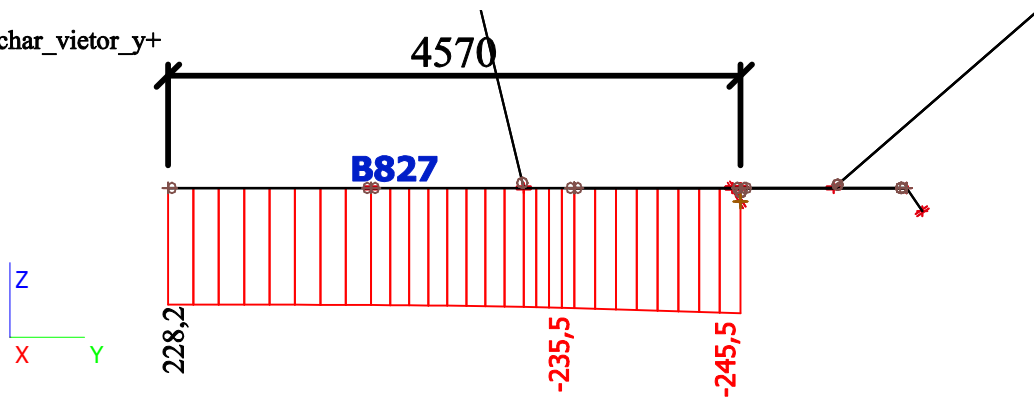
6. Deformace na prutu; uz

MSP_char_vietor_y+



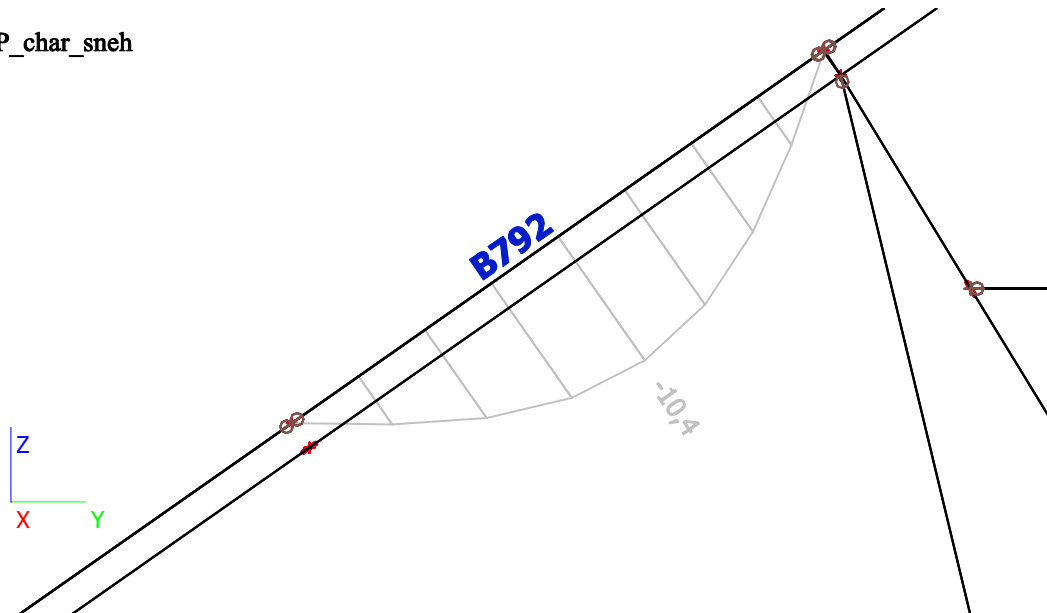
7. Deformace na prutu; uz

MSP_char_vietor_y+



8. Relativní deformace; uz

MSP_char_sneh



POSÚDENIE DETAILOV

8.1 Styčníky priehradového nosníku

Posúdenie je vykonané v programe IDEA StatiCa 9. Návrh je založený na medznom stave maximálnej povolenej deformácie podľa [10],[11]. Posudzovanie napätia nemá zmysel, keďže nami použitý program je založený na pružnoplastickom materiálovom modeli a teda maximálne napätie, ktoré môžeme dosiahnuť je rovné medzi klzu. Maximálne deformácie uvádza literatúra [10] ako aj [11] nasledovne:

- $\varepsilon_{max} = 1,0\%$ v MSP
- $\varepsilon_{max} = 3,0\%$ v MSÚ

Aby sme získali lepšiu predstavu, porovnali sme ručný výpočet typického styčníku podľa [10] resp. [9] s výsledkami použitého programu IDEA StatiCa. Tento program nám poskytol relatívne plastické deformácie ε_{pl} , ktoré boli výrazne za hranicou 3% podľa [10] a takisto sa nachádzali za hranicou 5% podľa EC3-1-5. Viac podrobností nebudeme uvádzať. Pri posúdení budú platiť hore stanovené ε_{max} .

U prvkov s hrúbkou > 25mm, sa vykoná kontrola kvality materiálu, aby sa zaistilo, že kvalita materiálu po hrúbke je rovnaká.

Posudky sú uvedené v prílohe. Nazvané tak, ako sú označené vo výkresoch.

8.2 Čapový spoj-dolné schody

Vo výkrese označené ako DET.D1/DET.D2. Styčníkové plechy s hrúbkou $t=10\text{mm}$ sú navrhnuté z ocele S235. Čap o $\phi = 20\text{mm}$ z ocele S355 prenáša silu $F_{V,Ed} = 68\text{kN}$.

- Rozteče styčníkového plechu čapu

$$a \geq \frac{F_{V,Ed}\gamma_{M0}}{2tf_y} + \frac{2d_0}{3} = \frac{68 * 10^3 * 1,0}{2 * 12 * 235} + \frac{2 * 21}{3} = 26,1\text{mm} \Rightarrow a = 30\text{mm}$$

$$c \geq \frac{F_{V,Ed}\gamma_{M0}}{2tf_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{68 * 10^3 * 1,0}{2 * 12 * 235} + \frac{21}{3} = 19,1\text{mm} \Rightarrow c = 22\text{mm}$$

- Únosnosť v strihu pre 2 strižné roviny

$$F_{V,Rd} = 2 * 0,6A \frac{f_{up}}{\gamma_{M2}} = 2 * 0,6 * \frac{\pi * 20^2}{4} * \frac{490}{1,25} = 153,8 * 10^3\text{N}$$

$$F_{V,Rd} = 153,8\text{kN} > F_{V,Ed} = 68\text{kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Únosnosť v ohybe

$$M_{Rd} = 1,5W_{el} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,5 * \frac{\pi * 20^3}{32} * \frac{355}{1,0} = 0,418 * 10^6 Nmm = 0,418 kNm$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{V,Ed}}{8} (t + 4b + 2t_1) = \frac{68}{8} (12 + 4 * 1 + 2 * 10) * 10^{-3} = 0,306 kNm$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{0,306}{0,418} = 0,73 < 1,0 \rightarrow VYHOVUJE$$

- Interakcia: ohyb+šmyk

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}}\right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{0,306}{0,418}\right)^2 + \left(\frac{68}{153,8}\right)^2 = 0,73 \leq 1,0 \rightarrow VYHOVUJE$$

- Otláčenie plechu a čapu

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5dtf_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 * 20 * 12 * 235}{1,0} = 84,6 kN$$

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{68}{84,6} = 0,8 < 1 \rightarrow VYHOVUJE$$

Posúdenie čelného svaru:

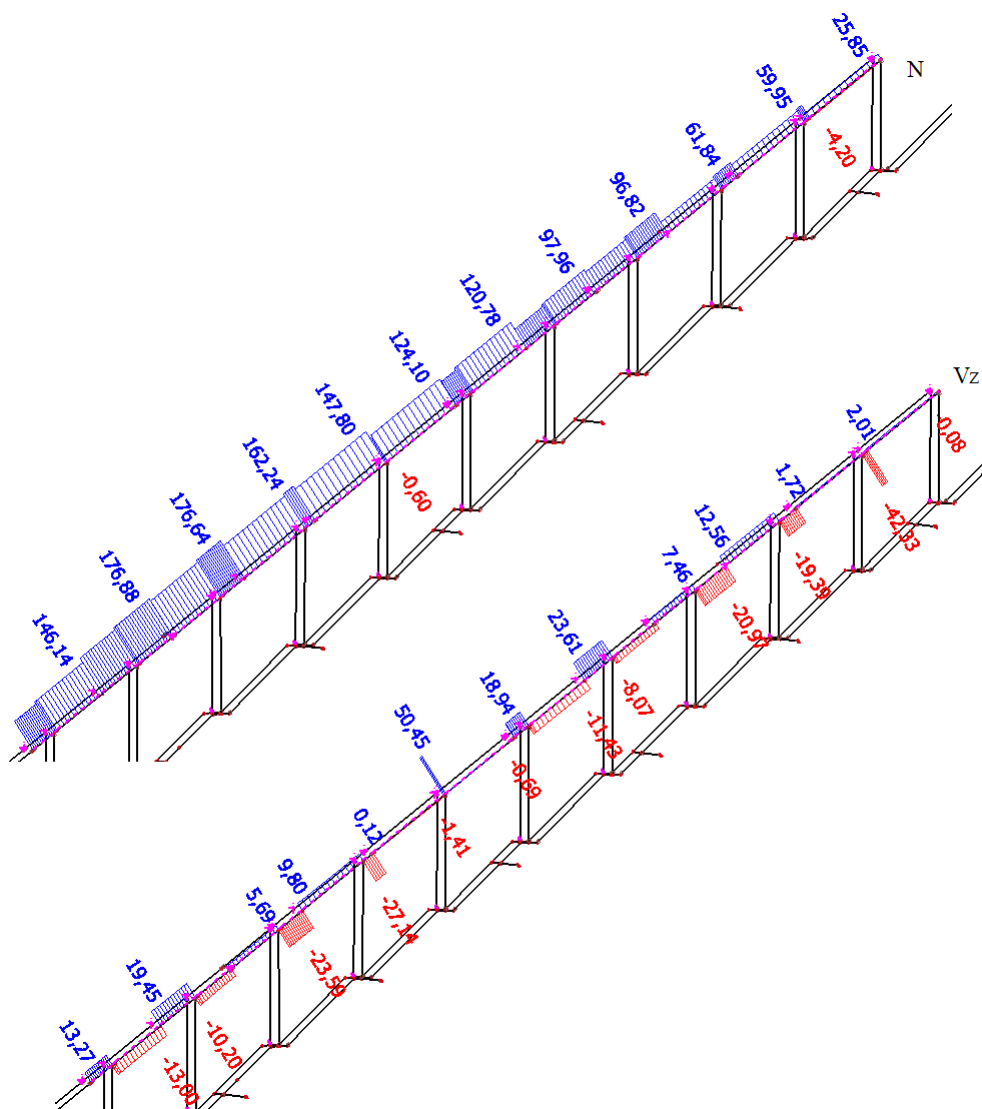
$$\sigma_R = \frac{68 * 10^3}{4 * 90 * 2} = 95 MPa$$

$$\sigma_R \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2} \sqrt{2}}$$

$$\sigma_R = 95 MPa \leq \frac{490}{0,9 * 1,25 * \sqrt{2}} = 308 MPa \rightarrow VYHOVUJE$$

8.3 Pripojenie UPN140 na RHS300/16,0

Vo výkresoch označené ako DET.D2.



Obr. 8.1: N+Vz

Posúdenie zvarov(a=5mm)

Najväčšia osová sila v pozdĺžniku, ktorá musí byť prenesená zvarom činí $N=146\text{kN}$ a na bezpečnej strane ju kombinujeme s max. šmykovou silou $V=51\text{kN}$.

- Momenty od excentricity

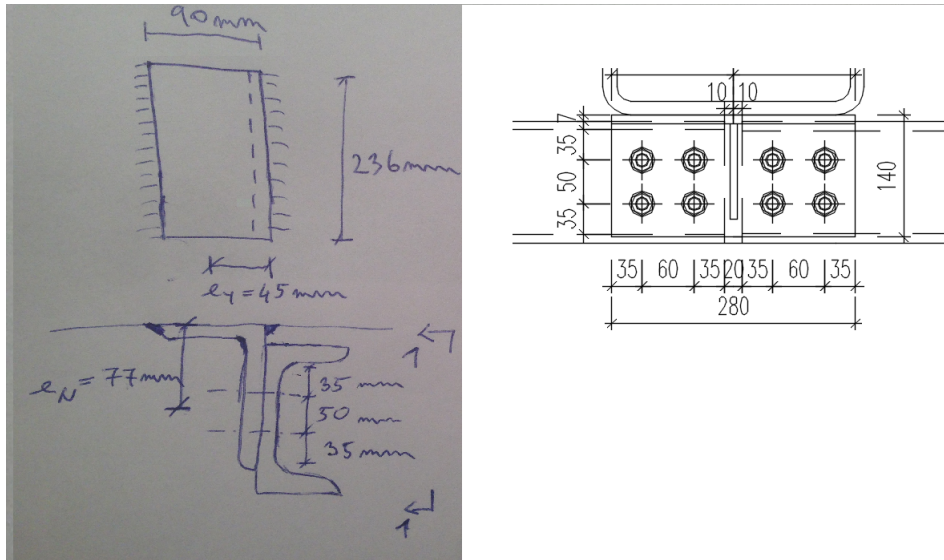
$$M_y = N * e_N = 146 * 0,077 = 11,24\text{kNm}$$

$$M_z = V * e_y = 51 * 0,045 = 2,34\text{kNm}$$

- Momenty zotrvačnosti zvarového obrazca

$$I_y = 0,8763 * 10^{-5}\text{m}^4$$

$$I_z = 417,3 * 10^{-8}\text{m}^4$$



Obr. 8.2: Detail D2

- $\sigma_{\perp}, \tau_{\perp}, \tau_{\parallel}$

– Príspevok od N

$$\tau_{\parallel} = \frac{N}{2l_1a} = \frac{146 \cdot 10^3}{2 \cdot 236 \cdot 5} = 61,9 \text{ MPa}$$

– Príspevok od V

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F}{2al_1 \cdot \sqrt{2}} = \frac{52 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot (236) \cdot \sqrt{2}} = 15,6 \text{ MPa}$$

– Príspevok od M_y

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{M_y}{I_y \sqrt{2}} (l_1 + 2a)/2 = \frac{11,24}{0,8763 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2}} (0,236)/2 = 107,1 \text{ MPa}$$

– Príspevok od M_z

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{M_z}{I_z \sqrt{2}} (l_2 + 2a)/2 = \frac{2,34}{417,3 \cdot 10^{-8} \cdot \sqrt{2}} (0,09 + 2 \cdot 0,005)/2 = 21,8 \text{ MPa}$$

- Posúdenie

$$\sigma_{\perp} = 15,6 + 107,1 + 21,8 = 144,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = 15,6 + 107,1 + 21,8 = 144,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = 61,9 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{144,5^2 + 3(144,5^2 + 61,9^2)} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$308 \text{ MPa} < 435 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Šrouby(M16;8.8)

Šrouby musia preniesť max. osovú silu $N=177\text{kN}$ a šmyk $V=52\text{kN}$.

- Únosnosť jednostrížného šroubu v šmyku

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6A f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 201 * 800}{1,25} = 77,2kN$$

- Únosnosť v otláčení

- α_b

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \left(\frac{35}{3 * 18}; \frac{800}{490}; 1,0\right) = 0,648$$

- k_1

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 * \frac{35}{18} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

- $F_{b,Rd}$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b d t f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 * 0,648 * 16 * 7 * 490}{1,25} = 71,1kN$$

- Posúdenie

Maximálna šmyková sila na 1 šroub = $\sqrt{F^2 + N^2}/4 = 185/4 = 46,3kN$

$$F_{V,Ed} \leq F_{V,Rd}$$

$$46,3kN < 77,2kN \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$F_{V,Ed} \leq F_{b,Rd}$$

$$46,3 < 71,1kN \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

8.4 Posúdenie uloženia konštrukcie

Označenie ako vo výkrese. Geometria vid' výkresovú dokumentáciu.

8.4.1 DET.Z1

Posúdenie patného plechu

Betón: C40/50A; Hĺbka $h_c=1500mm$

- Stanovenie návrhovej pevnosti betónu f_{Rdu}/f_{jd}

$$a_1 = \min(3 * 1930; 1930 + 1500; 3500) = 3430mm$$

$$b_1 = \min(3 * 2200; 2200 + 1500; 3500) = 3500mm$$

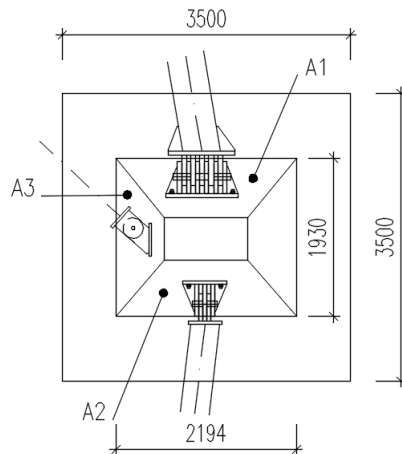
$$A_{c0} = 2,2 * 1,93 = 4,246m^2$$

$$A_{c1} = 3,43 * 3,5 = 12m^2$$

$$f_{Rdu} = f_{cd} \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = 40/1,5 \sqrt{\frac{12}{4,246}} = 44,8MPa \leq 3,0 f_{cd} = 3 * 40/1,5 = 80MPa$$

$$f_{jd} = \beta_j f_{Rdu} = \frac{2}{3} 44,8 = 29,9MPa$$

- Posúdenie jednotlivých patných plechov



Obr. 8.3: DET.Z1

– Plocha A1-t=50mm

$$c = t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} = 0,05 * \sqrt{\frac{355}{3 * 29,9}} = 100mm$$

$$A_{eff} = 0,592m^2$$

$$N_{Rd} = f_{jd}A_{eff} = 29,9 * 0,592 = 17,7MN$$

$$N_{Ed}/N_{Rd} = 13,4/17,7 = 0,76 < 1 \rightarrow OK$$

Prenos vodorovnej sily

$$V_{Ed} = 13373 * \sin(9,74) = 2263kN < V_{Rd} = 0,2 * 13373 = 2674,6kN \rightarrow OK$$

– Plocha A2-t=40mm

$$c = t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} = 0,04 * \sqrt{\frac{355}{3 * 29,9}} = 80mm$$

$$A_{eff} = 0,285m^2$$

$$N_{Rd} = f_{jd}A_{eff} = 29,9 * 0,285 = 8,5MN$$

$$N_{Ed}/N_{Rd} = 3,5/8,5 = 0,42 < 1 \rightarrow OK$$

Prenos vodorovnej sily

$$V_{Ed} = 3500 * \sin(6,9) = 421kN < V_{Rd} = 0,2 * 3500 = 700kN \rightarrow OK$$

– Plocha A3-t=30mm

$$c = t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} = 0,03 * \sqrt{\frac{355}{3 * 29,9}} = 60mm$$

$$A_{eff} = 0,06m^2$$

$$N_{Rd} = f_{jd}A_{eff} = 29,9 * 0,06 = 1,8MN$$

$$N_{Ed}/N_{Rd} = 0,41/1,8 = 0,23 < 1 \rightarrow OK$$

Prenos vodorovnej sily

$$V_{Ed} = 555 * \cos(41,3) * \cos(46,9) = 285kN > V_{Rd} = 0,2 * 410 = 82kN \rightarrow FALSE$$

Je nutné navrhnuť zarážku → **Návrh: HEB220;a=4mm**

Bude prenášať silu: $F = V_{Ed} - V_{Rd} = 285 - 82 = 205kN$

Stanovenie hĺbky zapustenia:

$$h = \frac{F}{b f_{cd}} = \frac{205}{0,2 * 40/1,5} = 39mm \rightarrow Navrh = 70mm$$

$$I_{svar.obrazca} = 5,4437 * 10^{-5} m^4$$

Posúdenie na stojne:

$$\tau_{\parallel} = 205/(2 * 4 * 152) = 167,4MPa$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{0,205 * 0,07}{\sqrt{2} * 5,4437 * 10^{-5}} * 0,152/2 = 14MPa$$

Podmienka plasticity:

$$\sqrt{14^2 + 3 * (167,4^2 + 14^2)} = 291,2MPa < \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435MPa \rightarrow OK$$

Zvar na pásnici nerozhoduje, nebudeme posudzovať.

• **Posúdenie čapu na ploche A1; $N_{Ed} = 13373kN$**

- Navrhujem čap $\phi = 80mm$ z ocele triedy 10.9. Prípojné plechy sú hrúbky 50 a 60mm z ocele S450J0. Čap je navrhnutý s 10 strižnými rovinami.
- Únosnosť v strihu pre 10 strižných rovín

$$F_{V,Rd} = 10 * 0,6A \frac{f_{up}}{\gamma_{M2}} = 10 * 0,6 * 50,26 * 10^{-4} * \frac{1000}{1,25} = 24,1MN > 13,4MN \rightarrow OK$$

- Otláčenie plechu a čapu

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5dt f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 * 0,08 * 0,06 * 410}{1,0} = 2,95MN > 13,373/5 = 2,67MN \rightarrow OK$$

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5dt f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 * 0,08 * 0,05 * 410}{1,0} = 2,46MN > 13,373/6 = 2,23MN \rightarrow OK$$

- Únosnosť v ohybe

$$M_{Rd} = 1,5W_{el} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,5 * \frac{\pi * 0,08^3}{32} * \frac{900 * 10^3}{1,0} = 67,85kNm$$

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed}/5}{8} (t + 4b + 2t_1) = \frac{13373/5}{8} (0,06 + 4 * 0,001 + 0,05 * 2) * 10^{-3} = 54,83kNm$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{54,83}{67,85} = 0,81 < 1,0 \rightarrow OK$$

- Interakcia: ohyb+šmyk

$$\left(\frac{54,83}{67,85}\right)^2 + \left(\frac{13373}{24100}\right)^2 = 0,96 \leq 1,0 \rightarrow OK$$

• **Posúdenie čapu na ploche A2;** $N_{Ed} = 3538kN$

- Navrhujem čap $\phi = 65mm$ z ocele triedy 10.9. Prípojné plechy sú hrúbky 50mm z ocele S450J0. Čap je navrhnutý so 4 strižnými rovinami.
- Únosnosť v strihu pre 4 strižných rovín

$$F_{V,Rd} = 4 * 0,6 * 33,18 * 10^{-4} * \frac{1000}{1,25} = 6,37MN > 3,54MN \rightarrow OK$$

- Otláčenie plechu a čapu

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * 0,065 * 0,05 * 410}{1,0} = 2,0MN > 3,538/2 = 1,77MN \rightarrow OK$$

- Únosnosť v ohybe

$$M_{Rd} = 1,5 * \frac{\pi * 0,065^3}{32} * \frac{900 * 10^3}{1,0} = 36,4kNm$$

$$M_{Ed} = \frac{3538/2}{8} (0,05 + 4 * 0,001 + 0,05 * 2) * 10^{-3} = 27,4kNm$$

$$\frac{27,4}{36,4} = 0,75 < 1,0 \rightarrow OK$$

- Interakcia: ohyb+šmyk

$$\left(\frac{27,4}{36,4}\right)^2 + \left(\frac{3538}{6370}\right)^2 = 0,88 \leq 1,0 \rightarrow OK$$

• **Posúdenie čapu na ploche A3;** $N_{Ed} = 555kN$

- Navrhujem čap $\phi = 40mm$ z ocele triedy 10.9. Prípojné plechy sú hrúbky 30mm z ocele S450J0. Čap je navrhnutý s 2 strižnými rovinami.
- Únosnosť v strihu pre 2 strižných rovín

$$F_{V,Rd} = 2 * 0,6 * 12,56 * 10^{-4} * \frac{1000}{1,25} = 1,2MN > 0,555MN \rightarrow OK$$

- Otláčenie plechu a čapu

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * 0,04 * 0,03 * 410}{1,0} = 738kN > 555kN \rightarrow OK$$

- Únosnosť v ohybe

$$M_{Rd} = 1,5 * \frac{\pi * 0,04^3}{32} * \frac{900 * 10^3}{1,0} = 8,48kNm$$

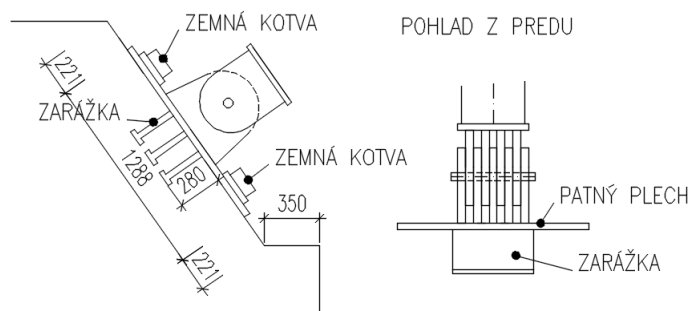
$$M_{Ed} = \frac{555}{8} (0,03 + 4 * 0,001 + 0,03 * 2) * 10^{-3} = 6,52kNm$$

$$\frac{6,52}{8,48} = 0,77 < 1,0 \rightarrow OK$$

- Interakcia: ohyb+šmyk

$$(0,77)^2 + \left(\frac{555}{1200}\right)^2 = 0,81 \leq 1,0 \rightarrow OK$$

Kontrolu geometrie nebudem už uvádzať. Vid' výkresy.



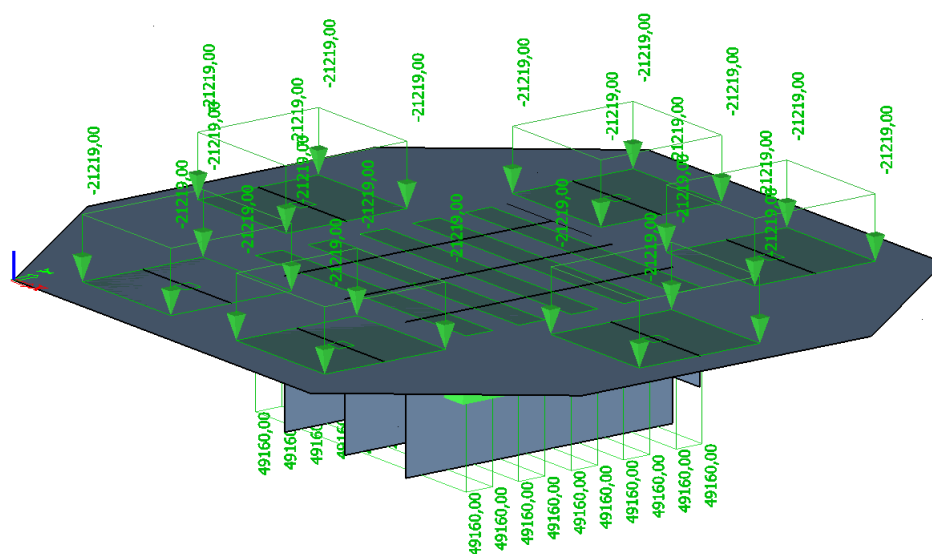
Obr. 8.4: DET.Z2

8.4.2 DET.Z2

Pre bezpečný prenos ťahových síl z ocelového prútu do horninového prostredia navrhujem 6kusov trvalých horninových kotiev VSL-0,6"/12(S1860). Tieto kotvy sú ukotvené priamo do patného plechu a teda návrhová ťahová sila nepôsobí na beton ale priamo na kotvu. Počet kotiev je riadený jednak deformáciami patného plechu, ako aj "zaručenou kotevnou silou v koreni"(nás by skôr zaujímala návrhová únosnosť v koreni a preto by bolo vhodné zjednotiť pojmy). Pre analýzu patného plechu sme zvolili dosko-stenový model, ktorý sme zaťažili voľným plošným zaťažením, čím simulujeme plošný styk plechov. Kolmo na styčnickové plechy sme navrhli T-zarážky, ktoré sú zabetónované v základovom bloku. Vďaka zarážkam nepotrebujeme pri montáži šrouby na stabilizáciu polohy a vďaka kotvám nepotrebujeme šrouby na prenos ťahových síl. Hrúbka plechu je 40mm z ocele S355J2.

Podrobnosti ku kotvám by bolo ideálne riešiť s výrobcom, ktorý najlepšie pozná svoju technológiu. Budú vznikajúť totiž deformácie, ktoré ovplyvnia náklon konštrukcie(napr. preklz kotevného kužela). Avšak tomuto sme sa nevenovali, keďže to nie je predmetom práce.

Posúdenie prípoja

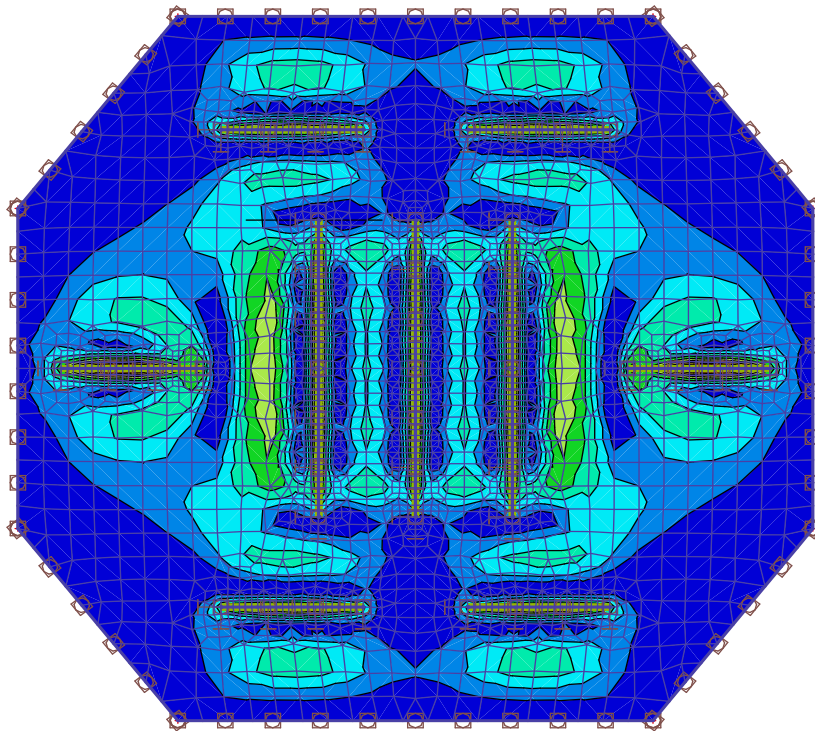
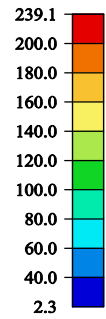


Obr. 8.5: Uvažované zaťaženie v kPa

Zrovnávacie napätia - von Mises

SCIAENGINEER

sigE+ [MPa]

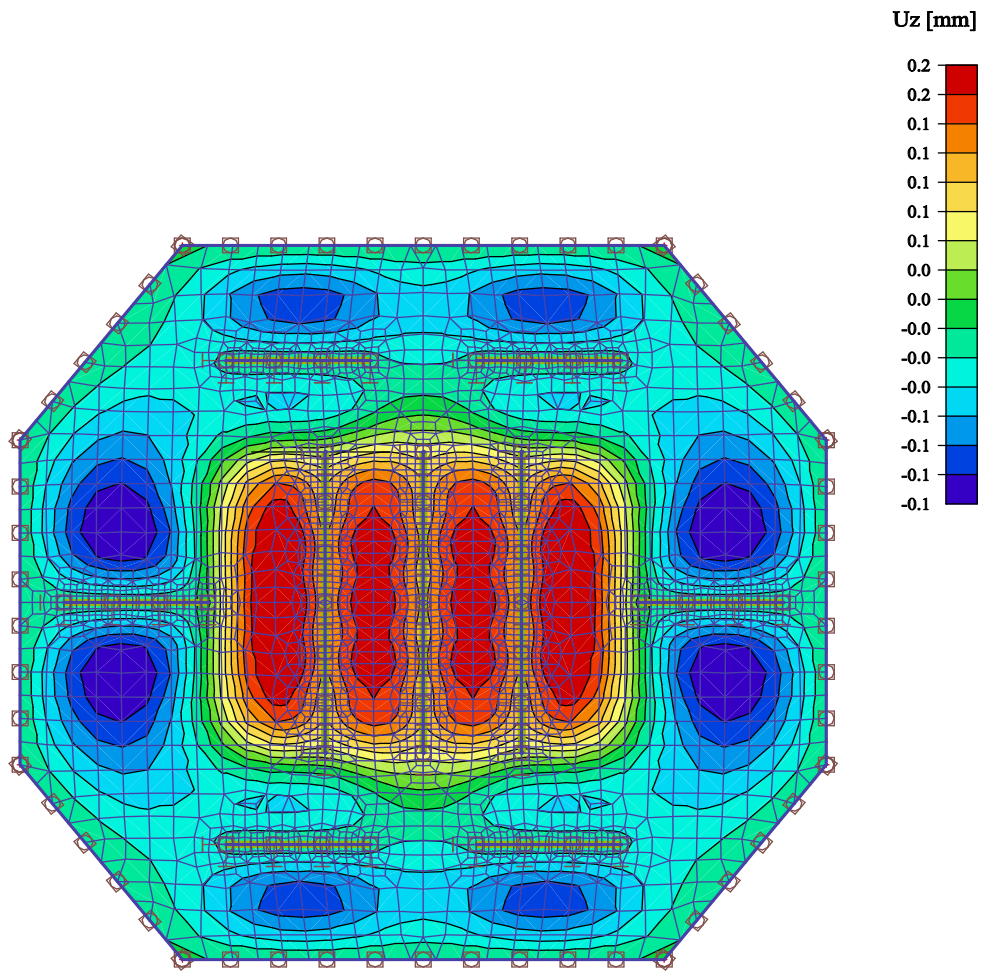


Result : sigE+

Project : -
Printed : 02.09.2018 11:11

Posun kolmo na rovinu plechu

SCIENGINEER



Result : Uz

Project : -
Printed : 02.09.2018 11:23

Posúdenie vytrhnutia kužela betónu zarážkou

Návrhová sila $F=151\text{kN/m}$

- $N_{Rk,c}^0$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 h_{ef}^{1,5} \sqrt{f_{ck}} = 8,9 * 0,25^{1,5} * \sqrt{35} = 6,58\text{MN}$$

- $\psi_{A,N}$

$$A_{c,N}^0 = (3 * 0,25 + 0,354) * 0,51 = 0,56\text{m}^2$$

$$A_{c,N} = 0,18\text{m}^2 \text{ (zjednoduene kolm priemet)}$$

$$\psi_{A,N} = \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} = \frac{0,18}{0,56} = 0,32$$

- $\psi_{S,N} = \psi_{re,N} = 1,0$

- $N_{Rd,c}$

$$N_{Rd,c} = N_{Rk,c}^0 \psi_{A,N} \psi_{S,N} \frac{\psi_{re,N}}{\gamma_{Mc}} = 6,58 * 0,32 * 1,0 * 1,0/1,5 = 1,4\text{MN}$$

→ OK

Posúdenie čapu $N_{Ed} = 6735\text{kN}$

- Navrhujem čap $\phi = 70\text{mm}$ z ocele triedy 10.9. Prípojné plechy sú hrúbky 50mm z ocele S450J0. Čap je navrhnutý s 8 strižnými rovinami.

- Únosnosť v strihu pre 8 strižných rovín

$$F_{V,Rd} = 8 * 0,6 * 38,48 * 10^{-4} * \frac{1000}{1,25} = 14,78\text{MN} > 6,74\text{MN} \rightarrow \text{OK}$$

- Otláčenie plechu a čapu

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * 0,07 * 0,05 * 410}{1,0} = 2,15\text{MN} > 6,735/4 = 1,68\text{MN} \rightarrow \text{OK}$$

- Únosnosť v ohybe

$$M_{Rd} = 1,5 * \frac{\pi * 0,06^3}{32} * \frac{900 * 10^3}{1,0} = 45,46\text{kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{6735/4}{8} (0,05 + 4 * 0,001 + 0,05 * 2) * 10^{-3} = 32,4\text{kNm}$$

$$\frac{32,4}{45,46} = 0,71 < 1,0 \rightarrow \text{OK}$$

- Interakcia: ohyb+šmyk

$$(0,71)^2 + \left(\frac{6735}{14780}\right)^2 = 0,72 \leq 1,0 \rightarrow \text{OK}$$

ZÁVER

V rámci diplomovej práce sme vyhodnotili architektonický návrh, ktorý nespĺňoval nami stanovené kritéria a preto sme sa vydali cestou návrhu vlastnej nosnej konštrukcie. Vykonali sme podrobný rozbor zaťaženia a pomocou výpočetnej techniky vyšetrili priebeh vnútorných síl, napätí a deformácií. Bol vykonaný podrobný návrh vybraných detailov. Na záver práce bola vytvorená projektová dokumentáciu v stupni DRS(dokumentácia pre realizáciu stavby).

ZOZNAM OBRÁZKOV

1.1	Pohľad na pôvodný návrh	1
1.2	3D pohľad	2
1.3	Vyústenie výťahu	2
1.4	Statický model	4
1.5	Znázornenie zmien v pôvodnom návrhu	4
1.6	Základné profily-V.A	5
1.7	Pôvodný verzus finálny tvar	5
1.8	Finálny tvar mostíka	6
2.1	3D model v SCII	7
2.2	Označenie hlavných nosníkov	8
2.3	Názvy prvkov jednotlivých nosníkov	9
2.4	Označenie a názvy prvkov stuženia	15
2.5	Statický model-ukážka	16
2.6	Označenie a názvy prvkov horných priečnikov	20
2.7	Statický model-ukážka	21
2.8	Pohľad na dolné a horné schodisko	24
2.9	Statický model - dolné schodisko	25
2.10	Statický model - horné schodisko	26
2.11	Horné plošiny	29
2.12	Celková konštrukcia + HP1	30
2.13	HP2 + HP3	31
2.14	Umiestnenie dráhy výťahu	36
2.15	Model uloženia konštrukcie	37
3.1	Mapa zaťaženia - trapéz	39
3.2	Mapa zaťaženia - pororošt	40
3.3	Mapa zaťaženia - technologie	41
3.4	Kategórie a parametre terénu	42
3.5	Referenčná výška	43
3.6	Interné uzlové body	45
3.7	Hodnoty konštrukčného tlmenia	45
3.8	Aproximácia ekvivalentnej hmotnosti	46
3.9	Súčiniteľ $c_{f,0}$ pre pravouhlé prierezy	46
3.10	Súčiniteľ ψ_r	47
3.11	Stanovenie pomernej plnosti	47
3.12	Súčiniteľ účinku koncov	48
3.13	Stanovenie $c_{f,0}$	48
3.14	Ekvivalentná drsnosť povrchu k	49
3.15	Ukážka otvorených prierezov	49

3.16	Súčinitele tlaku $c_{p,net}$	49
3.17	Rozloženie zaťaženia	50
3.18	Súčiniteľ závetria ψ_s	50
3.19	Strouhalovo číslo	51
3.20	Kombinácia skupín hmôt	52
3.21	Vlastné frekvencie	59
3.22	1. vlastný tvar	59
3.23	2. vlastný tvar	60
3.24	3. vlastný tvar	60
3.25	Zaťaženie vetrom x	61
3.26	Súčiniteľ expozície	66
3.27	Zaťaženie snehom	67
3.28	Detail - zjazdová plošina(horné priečniky)	67
3.29	Detail - horná plošina HP3	68
3.30	Typ konštrukcie	68
3.31	Rozsah teplôt	70
3.32	Ekvivalentné zložky teplotného spádu	71
3.33	Súčiniteľ k_{sur}	71
3.34	Zaťaženie od $T_{N,neg}$	72
3.35	Zaťaženie od $T_{N,pos}$	72
3.36	Zaťaženie od $T_{M,heat}$	73
3.37	Zaťaženie od $T_{M,cool}$	73
3.38	Rozloženie síl bez vplyvu vetra	74
3.39	Rozloženie síl vplyvom vetra	75
3.40	Vyobrazenie zaťaženia v SCII	75
5.1	1. vlastný tvar vybočenia - vybočuje B481	92
5.2	Náhradné vodorovné sily	94
5.3	Zaťažovací stav - imperfekcie	94
5.4	Osové sily - lineárny výpočet	95
6.1	B455-Obálka VS	98
6.2	B403-NK 6.10.b/vietor/x/neg	100
6.3	B416-NK 6.10.b/vietor/x/neg	103
6.4	B426-Obálka VS	106
6.5	B481-NK 6.10.b/vietor/x/neg	107
6.6	B401-Obálka VS	110
6.7	B916-NK 6.10.b/vietor/y/pos	112
6.8	Lokalizácia rozhodujúcich prvkov	117
6.9	B149-NK 6.10.b/vietor/x/heat	121
6.10	B149 - kritický moment podľa EC3-1-1 NB.3.1	122
6.11	B791-NK 6.10.b/sneh/vietor/x/neg	125
6.12	B791-NK 6.10.b/pos/vietor/x	129
6.13	B543 - kritický moment podľa EC3-1-1 NB.3.2	131
6.14	B550-NK 6.10.b/sneh/vietor/y/heat	132
6.15	B550 - kritický moment podľa EC3-1-1 NB.3.2	134
6.16	B791-NK 6.10.b/vietor/x/pos	142
6.17	B810-NK 6.10.b/pos/vietor/x/neg	144
6.18	B810 - kritický moment podľa EC3-1-1 NB.3.2	145
6.19	B810-NK 6.10.b/pos/vietor/x/neg	149
6.20	B271 - kritický moment podľa EC3-1-1 NB.3.2	150
8.1	N+Vz	169

8.2	Detail D2	170
8.3	DET.Z1	172
8.4	DET.Z2	175
8.5	Uvažované zaťaženie v kPa	175

LITERATÚRA

- [1] Studnička J., Medřický V.: *Ocelové a dřevěné konstrukce 10*, ČVUT, Praha 2001, ISBN 80-01-01891-1
- [2] Sokol Z., Wald.F.: *Ocelové konstrukce-tabulky*, ČVUT, Praha 2013, ISBN 978-80-01-04655-5
- [3] STN EN 1991-1-1: *Eurokód 1:Zařazení konstrukcí-Část 1-1: Všeobecné zařazení-Objemová tíž, vlastní tíž a užitkové zařazení budov*
- [4] STN EN 1991-1-3: *Eurokód 1:Zařazení konstrukcí-Část 1-3: Všeobecné zařazení-zařazení sněhem*
- [5] STN EN 1991-1-4: *Eurokód 1:Zařazení konstrukcí-Část 1-4: Všeobecné zařazení-zařazení větrom*
- [6] STN EN 1991-1-5: *Eurokód 1:Zařazení konstrukcí-Část 1-5: Všeobecné zařazení-zařazení účinky teploty*
- [7] STN EN 1990: *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*
- [8] STN EN 1993-1-1: *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí-Část 1-1: Všeobecné pravidla a pravidla pro budovy*
- [9] STN EN 1993-1-8: *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí-Část 1-8: Navrhování styčnic*
- [10] Jeffrey A. Packer., Jaap Wardenier, Xiao-Ling Zhao, Addie van der Vegte und Joshiaki Kurobane: *Anschlüsse mit rechteckigen Hohlprofilen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung*, CIDECT 2009, ISBN 978-3-938817-08-7
- [11] J. Wardenier: *Hollow sections in Structural Applications*, CIDECT 2001, ISBN 0-471-49912-9