



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Podpůrná konstrukce zásobníku s technologickým mostem

Supporting structure of a silo and its technology

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Štěpán Rýdl

Studijní program: Stavební inženýrství

Specializace: Pozemní stavby

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Praha, 2024

Seznam dokumentů:

- Část I: Textová část
- Část II: Statický výpočet
- Část III: Výkresová dokumentace
- Příloha 1: Zadání do SCIA Engineer 24
- Příloha 2: Výstupy z LTBeamN 1.0.3



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Podpůrná konstrukce zásobníku s technologickým mostem

Supporting structure of a silo and its technology

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
ČÁST I: TEXTOVÁ ČÁST

Štěpán Rýdl

Studijní program: Stavební inženýrství
Specializace: Pozemní stavby

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Praha, 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Rýdl** Jméno: **Štěpán** Osobní číslo: **502058**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Specializace: **Pozemní stavby**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Podpůrná konstrukce zásobníku s technologickým mostem

Název bakalářské práce anglicky:

Supporting structure of a silo and its technology

Pokyny pro vypracování:

Návrh nosné ocelové technologické konstrukce. Návrh vybraných detailů konstrukce. Výkresová dokumentace konstrukce (dispoziční, navržené detaily). Technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Návrh konstrukce bude proveden dle evropských norem. Tj. zejména využití částí ČSN EN 1991 a ČSN EN 1993.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D. katedra ocelových a dřevěných konstrukcí FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **21.02.2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Podpůrná konstrukce zásobníku s technologickým mostem“ zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

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

V Praze dne 08.05.2024

.....
Štěpán Rýdl

Poděkování

Děkuji panu profesorovi Michalu Janderovi za jeho odborné vedení a užitečné rady při zpracování bakalářské práce a také za jeho trpělivost a ochotu.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce byl komplexní návrh podpůrné konstrukce pro technologickou konstrukci ocelového zásobníku. Nejprve byly navrženy sloupy, dále ztužidla, následně byly navrženy vodorovné prvky včetně konstrukce potrubní lávky a na závěr bylo navrženo kotvení a vybrané spoje. Statický výpočet byl proveden podle příslušných norem. Pro výpočet vnitřních sil konstrukce byl použit model z programu SCIA Engineer 24. Ke statickému výpočtu byla vyhotovena výkresová dokumentace a technická zpráva.

Klíčová slova:

Ocelová konstrukce, podpůrná konstrukce, statický výpočet, sloup, ztužidla, kluzné uložení, tuhý přípoj, montážní spoj, kotvení.

Abstract

The aim of this Bachelor thesis was a complex design of a load-bearing technological steel structure supporting a silo and its technology. Firstly, the columns were designed, then the bracing, then the horizontal elements, including the construction of a pipe bridge and finally, anchorage and selected connections were designed. The structural design was carried out according to the relevant standards. An FE model in software SCIA Engineer 24 was used to calculate the internal forces of the structure.

Key words:

Steel structure, supporting structure, structural design, column, bracing, sliding connection, rigid connection, assembly connection, anchorage.

Obsah technické zprávy

1.	Identifikační údaje	8
1.1.	Údaje o stavbě	8
2.	Popis nosné konstrukce	8
3.	Údaje o zatížení	8
4.	Použité materiály.....	9
5.	Výroba ocelové konstrukce	9
6.	Montáž ocelové konstrukce	9
7.	Ochrana proti korozi	9
8.	Ochrana proti požáru	9
9.	Použité normy	10
9.1.	Klimatická data	10
9.2.	Normy.....	10
10.	Použitý software	10

Technická zpráva

1. Identifikační údaje

1.1. Údaje o stavbě

a) Název: Podpůrná konstrukce zásobníku s technologickým mostem

2. Popis nosné konstrukce

Jedná se o podpůrnou konstrukci chladiče zeleného louhu. Konstrukce je řešena jako pětídřík výšky 14,5 m v místě uložení technologické konstrukce. Podpora je doplněna o potrubní lávku, která napojuje potrubí a kabely z technologické konstrukce na stávající potrubní most. Konstrukce potrubí lávky je kluzně uložena na potrubní most, aby do potrubního mostu přenášela pouze svislé zatížení a veškeré vodorovné zatížení bylo přenášeno pouze ztužidly podpůrné konstrukce.

Svislé zatížení je přes vodorovné nosníky z profilů IPE přenášeno do sloupů z kruhových trubek. Vodorovné zatížení je přenášeno pomocí trubkových ztužidel. Ztužení je navrženo ve všech rovinách modulových os.

Kotvení je navrženo z předem zabetonovaných závitových tyčí se smykovou zarážkou. Závitové tyče jsou průměru 16 mm, kotevní hloubka je 300 mm. Smyková zarážka je provedena z kruhových trubek a hloubka smykové zarážky je 50 mm. Sloupy v ose 1 jsou kotveny v úrovni +0,870 m, sloupy v ose 2 jsou kotveny v úrovni ±0,000 m. Technologická konstrukce zásobníku bude na podpůrnou konstrukci připojena pomocí šroubů M20. Na podpůrné konstrukci budou připraveny otvory pro provedení přípoje.

3. Údaje o zatížení

Pro návrh objektu byly použity následující zatěžovací stavy:

- ZS1 – Vlastní tíha (automaticky generováno softwarem)
- ZS2 – Ostatní stálé zatížení (plný zásobník)
 - Ostatní stálé zatížení od technologické konstrukce vstupuje do zatěžovacích bodů S.1-S.6
 - V této kombinaci je uvažován plný zásobník pro maximální tlakové síly
- ZS3 – Ostatní stálé (prázdný zásobník)
 - V této kombinaci je uvažován prázdný zásobník pro maximální tahové síly v kombinaci se zatížením od větru (odlehčení konstrukce)
- ZS4 – Užité zatížení
 - Užité zatížení od plošin technologické konstrukce vstupuje do zatěžovacích bodů S.1-S.6
 - Dále je v rámci užitého zatížení uvažováno zatížení od potrubí na potrubní lávce, jako užité je uvažováno pro případy, kdy nebude na konstrukci instalováno (například opravy nebo údržba)
- ZS5 – Zatížení sněhem
 - Konstrukce se nachází ve sněhové oblasti I → $s_k = 0,7$ kN/m
 - Zatížení sněhem technologické konstrukce vstupuje do podpůrné konstrukce přes zatěžovací body S.1-S.6
 - Hodnoty zatížení budou ověřeny ve statickém výpočtu
 - Zatížení od potrubí na potrubní lávce bude dopočteno ve statickém výpočtu

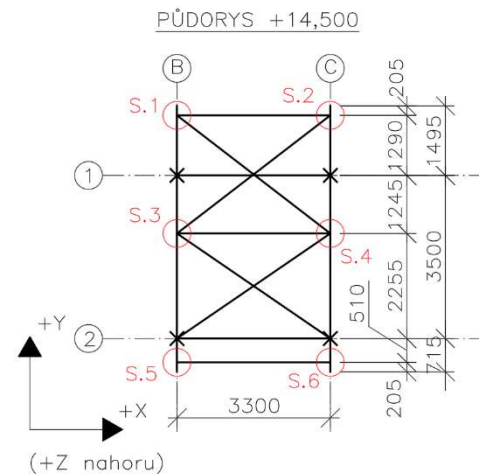


Schéma zatěžovacích bodů

- ZS6-ZS9 – Vítr $\pm X$, $\pm Y$
 - Konstrukce se nachází ve větrné oblasti I $\rightarrow v_{b,0} = 22,5$ m/s
 - Kategorie terénu II
 - Zatížení větrem na technologickou konstrukci vstupuje do zatěžovacích bodů S.1-S.6
 - Zatížení na jednotlivé pruty neopláštěné podpůrné konstrukce bude dopočteno ve statickém výpočtu

4. Použité materiály

- Ocel S235JR
- Šrouby 8.8
- Závitové tyče pro kotvení 8.8
- Beton základu C30/37

5. Výroba ocelové konstrukce

Konstrukce bude provedena dle třídy provedení EXC2 dle ČSN EN 1993-1-1.

6. Montáž ocelové konstrukce

Kotevní šrouby o průměru 16 mm budou předem zabetonovány. V úrovni kotevní hloubky budou pomocí šroubů spojeny s kotevním plechem. Ke kotvení budou zhotoveny montážní podložky a šablony pro zaměření polohy kotvení. Šrouby budou spojeny šablonou, což zajistí vyšší přesnost vytyčování. V čelní desce sloupu budou zhotoveny otvory o průměru 35 mm pro snadné nasazení sloupů. Uvažovaná tolerance pro kotvení je ± 9 mm.

Montáž ocelové konstrukce bude provedena pomocí mobilního jeřábu. Nejprve se ukotví sloupy, poté se zhotoví ztužení po úroveň spoje montážního sloupu. Následně se připojí přes přírubový spoj druhá úroveň sloupů a jejich ztužení. Na sloupy se připojí vodorovné nosníky a potrubní látka s jejím ztužením. Po dokončení podpůrné konstrukce může být uložena technologická konstrukce.

7. Ochrana proti korozi

Nátěrový systém bude odpovídat standardům užívaným v areálu investora.

Stupeň korozní agresivity: C4

Předpokládaná životnost konstrukce: Velmi vysoká (VH) $\rightarrow > 25$ let

Příprava povrchu: Sa 21/2 – Otryskávání – odstranění okují, rzi, nátěrů a cizích látek

Po otryskání povrchu bude nanášena jedna vrstva primárního nátěru o tloušťce 80 μm , poté střední vrstva o tloušťce 80 μm a nakonec dvě povrchové (krycí) vrstvy o tloušťce 2x80 μm . Celková tloušťka nátěru činí 320 μm .

8. Ochrana proti požáru

Není požadována.

9. Použité normy

9.1. Klimatická data

Mapa sněhových oblastí – příloha ČSN EN 1991-1-3 (normové zatížení sněhem)
Mapa větrových oblastí na území ČR – ČSN EN 1991-1-4 (normové zatížení větrem)

9.2. Normy

ČSN EN 1991-1-3: Obecná zatížení - zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4: Obecná zatížení - zatížení větrem
ČSN EN 1993-1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
ČSN EN 1993-1-8: Navrhování styčníků
ČSN EN 1993-3-1: Stožáry a komíny - stožáry

10. Použitý software

Autodesk AutoCAD 2024
Autodesk Advance Steel 2024
Scia Engineer 24
LTBeamN 1.0.3
PTC Mathcad Prime 9.0.0.0
Microsoft Word
Microsoft Excel



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Podpůrná konstrukce zásobníku s technologickým mostem

Supporting structure of a silo and its technology

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
ČÁST II: STATICKÝ VÝPOČET**

Štěpán Rýdl

Studijní program: Stavební inženýrství

Specializace: Pozemní stavby

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Praha, 2024

Obsah

1. Seznam použitých znaků.....	3
2. Úvod.....	6
3. Zadání.....	7
4. Rozbor zatížení	14
5. Posouzení sloupů.....	24
5.1. Varianta 1 – Sloupy HEA	24
5.2. Varianta 2 – Trubkové sloupy.....	33
5.3. Porovnání variant sloupů	39
6. Posouzení ztužidel	40
6.1. Posudek ztužidla D1	43
6.2. Tlačené pruty	44
6.3. Tažené pruty.....	45
7. Posouzení vodorovných nosníků	46
7.1. Posudek nosníků PO1, PO2	46
7.2. Posudek nosníku PR1.....	48
7.3. Posudek nosníků PR2, PR3.....	49
8. Posouzení potrubní lávky	53
8.1. Posudek nosníku LV3	54
8.2. Posudek nosníku LV5	58
8.3. Posudek nosníků LV8, LV9.....	62
8.4. Posudek sloupku LS4	64
8.5. Posudek ztužidel LZ1-LZ7	68
9. Návrh kotvení	70
9.1. Kotvení K1	70
9.2. Kotvení K2	77
10. Návrh vybraných přípojů.....	82
10.1. Přípoj nejzatíženější diagonály.....	82
10.2. Montážní přípoj sloupu.....	84
10.3. Kluzné uložení potrubní lávky	92
10.4. Momentový přípoj příčných nosníků.....	95
10.5. Uložení vodorovných nosníků na sloupy	99
11. Seznam příloh	107

1. SEZNAM POUŽITÝCH ZNAKŮ

Uvedeno v pořadí, ve kterém se vyskytují v tomto výpočtu

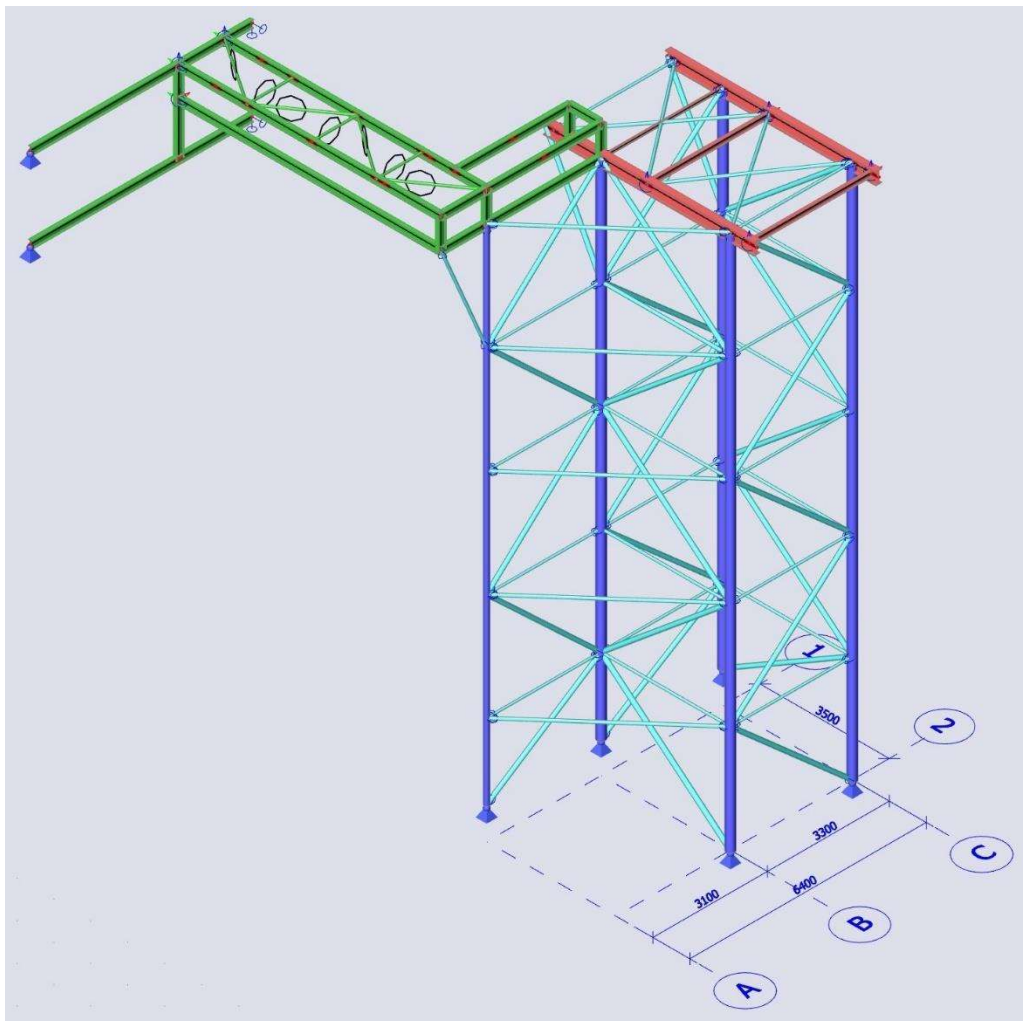
F	Bodová síla
f	Liniová síla
S_k	Charakteristická hodnota zatížení sněhem
μ_i	Tvarový součinitel zatížení sněhem
C_e	Součinitel expozice
C_t	Tepelný součinitel
s	Plošné zatížení sněhem
b	Šířka pásnice nosníku
$v_{b,0}$	Výchozí základní rychlost větru
C_{dir}	Součinitel směru větru
C_{season}	Součinitel ročního období
V_b	Základní rychlost větru
ρ	Měrná hmotnost
q_b	Základní dynamický tlak větru
$q_{p,max}$	Maximální dynamický tlak větru
v_p	Maximální rychlost větru
A	Plocha
ϕ	Součinitel plnosti
$C_{f,0}$	Součinitel síly bez vlivu koncového efektu
C_f	Součinitel síly
ν	Kinematická viskozita
Re	Reynoldsovo číslo
k	Ekvivalentní drsnost
ψ_λ	Součinitel koncového efektu
h_{kce}	Výška konstrukce
α_h	Redukční součinitel
m	Počet sloupů v řadě
α_m	Redukční součinitel pro počet sloupů v řadě
Φ	Celkové počáteční naklonění konstrukce
ψ_0	Kombinační součinitel pro užité zatížení
γ_G	Součinitel stálého zatížení
γ_Q	Součinitel proměnného zatížení
h	Výška průřezu
t_w	Tloušťka stojiny průřezu
t_f	Tloušťka pásnice průřezu
r	Poloměr válcování průřezu
d	Výška stojiny průřezu
I_y	Moment setrvačnosti kolem osy y
I_z	Moment setrvačnosti kolem osy z
W_{pl}	Plastický průřezový modul
i_y	Poloměr setrvačnosti kolem osy y
i_z	Poloměr setrvačnosti kolem osy z
A_v	Smyková plocha průřezu
N_{Ed}	Návrhová hodnota tlakové/tahové síly
M_{Ed}	Návrhová hodnota ohybového momentu
h_{sl}	Výška sloupu
σ_{lim}	Maximální povolená deformace
σ	Deformace
χ	Výška tlačené oblasti stojiny
L_{cr}	Vzpěrná délka
λ	Štíhlost prutu
λ_{rel}	Poměrná štíhlost prutu
X	Součinitel vzpěrnosti
M_{cr}	Kritický ohybový moment
$\lambda_{rel,LT}$	Poměrná štíhlost prutu při kroucení

α_{LT}	Součinitel imperfekce při klopení
β	Opravný součinitel pro křivky klopení válcovaných průřezů
Φ_{LT}	Hodnota pro výpočet součinitele klopení
X_{LT}	Součinitel klopení
ψ	Poměr koncových momentů na posuzovaném úseku
C_{my}	Součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{mz}	Součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{mLT}	Součinitel ekvivalentního konstantního momentu
N_{Rk}	Charakteristická hodnota únosnosti v tlaku
M_{Rk}	Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu
k_{yy}	Interakční součinitel
k_{zy}	Interakční součinitel
k_{yz}	Interakční součinitel
k_{zz}	Interakční součinitel
V_{Ed}	Návrhová hodnota posouvající síly
$V_{pl,Rd}$	Návrhová plastická únosnost ve smyku
L	Délka prutu
ρ	Redukovaná smyková plocha
M_{Rd}	Návrhová únosnost v ohybu
N_{Ed}	Návrhová únosnost v tlaku/tahu
R_x	Vodorovná reakce ve směru osy x
R_y	Vodorovná reakce ve směru osy y
R_z	Svislá reakce
R_{max}	Výslednice vodorovných reakcí
a	Šířka patního plechu
b	Délka patního plechu
t_p	Tloušťka plechu
f_{ck}	Charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	Návrhová pevnost betonu v tlaku
γ_c	Součinitel bezpečnosti pro beton
h_{ef}	Kotevní hloubka
H_z	Výška základu
c	Přesah desky
A_{eff}	Účinná plocha
f_u	Mez pevnosti oceli
f_{ub}	Mez pevnosti šroubů
A_s	Smyková plocha šroubu
n	Počet šroubů
e_i, p_i	Rozteče šroubů
$F_{v,Rd}$	Únosnost šroubů ve stříhu
$F_{b,Rd}$	Únosnost šroubů v otláčení
F_t	Únosnost šroubů v tahu
a_w	Účinná tloušťka svaru
L_w	Délka svaru
σ_{kolmo}	Normálové napětí kolmé na účinnou tloušťku svaru
T_{kolmo}	Smykové napětí kolmé na osu svaru
T_{rovn}	Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru
h_{sz}	Hloubka smykové zarážky
k_1	Součinitel únosnosti betonového kužele pro jednu kotvu
$A_{c,N}$	Skutečná plocha betonového kužele
$A_{c,N,0}$	Referenční plocha betonového kužele
c_{okr}	Skutečná vzdálenost od okraje základu
$c_{okr,cr}$	Mezní vzdálenost od okraje základu
ψ_A	Součinitel vlivu vzdálenosti od okraje a rozteče
ψ_s	Součinitel vlivu okrajů betonového bloku
ψ_{re}	Součinitel vlivu rozmístění výztuže v betonovém bloku
b_{pod}	Tloušťka podlití
d_m	Průměr šroubu

A_{nt} Oslabená plocha namáhaná tahem
 A_{nv} Oslabená plocha namáhaná smykem
 $W_{w,pl}$ Plastický průřezový model svaru
 l_{eff} Efektivní šířka

2. ÚVOD

V tomto statickém výpočtu je navržena a posouzena podpůrná konstrukce ocelového zásobníku. Konstrukce je doplněna o potrubní lávku, která napojí potrubí a další technologie zásobníku na stávající potrubní most. Nejprve jsou posouzeny všechny pruty konstrukce, poté jsou navrženy vybrané detaily včetně kotvení.



3. ZADÁNÍ

Pětídřík vysoký 14,5 m podepírající technologickou konstrukci v 6 bodech s potrubní lávkou vedoucí ke stávajícímu potrubnímu mostu.

Zatížení od technologické konstrukce

Zatížení do podpůrné konstrukce vstupuje v 6 zatěžovacích bodech - S.1-S.6. (označení zatěžovacích bodů viz schéma konstrukce - půdorys +14,500)

ZS2 - Ostatní stálé zatížení (plný zásobník)

Vlastní tíha technologické konstrukce a plného zásobníku

	F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]
S.1	2	0	-69
S.2	-2	0	-73
S.3	0	-1	-87
S.4	1	0	-145
S.5	-1	-1	-54
S.6	0	1	-56

-tabulka 1.1

ZS3 - Ostatní stálé zatížení (prázdný zásobník)

Vlastní tíha technologické konstrukce a prázdného zásobníku

	F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]
S.1	0	0	-20
S.2	0	0	-19
S.3	0	-1	-44
S.4	0	0	-61
S.5	0	0	-34
S.6	0	0	-41

-tabulka 1.2

ZS4 - Užité zatížení

Užitečné zatížení od technologické plošiny u zásobníku

	F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]
S.1	1	2	-21
S.2	-1	1	-5
S.3	1	-2	-49
S.4	-1	-1	-31
S.5	0	0	-27
S.6	0	0	-22

-tabulka 1.3

ZS5 - Sníh

Sníh na technologické plošině a zásobníku

	F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]
S.1	0	0	-1,5
S.2	0	0	-1,5
S.3	0	0	-2,5
S.4	0	0	-3,5
S.5	0	0	-2,5
S.6	0	0	-1,5

-tabulka 1.4

ZS6 - Vitr +X

Směr os viz schéma konstrukce (Půdorys +14,500)

	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
S.1	2	0	9
S.2	8	0	-9
S.3	2	0	48
S.4	27	0	-48
S.5	25	1	50
S.6	0	-1	-50

-tabulka 1.5

ZS7 - Vitr -X

	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
S.1	0	0	-9
S.2	-10	0	9
S.3	0	0	-48
S.4	-29	0	48
S.5	-23	-1	-50
S.6	-2	1	50

-tabulka 1.6

ZS8 - Vitr +Y

	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
S.1	0	-1	0
S.2	0	0	0
S.3	0	-1	-57
S.4	1	0	-64
S.5	-1	29	57
S.6	0	28	64

-tabulka 1.7

ZS9 - Vitr -Y

	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
S.1	0	0	0
S.2	0	-2	0
S.3	0	0	57
S.4	-1	0	64
S.5	1	-27	-57
S.6	0	-26	-64

-tabulka 1.8

ZS10 - Potrubí

Uloženo na rámy, umístění ráků viz schéma konstrukce (Půdorys +15,300).

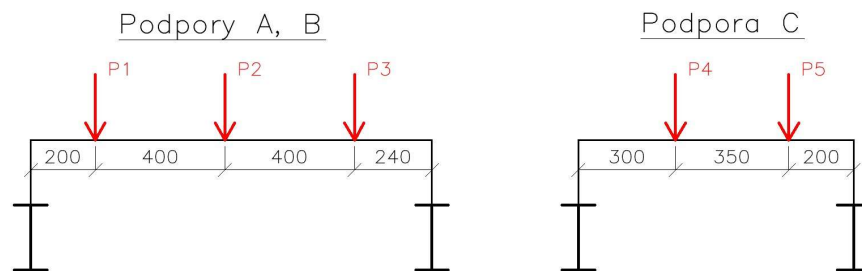
Svislé síly jsou síly od vlastní tíhy potrubí a jeho obsahu, vodorovné síly jsou od dynamických účinků proudění a zatížení teplotou.

Podpora	P1x	P1y	P1z	P2x	P2y	P2z	P3x	P3y	P3z
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
A	1,5	-1	-6	0	0	-6	1,5	-1	-5
B	1,5	-1	-5	0	0	-5	1,5	-1	-4

-tabulka 1.9

Podpora	P4x	P4y	P4z	P5x	P5y	P5z
	kN	kN	kN	kN	kN	kN
C	0	1,5	-4	0	0	-4

-tabulka 1.10



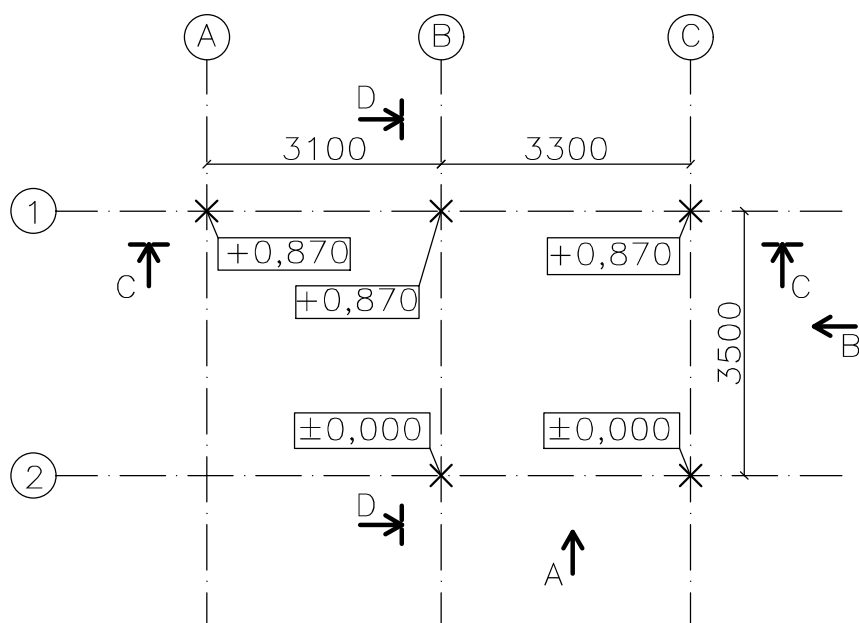
ZS11 - Kabelové lávky

Zavěšené kabely pod potrubní lávkou

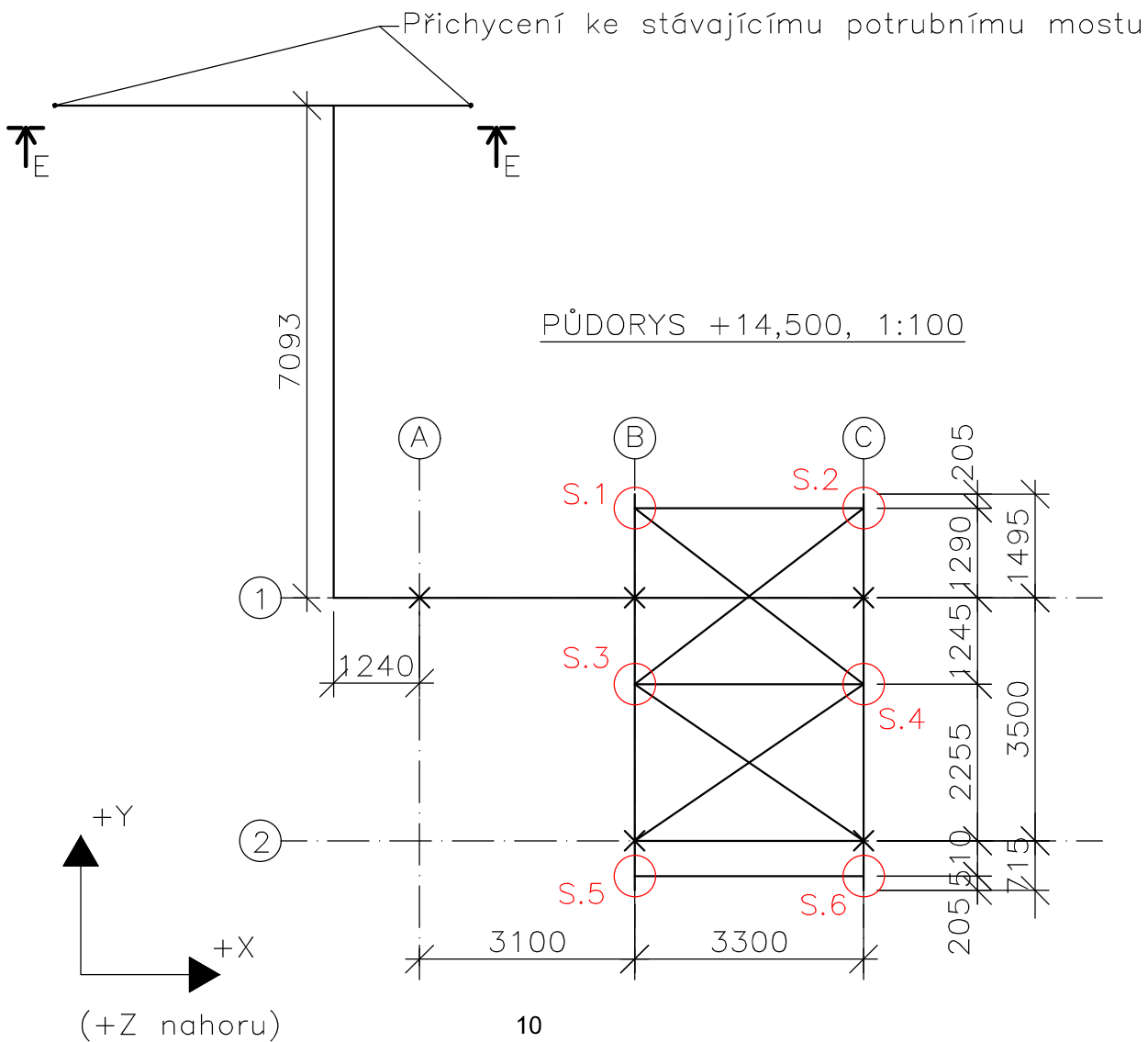
$$f_{k.kabel} := 0.5 \frac{kN}{m}$$

Schéma konstrukce

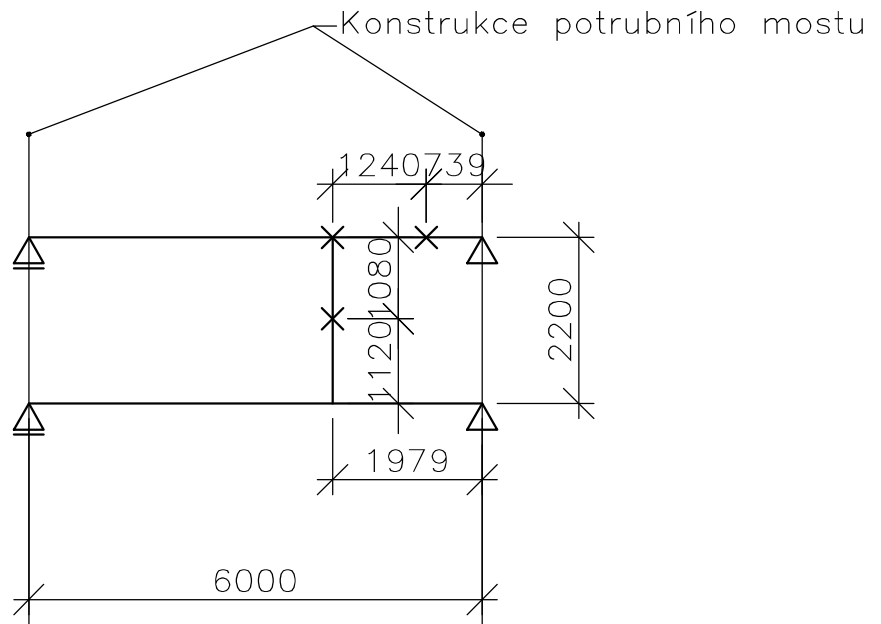
PŮDORYS ±0,000, 1:100



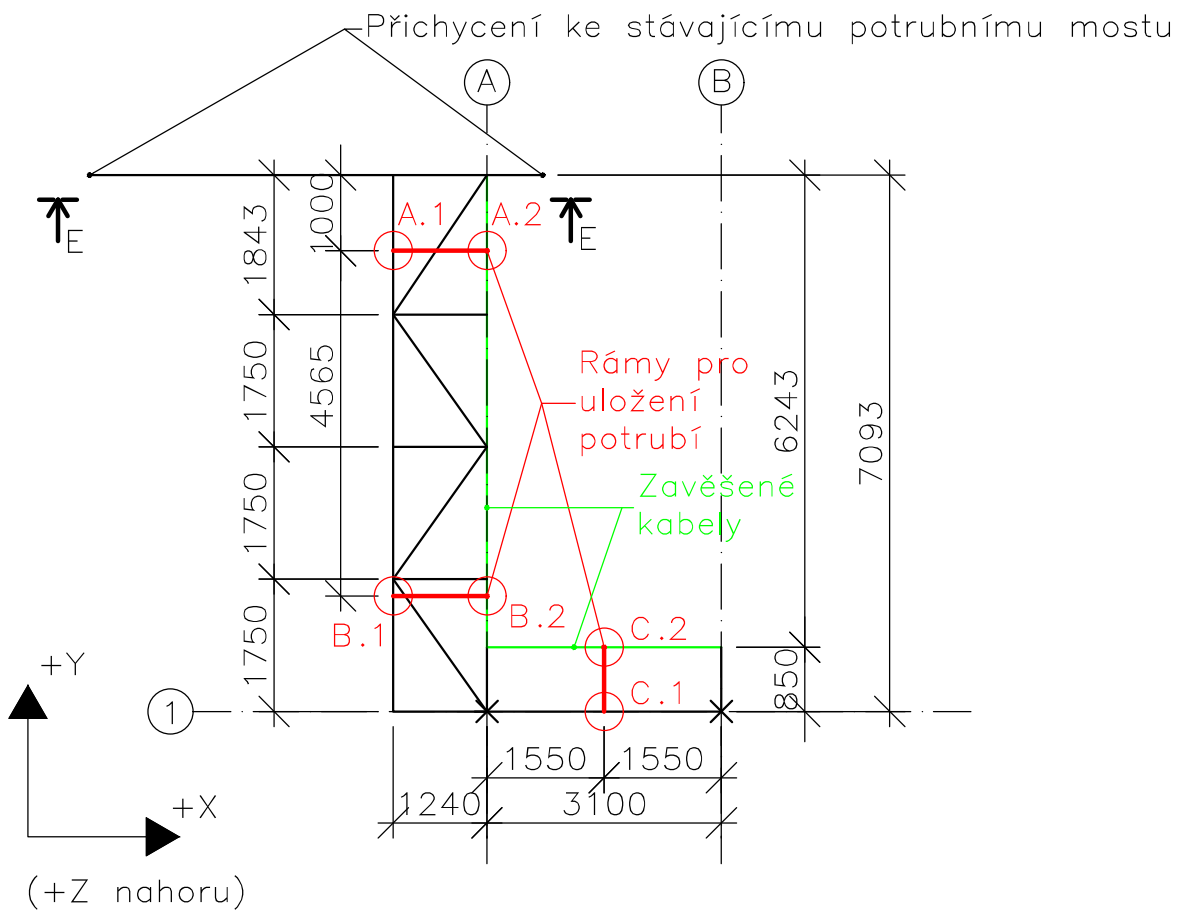
Přichycení ke stávajícímu potrubnímu mostu



ŘEZ E-E, 1:100

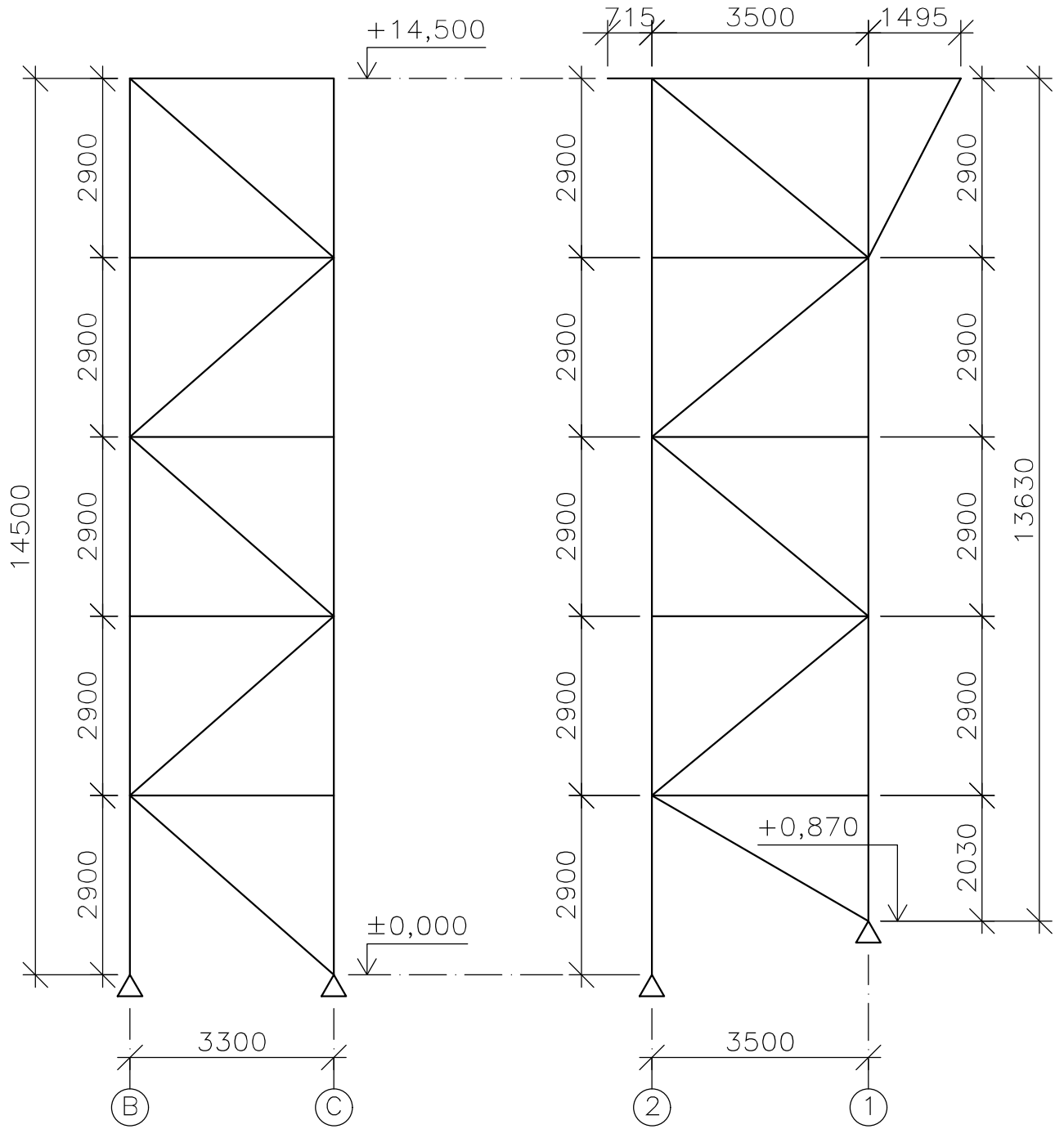


PŮDORYS +15,300, 1:100

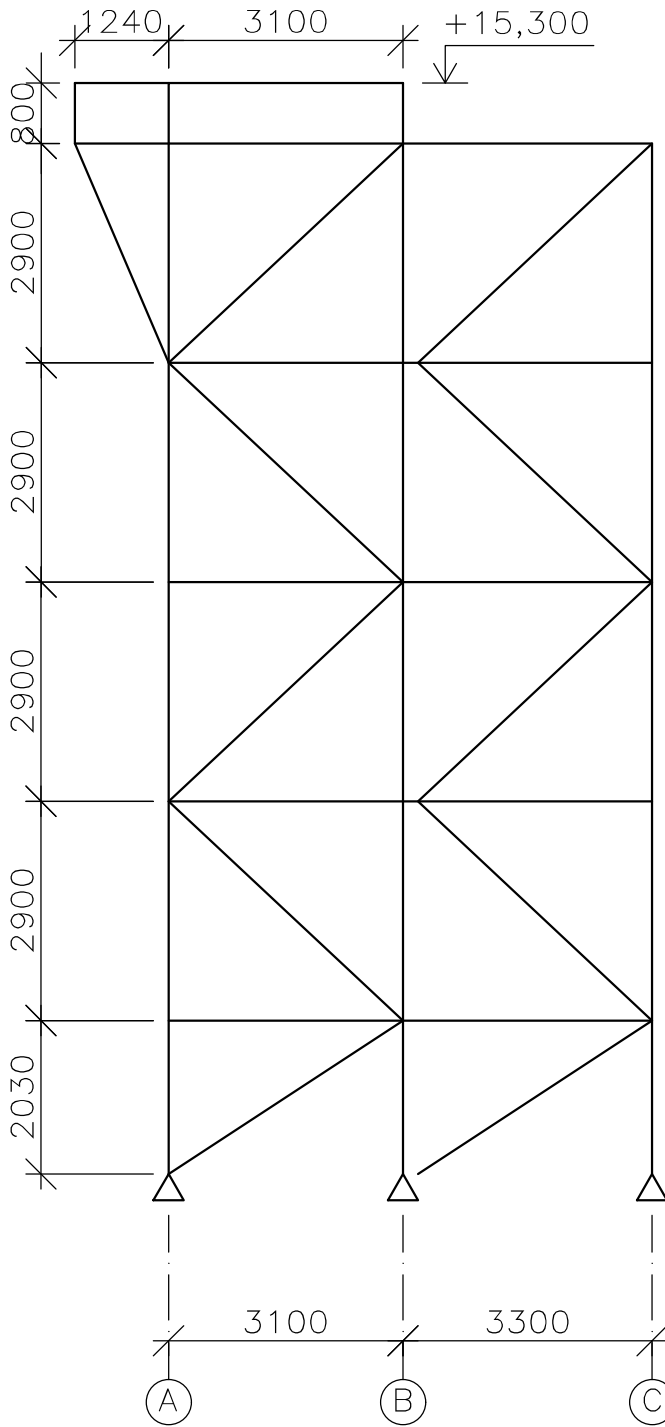


POHLED A, 1:100

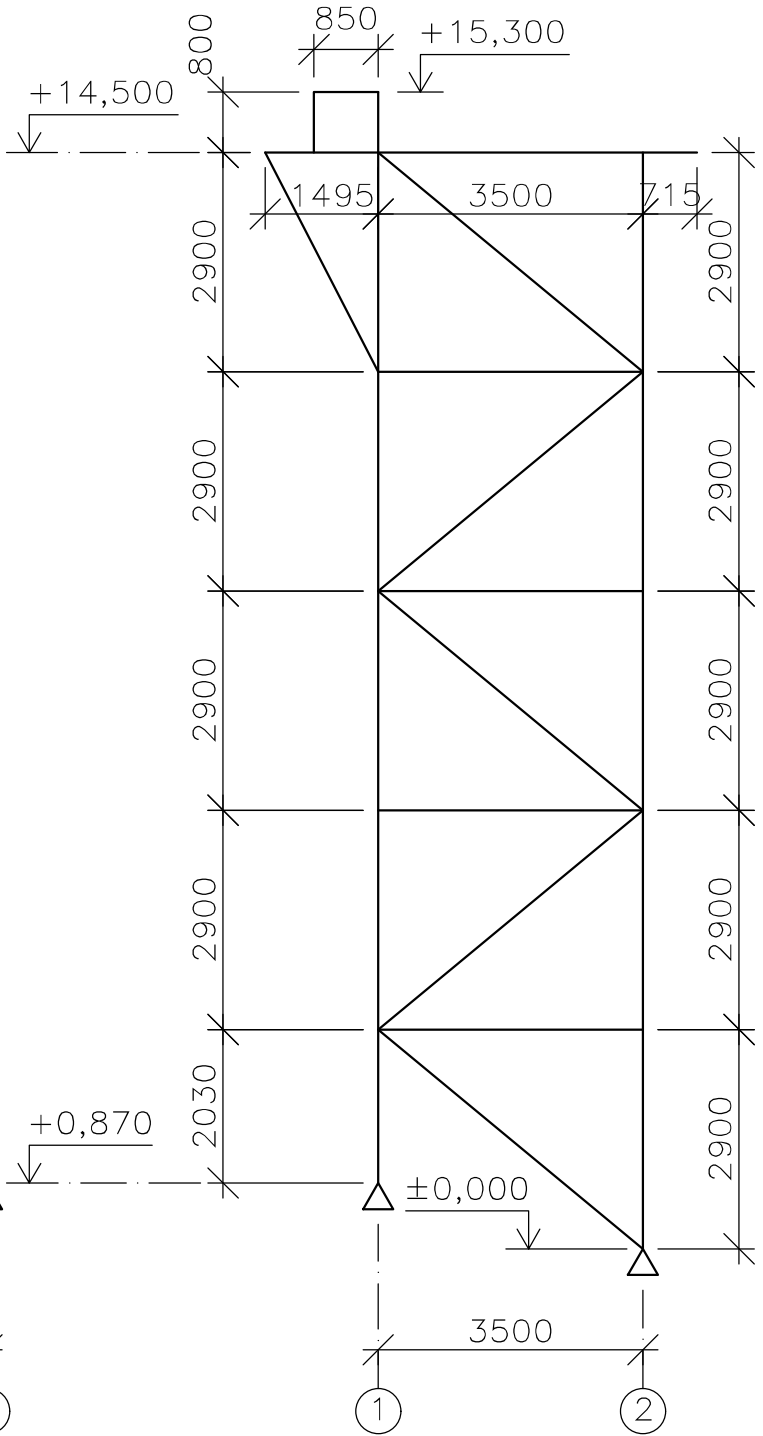
POHLED B, 1:100



ŘEZ C-C, 1:100



ŘEZ D-D, 1:100



4. ROZBOR ZATÍŽENÍ

ZS1 - Vlastní tíha

Automaticky vypočteno v programu Scia Engineer 24

ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)

Ostatní stálé zatížení vstupuje do zatěžovacích bodů S.1-S.6 od technologické konstrukce. Vodrovonné síly jsou nepravidelné z důvodu asymetrického ztužení horní technologické konstrukce.

Zatížení viz zadání - *tabulka 1.1*

Zatížení od kabelů technologické plošiny

Kabely jsou zavěšeny za nosníky potrubní lávky (trasa viz zadání - schéma konstrukce) a jsou uvažovány jako spojité zatížení.

$$f_{k.kabel} = 0.5 \frac{kN}{m}$$

ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)

Zatížení viz zadání - *tabulka 1.2*

Zatížení od kabelů je uvažováno stejně jako v ZS2

ZS4 - Užité zatížení

Užité zatížení vstupuje do zatěžovacích bodů S.1-S.6 od plošin technologické konstrukce

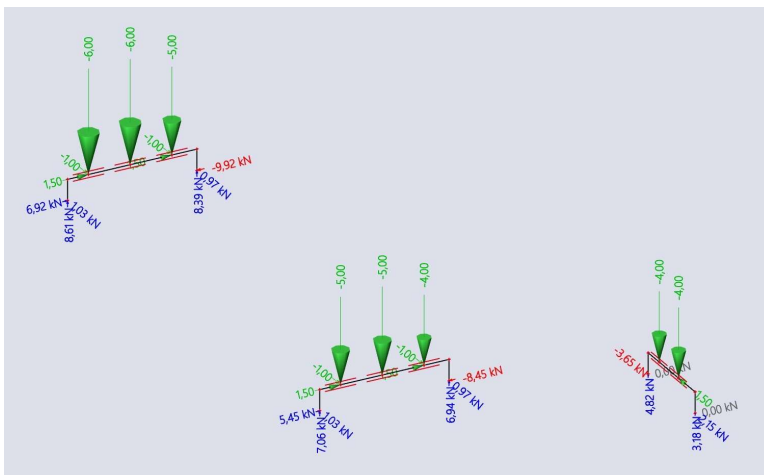
Zatížení viz zadání - *tabulka 1.3*

Dále v rámci užitého zatížení uvažují zatížení od potrubí ze zatěžovacího stavu ZS10, potrubí nemusí být na lávce po celou dobu životnosti konstrukce, proto ho oproti zásobníku uvažují jako užité.

Zatížení od potrubí viz zadání - *tabulka 1.9, 1.10*

Zatížení od potrubí bude přes pomocný model rozpočteno do zatěžovacích bodů A-C

Zat. Bod	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]
A1	-6,92	-1,03	-8,61
A2	9,92	-0,97	-8,39
B1	-5,45	-1,03	-7,06
B2	8,45	-0,97	-6,94
C.1	0	-2,25	-3,18
C.2	0	3,65	-4,82



ZS5 - Snih

Zatížení od technologické konstrukce viz zadání - *tabulka 1.4*

Kontrola reakcí od zatížení sněhem

Pochozí plošiny technologické konstrukce jsou pokryty podlahovým roštem. Plošiny tedy není nutné zatěžovat sněhem, pro bezpečný návrh byla při zatěžování technologické konstrukce zatížena jedna plošina. Kromě plošiny je sněhem zatížen i zásobník.

Sněhová oblast I $s_k := 0.7 \frac{kN}{m^2}$

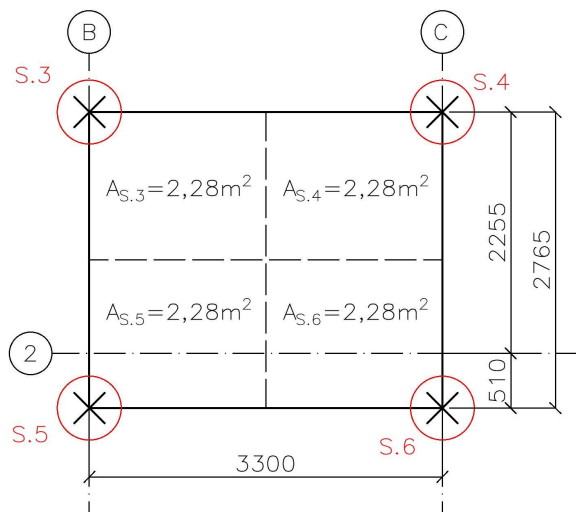
Tvarový součinitel $\mu_f := 0.8$ - pro plošinu $\alpha = 0^\circ$

Součinitel expozice $C_e := 1.0$

Tepelný součinitel $C_t := 1.0$

Plošné zatížení sněhem $s := \mu_f \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.6 \frac{kN}{m^2}$

Schéma plošiny



	A_{S_i} [m²]	s [kN/m²]	F_z [N]
S.3	2,28	-0,56	-1,28
S.4	2,28	-0,56	-1,28
S.5	2,28	-0,56	-1,28
S.6	2,28	-0,56	-1,28

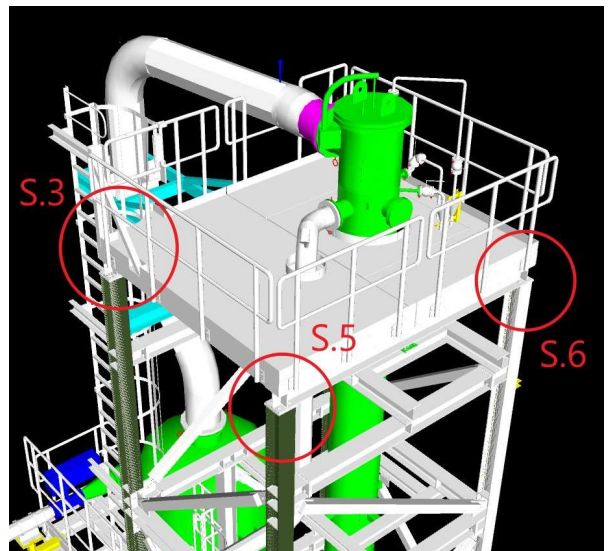
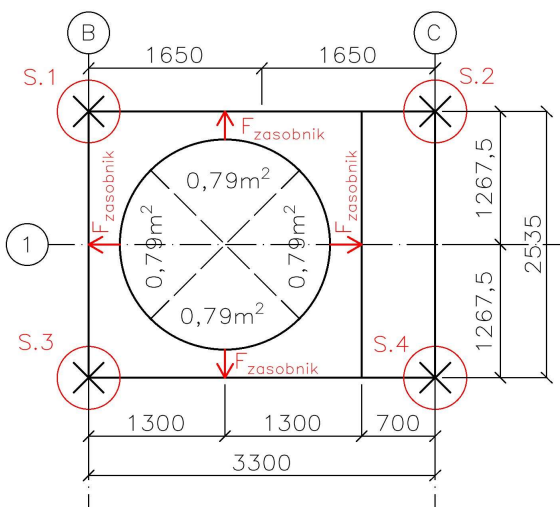
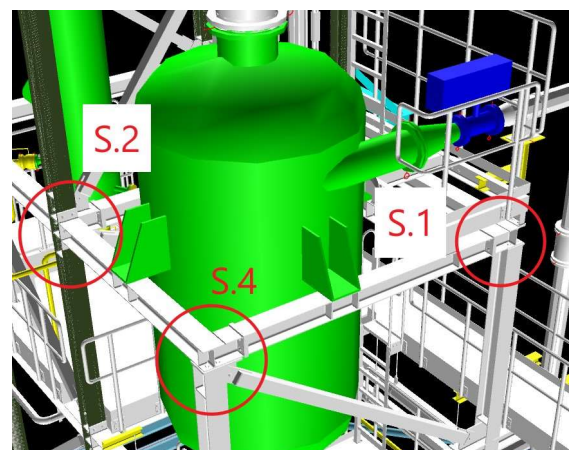


Schéma zásobníku

Síly rozděleny pomocí reakcí na prostém nosníku



$F_{zasobnik} := 0.79 m^2 \cdot s_k = 0.6 kN$



	F_z [kN]
S.1	-0,67
S.2	-0,72
S.3	-0,67
S.4	-0,72

Součet zatížení od plošiny a zásobníku

	F_z [kN]
S.1	-0,83
S.2	-0,28
S.3	-2,11
S.4	-1,56
S.5	-1,28
S.6	-1,28

Vypočtené zatížení se výrazně liší od zatížení v zadání. Zatížení zřejmě bylo navýšené, aby bezpečně pokrylo sníh zachycený po celé technologické konstrukci. Poměry mezi jednotlivými zatíženími přibližně sedí.

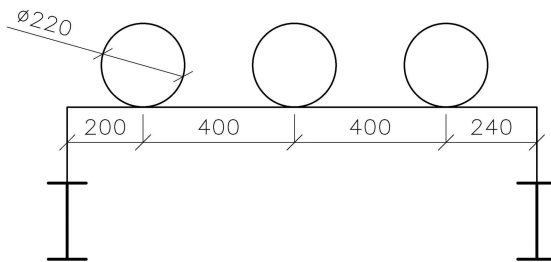
Pro další výpočty uvažuji zatížení ze zadání viz *tabulka 1.4*

Zatížení sněhem na potrubí

Zatížení je vypočteno jako liniové, zatěžovací šířka je uvažována jako průmět potrubí

$$d_{\text{potrubí}} := 220 \text{ mm}$$

Schéma potrubí



$$f_{\text{snih}} := d_{\text{potrubí}} \cdot s = 123,2 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Uvažuji zatížení **0,2 kN/m**

Rozdělení sil do zatěžovacích bodů A,B,C

Schéma zatěžovacích bodů A-C viz zadání - Půdorys +15,300

Výpočet proveden v pomocném modelu

Zat. Bod	F_z [kN]
A.1	-1,19
A.2	-1,16
B.1	-1,38
B.2	-1,27
C.1	-0,48
C.2	-0,58

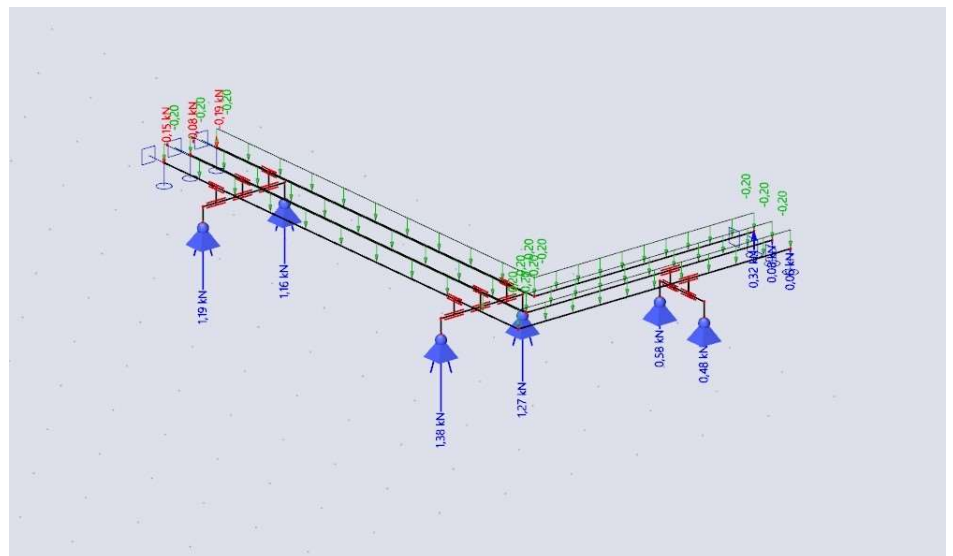
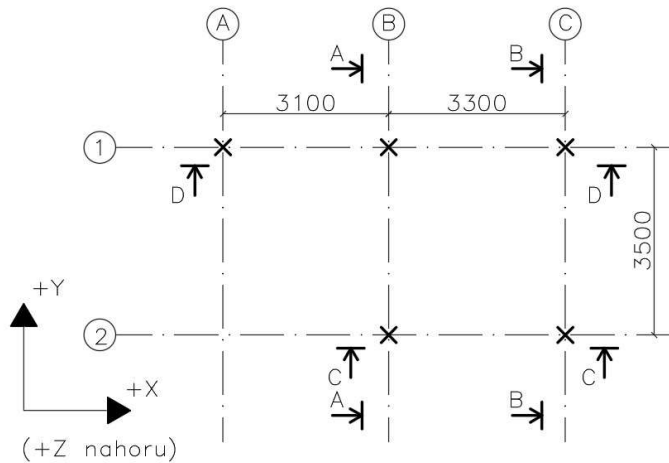


Schéma konstrukce pro vítr +X, -X, +Y, -Y
Schéma podpůrné konstrukce



Typy prutů (předběžný odhad)

Sloupy - HEA260

$b_{sloup} := 260 \text{ mm}$

Vod. nosníky - IPE200

$b_{nosnik} := 200 \text{ mm}$

Ztužidla - TR127x5

$b_{zt} := 127 \text{ mm}$

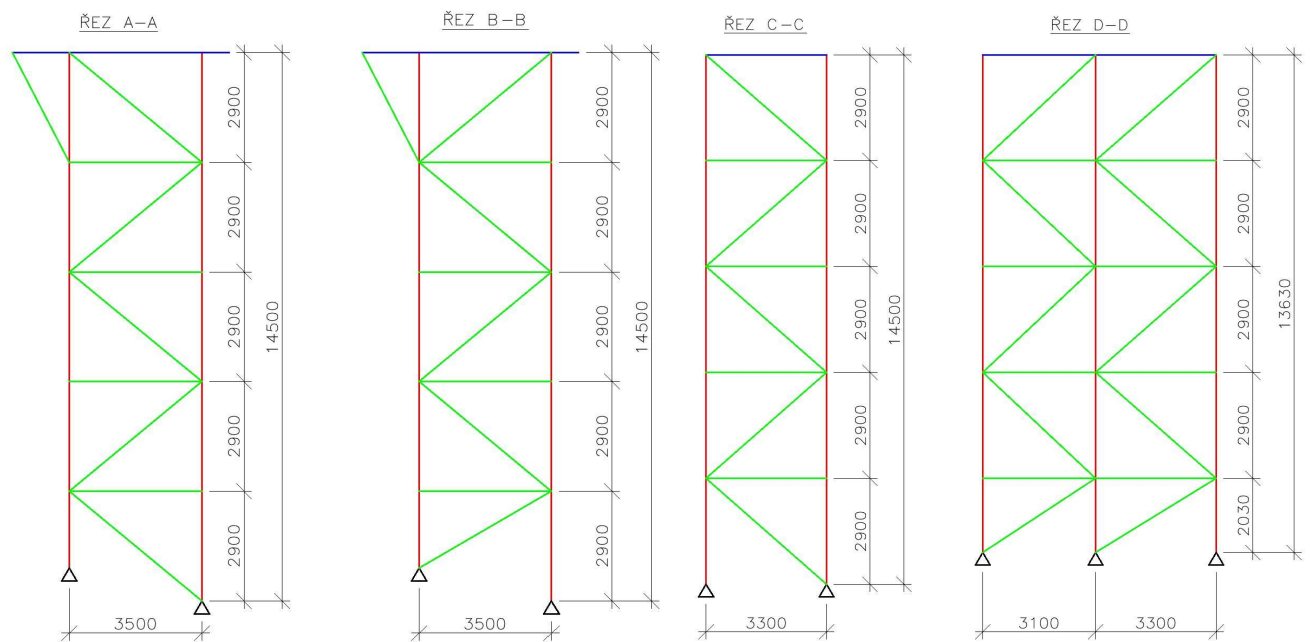
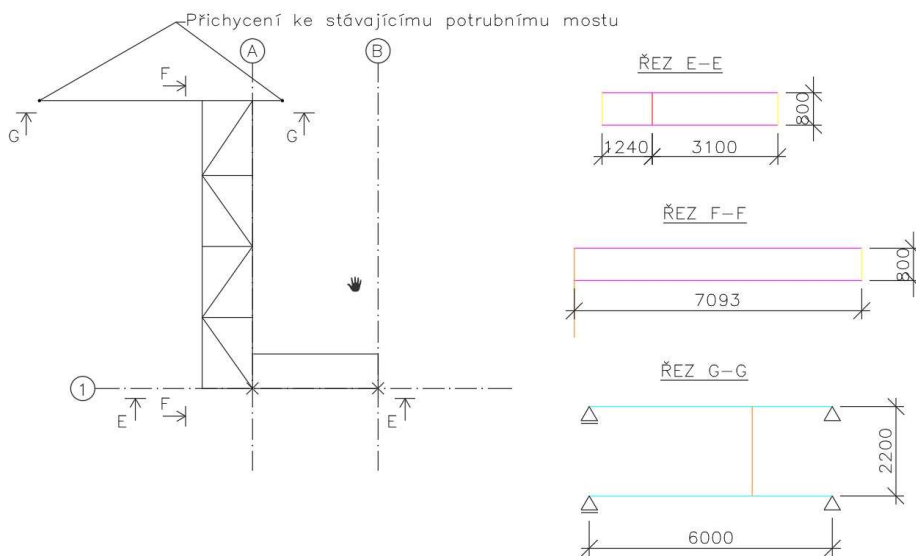


Schéma potrubní lávky



Typy prutů (předběžný odhad)

Sloupy - HEA260

$b_{sloup} := 260 \text{ mm}$

Vod. nosníky 1 - IPE160

$b_{nosnik.1} := 160 \text{ mm}$

Vod. nosníky 2 - IPE200

$b_{nosnik.2} := 200 \text{ mm}$

Svislé nosníky 1 - IPE160

$b_{sv.nos.1} := 160 \text{ mm}$

Svislé nosníky 2 - IPE160

$b_{sv.nos.2} := 160 \text{ mm}$

Zatížení větrem

Výchozí základní rychlost větru	$v_{b,0} := 22.5 \frac{m}{s}$
(větrná oblast I)	
Součinitel směru větru	$c_{dir} := 1.0$
Součinitel ročního období	$c_{season} := 1.0$
Základní rychlost větru	$v_b := v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 22.50 \frac{m}{s}$
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho := 1.25 \frac{kg}{m^3}$
Základní dynamický tlak větru	$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 316.41 \frac{kg}{m \cdot s^2}$
Součinitel expozice (kat. terénu II)	$c_e := 3$
Max. dynamický tlak větru	$q_{p,max} := c_e \cdot q_b = 949.22 \frac{kg}{m \cdot s^2}$
Maximální rychlost větru	$v_p := \sqrt{\frac{2 \cdot q_{p,max}}{\rho}} = 38.97 \frac{m}{s}$

ZS6 - Vítr + X

Zatížení na podpůrnou konstrukci

Zatížení od technologické konstrukce viz zadání - *tabulka 1.5*

Řez A-A

Součinitel plnosti

$$A_{c,A} := 51.4 \text{ m}^2 \quad \text{-odměřeno v AutoCADu}$$

$$A_A := 2 \cdot 14.5 \text{ m} \cdot b_{sloup} + 5.71 \text{ m} \cdot b_{nosnik} + 5 \cdot 4.55 \text{ m} \cdot b_{zt} + 3.27 \text{ m} \cdot b_{zt} + 4 \cdot 3.5 \text{ m} \cdot b_{zt} = 13.76 \text{ m}^2$$

$$\varphi_A := \frac{A_A}{A_{c,A}} = 0.26779$$

$$c_{f,0,A} := 1.6 \quad \text{-graf 7.33}$$

hodnota ψ_λ odečtena z grafu 7.36

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

součinitel $c_s c_d$ uvažován 1,0 pro konstrukci nižší než 15m.

$$f_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_{p,max} \cdot b$$

	$c_{f,0}$	ψ_λ	c_f	$c_s c_d$	$q_{p,max}$	b	f_w
	[-]	[-]	[-]	[-]	[Pa]	[m]	[kN/m]
HEA260	1,6	1,00	1,60	1,0	949,22	0,26	0,39
IPE200	1,6	0,98	1,57	1,0	949,22	0,2	0,30
TR127x5	1,6	0,99	1,58	1,0	949,22	0,127	0,19

Řez B-B

Součinitel plnosti

$$A_{c,B} := A_{c,A} = 51.40 \text{ m}^2 \quad \text{-odměřeno v AutoCADu}$$

$$A_B := A_A = 13.76 \text{ m}^2$$

$$\varphi_B := \varphi_A = 0.26779$$

$$c_{f,0,B} := 1.6 \quad \text{-graf 7.33}$$

	$c_{f,0}$	ψ_λ	c_f	$c_s c_d$	$q_{p,max}$	b	f_w
	[-]	[-]	[-]	[-]	[Pa]	[m]	[kN/m]
HEA260	1,6	1,00	1,60	1,0	949,22	0,26	0,39
IPE200	1,6	0,98	1,57	1,0	949,22	0,2	0,30
TR127x5	1,6	0,99	1,58	1,0	949,22	0,127	0,19

Zatížení na potrubní lávku

Řez F-F

Součinitel plnosti

$$A_{c,F} := 5.68 \text{ m}^2 \quad \text{-odměřeno v AutoCADu}$$

$$A_F := 2 \cdot 7.1 \text{ m} \cdot b_{\text{nosnik.1}} + 0.8 \text{ m} \cdot b_{\text{sv.nos.1}} + 2.2 \text{ m} \cdot b_{\text{sv.nos.2}} = 2.75 \text{ m}^2$$

$$\varphi_F := \frac{A_F}{A_{c,F}} = 0.48451$$

$$c_{f,0,F} := 1.6 \quad \text{-graf 7.33}$$

	$c_{f,0}$	ψ_λ	c_f	$c_s c_d$	$q_{p,max}$	b	f_w
	[-]	[-]	[-]	[-]	[Pa]	[m]	[kN/m]
IPE160	1,6	0,97	1,55	1,0	949,22	0,16	0,24

Zatížení na potrubí

Schéma potrubí viz zatížení sněhem na potrubí

3 kruhová potrubí o průměru $d_{\text{potrubí}} := 220 \text{ mm}$

$$\text{Kinematická viskozita vzduchu} \quad \nu := 15 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{Reynoldsovo číslo} \quad Re := \frac{d_{\text{potrubí}} \cdot v_p}{\nu} = (3.201 \cdot 10^8) \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^3}$$

$$\text{Ekvivalentní drsnost} \quad k := 0.2 \text{ mm}$$
$$\frac{k}{d_{\text{potrubí}}} = 9.09 \cdot 10^{-4}$$

Součinitel zatížení bez vlivu proudění kolem volných konců

$$c_{f,0,p1} := 0.41 \quad \text{-graf 7.28}$$

Součinitel koncového efektu $\psi_{\lambda,p1} := 1.0$

Součinitel zatížení $c_{f,p1} := c_{f,0,p1} \cdot \psi_{\lambda,p1} = 0.41$

Liniové zatížení na potrubí $f_{w,p1} := c_{f,p1} \cdot q_{p,max} \cdot d_{\text{potrubí}} = 85.62 \frac{\text{N}}{\text{m}} \rightarrow$ Uvažuji **0,1 kN/m**

Zastínění větru

Na první potrubí v návětrném směru uvažuji zatížení 0,1 kN/m, zatížení na další trubky je zredukováno součinitelem zastínění $\psi_s = 0,3$ -viz graf 7.20

Rozdělení sil do zatěžovacích bodů A, B, C

Výpočet proveden v pomocném modelu

Zat. Bod	F_x [kN]	F_z [kN]
A.1	0,22	0,13
A.2	0,29	-0,13
B.1	0,24	0,15
B.2	0,29	-0,15
C.1	0	0
C.2	0	0

ZS7 - Vítr -X

Zatížení od technologické konstrukce viz zadání - *tabulka 1.6*

Stejná geometrie jako pro +X, pouze opačná znaménková konvence v globálním systému

Zatížení na podpůrnou konstrukci (pro řez A-A, B-B)

	$c_{f,0}$	ψ_λ	c_f	$c_s c_d$	$q_{p,max}$	b	f_w
	[-]	[-]	[-]	[-]	[Pa]	[m]	[kN/m]
HEA260	1,6	1,00	1,60	1,0	-949,22	0,26	-0,39
IPE200	1,6	0,98	1,57	1,0	-949,22	0,2	-0,30
TR127x5	1,6	0,99	1,58	1,0	-949,22	0,127	-0,19

Zatížení na potrubní lávku

	$c_{f,0}$	ψ_λ	c_f	$c_s c_d$	$q_{p,max}$	b	f_w
	[-]	[-]	[-]	[-]	[Pa]	[m]	[kN/m]
IPE160	1,6	0,97	1,55	1,0	-949,22	0,16	-0,24

Zatížení na potrubí

Vzhledem ke stejné geometrii potrubí uvažují stejné zatížení s opačným směrem - **-0,1 kN/m**

Zastínění větru uvažují stejně jako u ZS6

Rozdělení sil do zatěžovacích bodů A, B, C

Výpočet proveden v pomocném modelu

Zat. Bod	F_x [kN]	F_z [kN]
A.1	-0,29	-0,13
A.2	-0,22	0,13
B.1	-0,29	-0,15
B.2	-0,24	0,15
C.1	0	0
C.2	0	0

ZS8 - Vítr +Y

Zatížení od technologické konstrukce viz zadání - *tabulka 1.7*

Zatížení na podpůrnou konstrukci

Řez C-C

Součinitel plnosti

$$A_{c,C} := 3.3 \text{ m} \cdot 14.5 \text{ m} = 47.85 \text{ m}^2$$

$$A_C := 2 \cdot 14.5 \text{ m} \cdot b_{sloup} + 3.3 \text{ m} \cdot b_{nosnik} + 5 \cdot 4.4 \text{ m} \cdot b_{zt} + 4 \cdot 3.3 \text{ m} \cdot b_{zt} = 12.67 \text{ m}^2$$

$$\varphi_C := \frac{A_C}{A_{c,C}} = 0.26479$$

$$c_{f,0,C} := 1.6 \quad \text{-graf 7.33}$$

	$c_{f,0}$	ψ_λ	c_f	$c_s c_d$	$q_{p,max}$	b	f_w
	[-]	[-]	[-]	[-]	[Pa]	[m]	[kN/m]
HEA260	1,6	1,00	1,60	1,0	949,22	0,26	0,39
IPE200	1,6	0,98	1,57	1,0	949,22	0,2	0,30
TR127x5	1,6	0,99	1,58	1,0	949,22	0,127	0,19

Řez D-D

Součinitel plnosti

$$A_{c,D} := (3.1 \text{ m} + 3.3 \text{ m}) \cdot 13.63 \text{ m} = 87.23 \text{ m}^2$$

$$A_D := 3 \cdot 13.63 \text{ m} \cdot b_{sloup} + (3.1 + 3.3) \text{ m} \cdot b_{nosnik} + 4 \cdot 4.4 \text{ m} \cdot b_{zt} + 4 \cdot 4.25 \text{ m} \cdot b_{zt} + 2 \cdot 3.71 \text{ m} \cdot b_{zt} + 8 \cdot (3.1 + 3.3) \text{ m} \cdot b_{zt} = 23.75$$

$$\varphi_D := \frac{A_D}{A_{c,D}} = 0.27227$$

$$c_{f,0,D} := 1.6 \quad \text{-graf 7.33}$$

	$c_{f,0}$ [-]	ψ_λ [-]	c_f [-]	$c_s c_d$ [-]	$q_{p,max}$ [Pa]	b [m]	f_w [kN/m]
HEA260	1,6	1,00	1,60	1,0	949,22	0,26	0,39
IPE200	1,6	0,98	1,57	1,0	949,22	0,2	0,30
TR127x5	1,6	0,99	1,58	1,0	949,22	0,127	0,19

Zatížení na potrubní lávku

Řez E-E

Součinitel plnosti

$$A_{c,E} := 4.34 \text{ m} \cdot 0.8 \text{ m} = 3.47 \text{ m}^2$$

$$A_E := 2 \cdot 4.34 \text{ m} \cdot b_{nosnik.1} + 0.8 \text{ m} \cdot b_{sloup} + 2 \cdot 0.8 \text{ m} \cdot b_{sv.nos.1} = 1.85 \text{ m}^2$$

$$\varphi_E := \frac{A_E}{A_{c,E}} = 0.53364$$

$$c_{f,0,E} := 1.6 \quad \text{-graf 7.33}$$

	$c_{f,0}$ [-]	ψ_λ [-]	c_f [-]	$c_s c_d$ [-]	$q_{p,max}$ [Pa]	b [m]	f_w [kN/m]
HEA260	1,6	1,00	1,6	1	949,22	0,26	0,39
IPE160	1,6	0,96	1,54	1,0	949,22	0,16	0,23

Řez G-G

Součinitel plnosti

$$A_{c,G} := 6 \text{ m} \cdot 2.2 \text{ m} = 13.20 \text{ m}^2$$

$$A_G := 2 \cdot 6 \text{ m} \cdot b_{nosnik.2} + 2.2 \text{ m} \cdot b_{sv.nos.2} = 2.75 \text{ m}^2$$

$$\varphi_G := \frac{A_G}{A_{c,G}} = 0.20848$$

$$c_{f,0,G} := 1.6 \quad \text{-graf 7.33}$$

	$c_{f,0}$ [-]	ψ_λ [-]	c_f [-]	$c_s c_d$ [-]	$q_{p,max}$ [Pa]	b [m]	f_w [kN/m]
IPE200	1,6	0,99	1,58	1,0	949,22	0,2	0,30
IPE160	1,6	0,97	1,55	1,0	949,22	0,16	0,24

Zatížení na potrubí

Vzhledem ke stejné geometrii potrubí uvažují stejné zatížení - **0,1 kN/m**

Zastínění větru uvažují stejně jako u ZS6

Rozdělení sil do zatěžovacích bodů A, B, C

Výpočet proveden v pomocném modelu

Zat. Bod	F_y [kN]	F_z [kN]
A.1	0,05	0
A.2	0,05	0
B.1	0,05	0
B.2	0,05	0
C.1	0,22	0,16
C.2	0,22	-0,16

ZS9 - Vitr -Y

Zatížení od technologické konstrukce viz zadání - *tabulka 1.8*

Stejná geometrie jako pro -Y, pouze opačná znaménková konvence v globálním systému

Zatížení na podpůrnou konstrukci (pro řez C-C, D-D)

	$c_{f,0}$	ψ_λ	c_f	$c_s c_d$	$q_{p,max}$	b	f_w
	[-]	[-]	[-]	[-]	[Pa]	[m]	[kN/m]
HEA260	1,6	1,00	1,60	1,0	-949,22	0,26	-0,39
IPE200	1,6	0,98	1,57	1,0	-949,22	0,2	-0,30
TR127x5	1,6	0,99	1,58	1,0	-949,22	0,127	-0,19

Zatížení na potrubní lávku

Řez E-E

	$c_{f,0}$	ψ_λ	c_f	$c_s c_d$	$q_{p,max}$	b	f_w
	[-]	[-]	[-]	[-]	[Pa]	[m]	[kN/m]
HEA260	1,6	1,00	1,6	1	-949,22	0,26	-0,39
IPE160	1,6	0,96	1,54	1,0	-949,22	0,16	-0,23

Řez G-G

	$c_{f,0}$	ψ_λ	c_f	$c_s c_d$	$q_{p,max}$	b	f_w
	[-]	[-]	[-]	[-]	[Pa]	[m]	[kN/m]
IPE200	1,6	0,99	1,58	1,0	-949,22	0,2	-0,30
IPE160	1,6	0,97	1,55	1,0	-949,22	0,16	-0,24

Zatížení na potrubí

Vzhledem ke stejné geometrii potrubí uvažují stejné zatížení s opačným směrem - **-0,1 kN/m**

Zastínění větru uvažují stejně jako u ZS6

Rozdělení sil do zatěžovacích bodů A, B, C

Výpočet proveden v pomocném modelu

Zat. Bod	F_y [kN]	F_z [kN]
A.1	-0,05	0
A.2	-0,05	0
B.1	-0,05	0
B.2	-0,05	0
C.1	-0,22	-0,16
C.2	-0,22	0,16

Počáteční Imperfekce

Výška konstrukce

$$h_{kce} := 14,5 \text{ m}$$

Redukční součinitel

$$\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{h_{kce}}} = 0,53$$

Počet sloupů v řadě

$$m := 2$$

Redukční součinitel pro poč. sloupů v řadě

$$\alpha_m := \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0,87$$

Celkové počáteční naklonění konstrukce

$$\Phi := \frac{1}{200} \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 2,27 \cdot 10^{-3}$$

Kombinace zatížení

MSÚ

KZS1=ZS1 (VI. tíha)+ZS2 (Plný zásobník)+ZS4 (Užitné)+ ψ_0 *ZS5 (Sníh)

$\psi_0=0,5$ pro sníh

KZS2=ZS1 (VI. tíha)+ZS2 (Plný zásobník)+ZS5 (Sníh)+ ψ_0 *ZS4 (Užitné)

$\psi_0=0,7$ pro užitné zatížení

KZS3=ZS1 (VI. tíha)+ZS2 (Plný zásobník)+ZS6 (Vítr +X)+ ψ_0 *ZS5 (Sníh)+ ψ_0 *ZS4 (Užitné)

$\psi_0=0,5$ pro sníh

$\psi_0=0,7$ pro užitné zatížení

KZS4=ZS1 (VI. tíha)+ZS2 (Plný zásobník)+ZS7 (Vítr -X)+ ψ_0 *ZS5 (Sníh)+ ψ_0 *ZS4 (Užitné)

$\psi_0=0,5$ pro sníh

$\psi_0=0,7$ pro užitné zatížení

KZS5=ZS1 (VI. tíha)+ZS2 (Plný zásobník)+ZS8 (Vítr +Y)+ ψ_0 *ZS5 (Sníh)+ ψ_0 *ZS4 (Užitné)

$\psi_0=0,5$ pro sníh

$\psi_0=0,7$ pro užitné zatížení

KZS6=ZS1 (VI. tíha)+ZS2 (Plný zásobník)+ZS9 (Vítr -Y)+ ψ_0 *ZS5 (Sníh)+ ψ_0 *ZS4 (Užitné)

$\psi_0=0,5$ pro sníh

$\psi_0=0,7$ pro užitné zatížení

KZS7=ZS1 (VI. tíha)+ZS2 (Plný zásobník)+ZS4 (Užitné)+ ψ_0 *ZS5 (Sníh)+ ψ_0 *ZS6 (Vítr +X)

$\psi_0=0,5$ pro sníh

$\psi_0=0,6$ pro vítr

KZS8=ZS1 (VI. tíha)+ZS2 (Plný zásobník)+ZS4 (Užitné)+ ψ_0 *ZS5 (Sníh)+ ψ_0 *ZS7 (Vítr -X)

$\psi_0=0,5$ pro sníh

$\psi_0=0,6$ pro vítr

KZS9=ZS1 (VI. tíha)+ZS2 (Plný zásobník)+ZS4 (Užitné)+ ψ_0 *ZS5 (Sníh)+ ψ_0 *ZS8 (Vítr +Y)

$\psi_0=0,5$ pro sníh

$\psi_0=0,6$ pro vítr

KZS10=ZS1 (VI. tíha)+ZS2 (Plný zásobník)+ZS4 (Užitné)+ ψ_0 *ZS5 (Sníh)+ ψ_0 *ZS9 (Vítr -Y)

$\psi_0=0,5$ pro sníh

$\psi_0=0,6$ pro vítr

KZS11= $\gamma_{G.min}$ *ZS1 (VI. tíha)+ $\gamma_{G.min}$ *ZS3 (Prázdný zásobník)+ZS6 (Vítr +X)

KZS12= $\gamma_{G.min}$ *ZS1 (VI. tíha)+ $\gamma_{G.min}$ *ZS3 (Prázdný zásobník)+ZS7 (Vítr -X)

KZS13= $\gamma_{G.min}$ *ZS1 (VI. tíha)+ $\gamma_{G.min}$ *ZS3 (Prázdný zásobník)+ZS8 (Vítr +Y)

KZS14= $\gamma_{G.min}$ *ZS1 (VI. tíha)+ $\gamma_{G.min}$ *ZS3 (Prázdný zásobník)+ZS9 (Vítr -Y)

Součinitele zatížení

$\gamma_G=1,35$

$\gamma_{G.min}=1,0$

$\gamma_Q=1,5$

MSP

KZS15-KZS28

Kombinace pro MSP budou uvažovány stejně jako pro MSÚ, pouze s charakteristickými hodnotami

ZATÍŽENÍ MODELU A VSTUP KOMBINACÍ VIZ PŘÍLOHA 1

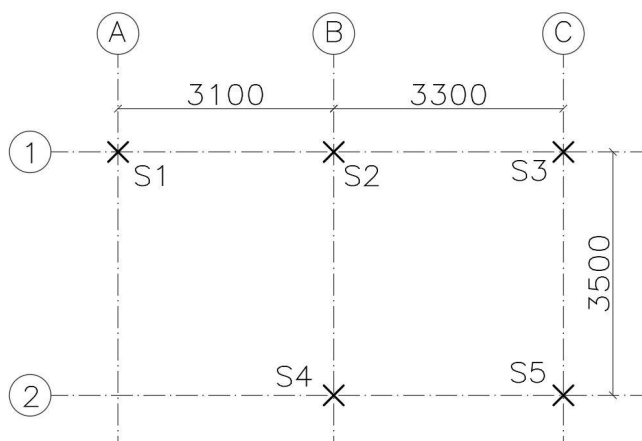
5. POSOUZENÍ SLOUPŮ

Schéma sloupů

U navrhovaných sloupů budou posuzovány 2 varianty:

VARIANTA 1 - Sloupy z profilů HEA

VARIANTA 2 - Sloupy z kruhových trubek (TR)



5.1. Varianta 1 - Sloupy HEA

Vnitřní síly sloupů

Číslo sloupu	Kombinace	N	M_y	M_z
		[kN]	[kNm]	[kNm]
S1	KZS4	-232,46	1,29	0,57
S2	KZS5	-550,75	2,90	-1,56
	KZS6	-165,21	-5,03	-0,34
S3	KZS5	-610,53	-3,27	-1,77
	KZS3	-591,56	-3,49	-1,44
S4	KZS6	-439,55	-2,56	1,51
	KZS8	-310,43	-3,01	0,9
	KZS3	-33,2	-2,24	-1,56
S5	KZS6	-515,89	2,32	1,42
	KZS5	-58,95	-4,43	-0,34

Tučně zvýrazněné síly jsou největší pro daný sloup skrz všechny kombinace

- Sloup S1 bude posouzen na kombinaci KZS4
 - Všechny vnitřní síly jsou v této kombinaci největší
- Sloupy S2-S5 budou posouzeny na síly od sloupu S3
 - Největší normálová síla, zanedbatelně menší ohybové momenty M_y , M_z

Posudek sloupu S1

Předběžný odhad sloupu

HEA120

$$h_{s1} = 114 \text{ mm}$$

$$I_{y.s1} = (6.06 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$b_{s1} = 120 \text{ mm}$$

$$i_{y.s1} = 48.90 \text{ mm}$$

$$t_{w.s1} = 5 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y.s1} = (1.20 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$t_{f.s1} = 8 \text{ mm}$$

$$I_{z.s1} = (2.31 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$r_{s1} = 12 \text{ mm}$$

$$i_{z.s1} = 30.20 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = (2.53 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$W_{pl.z.s1} = (5.89 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$d_{s1} := 74 \text{ mm}$$

$$A_{v.z.s1} := 846 \text{ mm}^2$$

KZS4: $N_{Ed.s1} := -232.46 \text{ kN}$

$$M_{y.Ed.s1} := 1.29 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z.Ed.s1} := 0.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

1) MSP

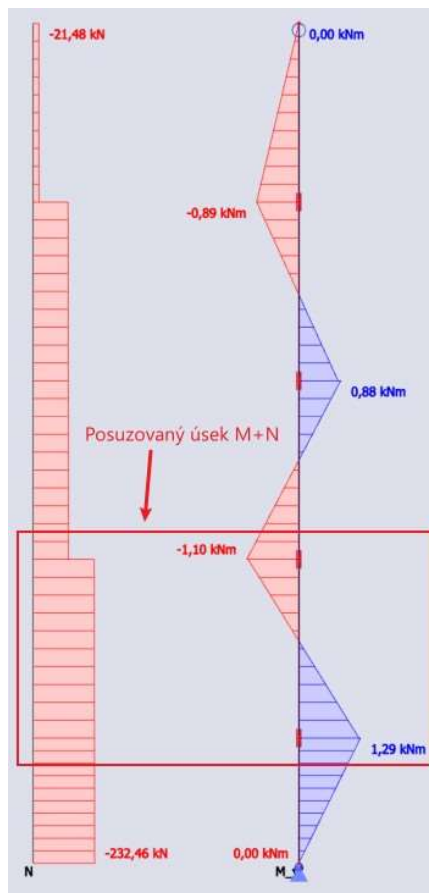
$$h_{sl1} := 13.63 \text{ m}$$

$$\sigma_{lim.s1} := \frac{h_{sl1}}{150} = 90.9 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} := 19.70 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s1} \leq \sigma_{lim.s1}$$

VYHOVUJE



2) MSÚ

Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

$$\chi_{s1} := \frac{|N_{Ed,s1}|}{t_{w,s1} \cdot f_{yk}} = 197.84 \text{ mm} \quad \text{-tlačená celá pásnice:} \quad \alpha_{s1} := 1$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{d_{s1}}{t_{w,s1}} = 14.80 \quad \varepsilon := 1 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{s1} - 1} = 33.00$$

$$\frac{d_{s1}}{t_{w,s1}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{s1} - 1} \quad \text{-stojina třídy 1}$$

Zatřídění pásnice

$$c_{s1} := b_{s1} - t_{w,s1} - 2 \cdot r_{s1} = 91.00 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{s1}}{t_{f,s1}} = 11.38$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{s1} - 1} = 33.00$$

$$\frac{c_{s1}}{t_{f,s1}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{s1} - 1} \quad \text{-pásnice třídy 1}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Štíhlosti sloupu

$$L_{cr,y,s1} := 2900 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z,s1} := 2900 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y,s1} := \frac{L_{cr,y,s1}}{i_{y,s1}} = 59.30$$

$$\lambda_{z,s1} := \frac{L_{cr,z,s1}}{i_{z,s1}} = 96.03$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\lambda_{y,rel,s1} := \frac{\lambda_{y,s1}}{\lambda_1} = 0.63$$

$$\lambda_{z,rel,s1} := \frac{\lambda_{z,s1}}{\lambda_1} = 1.02$$

Součinitel vzpěrnosti

$$X_{y,s1} := 0.822$$

$$X_{z,s1} := 0.528$$

-vzp. křivka b

-vzp. křivka c

Vliv klopení

Kritický moment (výpočet proveden v LTBeamN - viz **příloha 2**)

$$M_{cr.s1} := 169.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT.rel.s1} := \sqrt{\frac{W_{pl.y.s1} \cdot f_{yk}}{M_{cr.s1}}} = 0.41$$

$$\alpha_{LT} := 0.34 \quad \lambda_{LT.rel.0} := 0.4 \quad \beta := 0.75$$

$$\phi_{LT.s1} := 0.5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT.rel.s1} - \lambda_{LT.rel.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT.rel.s1}^2 \right) = 0.56$$

$$X_{LT.s1} := \frac{1}{\phi_{LT.s1} + \sqrt{\phi_{LT.s1}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT.rel.s1}^2}} = 1.00$$

-> Pro výpočet interakčních součinitelů budou použity vzorce pro průřez nenáchylný ke klopení

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem

$$\psi_{y.s1} := \frac{-1.10}{1.29} = -0.85$$

$$C_{my.s1} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{y.s1} = 0.26 \quad - \quad C_{my.s1} := 0.4$$

$$C_{mLT.s1} := C_{my.s1} = 0.4$$

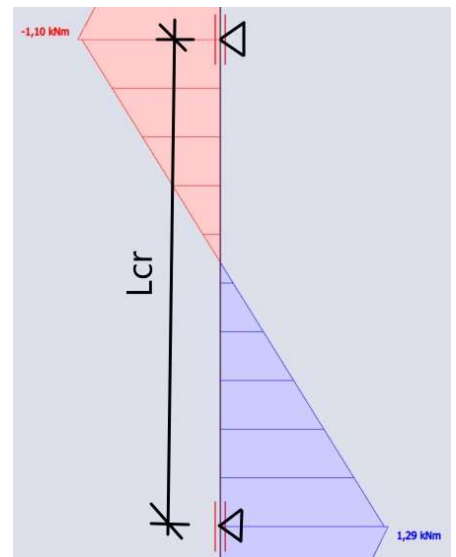
$$\alpha_{z.s1} := \frac{-0.22}{0.57} = -0.39 \quad \psi_{z.s1} := \frac{0.25}{0.57} = 0.44$$

$$C_{mz.s1} := 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{z.s1} = 0.41$$

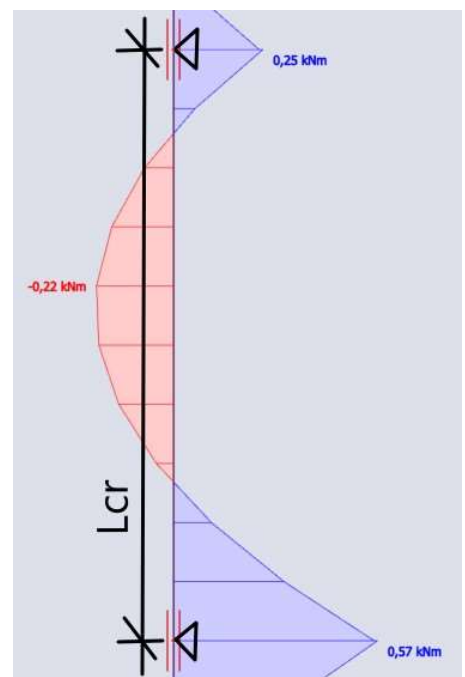
$$N_{Rk.s1} := A_{s1} \cdot f_{yk} = 595.49 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk.s1} := W_{pl.y.s1} \cdot f_{yk} = 28.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z.Rk.s1} := W_{pl.z.s1} \cdot f_{yk} = 13.83 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



-My



-Mz

Posudek na kombinaci KZS4

k_{yy} -minimum z následujících hodnot

$$C_{my.s1} \cdot \left(1 + (\lambda_{y.rel.s1} - 0.2) \cdot \frac{|N_{Ed.s1}|}{X_{y.s1} \cdot \frac{N_{Rk.s1}}{Y_{M1}}} \right) = 0.48 \quad \rightarrow \quad k_{yy.s1} := 0.48$$

$$C_{my.s1} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{|N_{Ed.s1}|}{X_{y.s1} \cdot \frac{N_{Rk.s1}}{Y_{M1}}} \right) = 0.55$$

$$k_{zy.s1} := 0.6 \cdot k_{yy.s1} = 0.29$$

k_{zz} -minimum z následujících hodnot

$$C_{mz.s1} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z.rel.s1} - 0.6) \cdot \frac{|N_{Ed.s1}|}{X_{z.s1} \cdot \frac{N_{Rk.s1}}{Y_{M1}}} \right) = 0.85 \quad \rightarrow \quad k_{zz.s1} := 0.75$$

$$C_{mz.s1} \cdot \left(1 + 1.14 \cdot \frac{|N_{Ed.s1}|}{X_{z.s1} \cdot \frac{N_{Rk.s1}}{Y_{M1}}} \right) = 0.75$$

$$k_{yz.s1} := 0.6 \cdot k_{zz.s1} = 0.45$$

$$\frac{|N_{Ed.s1}|}{X_{y.s1} \cdot \frac{N_{Rk.s1}}{Y_{M1}}} + k_{yy.s1} \cdot \frac{|M_{y.Ed.s1}|}{X_{LT.s1} \cdot \frac{M_{y.Rk.s1}}{Y_{M1}}} + k_{yz.s1} \cdot \frac{|M_{z.Ed.s1}|}{\frac{M_{z.Rk.s1}}{Y_{M1}}} = 0.52 \quad 0.52 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.s1}|}{X_{z.s1} \cdot \frac{N_{Rk.s1}}{Y_{M1}}} + k_{zy.s1} \cdot \frac{|M_{y.Ed.s1}|}{X_{LT.s1} \cdot \frac{M_{y.Rk.s1}}{Y_{M1}}} + k_{zz.s1} \cdot \frac{|M_{z.Ed.s1}|}{\frac{M_{z.Rk.s1}}{Y_{M1}}} = 0.78 \quad 0.78 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.s1}|}{Y_{M1}} + \frac{|M_{y.Ed.s1}|}{Y_{M1}} + \frac{|M_{z.Ed.s1}|}{Y_{M1}} = 0.48 \quad 0.48 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení smykové únosnosti:

$$V_{z.Ed.s1} := -1.42 \text{ kN} \quad \text{-KZS10}$$

$$V_{pl.Rd.s1} := \frac{A_{vz.s1} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 114.78 \text{ kN}$$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.s1} = 57.39 \text{ kN}$$

$0.5 \cdot V_{pl.Rd.s1} \geq V_{z.Ed.s1}$ -> Malý smyk, není potřeba posuzovat interakci smyku a ohybu

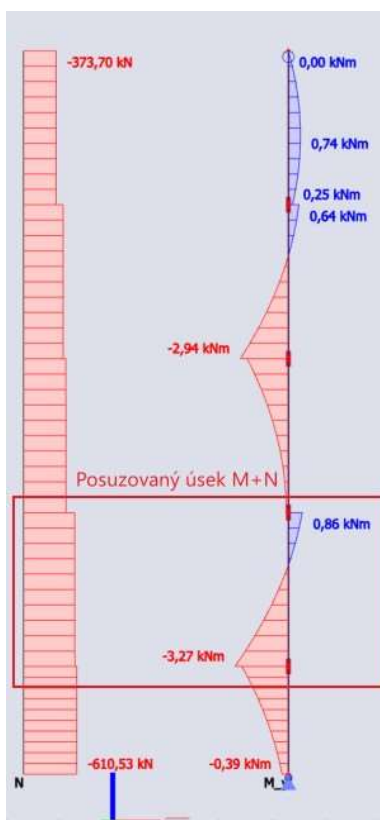
Posudek sloupů S2-S5
Předběžný odhad sloupu
HEA180

$h_{s2} = 171 \text{ mm}$	$I_{y.s2} = (4.56 \cdot 10^{10}) \text{ mm}^4$
$b_{s2} = 180 \text{ mm}$	$i_{y.s2} = 74.50 \text{ mm}$
$t_{w.s2} = 6 \text{ mm}$	$W_{pl.y.s2} = (3.25 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$
$t_{f.s2} = 10 \text{ mm}$	$I_{z.s2} = (9.25 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$
$r_{s2} = 15 \text{ mm}$	$i_{z.s2} = 45.20 \text{ mm}$
$A_{s2} = (4.53 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$	$W_{pl.z.s2} = (1.57 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$
$d_{s2} := 152 \text{ mm}$	$A_{v.z.s2} := 1808 \text{ mm}^2$

KZS5: $N_{Ed.s2} := -610.53 \text{ kN}$
 $M_{y.Ed.s2} := -3.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{z.Ed.s2} := -1.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$

1) MSP

$h_{sl2} := 13.63 \text{ m}$
 $\sigma_{lim.s2} := \frac{h_{sl2}}{150} = 90.9 \text{ mm}$
 $\sigma_{s2} := 15.1 \text{ mm}$
 $\sigma_{s2} \leq \sigma_{lim.s2}$ **VYHOVUJE**



2) MSÚ

Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

$$\chi_{s2} := \frac{|N_{Ed.s2}|}{t_{w.s2} \cdot f_{yk}} = 433.00 \text{ mm} \quad \text{-tlačená celá pásnice:} \quad \alpha_{s2} := 1$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{d_{s2}}{t_{w.s2}} = 25.33 \quad \varepsilon := 1 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{s2} - 1} = 33.00$$

$$\frac{d_{s2}}{t_{w.s2}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{s2} - 1} \quad \text{-stojina třídy 1}$$

Zatřídění pásnice

$$c_{s2} := b_{s2} - t_{w.s2} - 2 \cdot r_{s2} = 144.00 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{s2}}{t_{f.s2}} = 15.16$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{s2} - 1} = 33.00$$

$$\frac{c_{s2}}{t_{f.s2}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{s2} - 1} \quad \text{-pásnice třídy 1}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Štíhlosti sloupu

$$L_{cr.y.s2} := 2900 \text{ mm}$$

$$L_{cr.z.s2} := 2900 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y.s2} := \frac{L_{cr.y.s2}}{i_{y.s2}} = 38.93$$

$$\lambda_{z.s2} := \frac{L_{cr.z.s2}}{i_{z.s2}} = 64.16$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\lambda_{y,rel.s2} := \frac{\lambda_{y.s2}}{\lambda_1} = 0.41$$

$$\lambda_{z,rel.s2} := \frac{\lambda_{z.s2}}{\lambda_1} = 0.68$$

Součinitel vzpěrnosti

$$X_{y.s2} := 0.922$$

$$X_{z.s2} := 0.737$$

-vzp. křivka b

-vzp. křivka c

Vliv klopení

Kritický moment (výpočet proveden v LTBeamN - viz **příloha 2**)

$$M_{cr.s2} := 740.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT.rel.s2} := \sqrt{\frac{W_{pl.y.s2} \cdot f_{yk}}{M_{cr.s2}}} = 0.32$$

$$\alpha_{LT} := 0.34 \quad \lambda_{LT.rel.0} := 0.4 \quad \beta := 0.75$$

$$\phi_{LT.s2} := 0.5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT.rel.s2} - \lambda_{LT.rel.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT.rel.s2}^2 \right) = 0.53$$

$$X_{LT.s2} := \frac{1}{\phi_{LT.s2} + \sqrt{\phi_{LT.s2}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT.rel.s2}^2}} = 1.03 \quad X_{LT.s2} := 1.0$$

-> Pro výpočet interakčních součinitelů budou použity vzorce pro průřez nenáchylný ke klopení

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem

$$\psi_{y.s2} := \frac{0.86}{-3.27} = -0.26$$

$$C_{my.s2} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{y.s2} = 0.49$$

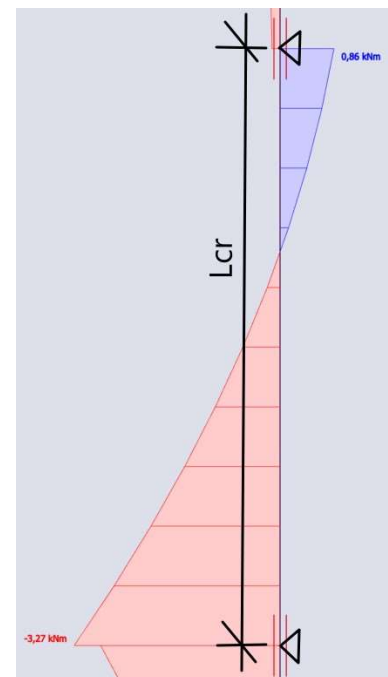
$$\psi_{z.s2} := \frac{1.32}{-1.77} = -0.75$$

$$C_{mz.s2} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{y.s1} = 0.26 \quad - \quad C_{mz.s2} := 0.4$$

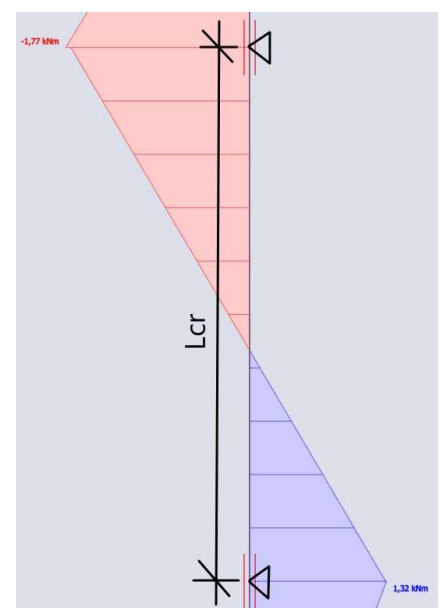
$$N_{Rk.s2} := A_{s2} \cdot f_{yk} = 1063.38 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk.s2} := W_{pl.y.s2} \cdot f_{yk} = 76.35 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z.Rk.s2} := W_{pl.z.s2} \cdot f_{yk} = 36.78 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



-My



-Mz

Posudek na kombinaci KZS5

k_{yy} -minimum z následujících hodnot

$$C_{my.s2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y.rel.s2} - 0.2) \cdot \frac{|N_{Ed.s2}|}{X_{y.s2} \cdot \frac{N_{Rk.s2}}{Y_{M1}}} \right) = 0.56 \quad \rightarrow \quad k_{yy.s2} := 0.56$$

$$C_{my.s2} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{|N_{Ed.s2}|}{X_{y.s2} \cdot \frac{N_{Rk.s2}}{Y_{M1}}} \right) = 0.74$$

$$k_{zy.s2} := 0.6 \cdot k_{yy.s2} = 0.34$$

k_{zz} -minimum z následujících hodnot

$$C_{mz.s2} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z.rel.s2} - 0.6) \cdot \frac{|N_{Ed.s2}|}{X_{z.s2} \cdot \frac{N_{Rk.s2}}{Y_{M1}}} \right) = 0.64 \quad \rightarrow \quad k_{zz.s2} := 0.64$$

$$C_{mz.s2} \cdot \left(1 + 1.14 \cdot \frac{|N_{Ed.s2}|}{X_{z.s2} \cdot \frac{N_{Rk.s2}}{Y_{M1}}} \right) = 0.76$$

$$k_{yz.s2} := 0.6 \cdot k_{zz.s2} = 0.38$$

$$\frac{|N_{Ed.s2}|}{X_{y.s2} \cdot \frac{N_{Rk.s2}}{Y_{M1}}} + k_{yy.s2} \cdot \frac{|M_{y.Ed.s2}|}{X_{LT.s2} \cdot \frac{M_{y.Rk.s2}}{Y_{M1}}} + k_{yz.s2} \cdot \frac{|M_{z.Ed.s2}|}{\frac{M_{z.Rk.s2}}{Y_{M1}}} = 0.67 \quad 0.67 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.s2}|}{X_{z.s2} \cdot \frac{N_{Rk.s2}}{Y_{M1}}} + k_{zy.s2} \cdot \frac{|M_{y.Ed.s2}|}{X_{LT.s2} \cdot \frac{M_{y.Rk.s2}}{Y_{M1}}} + k_{zz.s2} \cdot \frac{|M_{z.Ed.s2}|}{\frac{M_{z.Rk.s2}}{Y_{M1}}} = 0.82 \quad 0.82 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.s2}|}{\frac{N_{Rk.s2}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{y.Ed.s2}|}{\frac{M_{y.Rk.s2}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{z.Ed.s2}|}{\frac{M_{z.Rk.s2}}{Y_{M1}}} = 0.67 \quad 0.67 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení smykové únosnosti

$$V_{z.Ed.s2} := 1.54 \text{ kN} \quad \text{-KZS4}$$

$$V_{pl.Rd.s2} := \frac{A_{vz.s2} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 245.30 \text{ kN}$$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.s2} = 122.65 \text{ kN}$$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.s2} \geq V_{z.Ed.s2} \quad \rightarrow \quad \text{Malý smyk, není potřeba posuzovat interakci smyku a ohybu}$$

5.2. Varianta 2 - Trubkové sloupy

Vnitřní síly sloupů

Číslo sloupu	Kombinace	N	M_y	M_z
		[kN]	[kNm]	[kNm]
S1	KZS4	-234,95	1,01	0,79
	KZS5	-91,84	-1,10	-0,51
S2	KZS5	-540,50	-2,67	-3,38
	KZS3	-200,92	-2,65	-2,24
	KZS10	-220,19	-3,59	-1,22
S3	KZS5	-608,45	-3,11	-3,71
	KZS3	-595,45	-3,28	-2,64
S4	KZS6	-438,73	2,53	3,09
	KZS5	-75,32	-2,56	-0,89
S5	KZS6	-509,73	2,24	2,93
	KZS5	-61,14	-3,81	-0,69

Tučně zvýrazněné síly jsou největší pro daný sloup skrz všechny kombinace

-Sloup S1 bude posouzen na kombinaci KZS4

-Výrazně největší normálová síla, zanedbatelně menší ohybový moment M_y

-Sloupy S2-S5 budou posouzeny na síly od sloupu S3

-Největší normálová síla, největší ohybový moment M_z , ohybový moment M_y je větší pouze v kombinaci s výrazně menší tlakovou silou

Posudek sloupu S1

Předběžný odhad sloupu

TR 133x5

$$d_{s3} := 133 \text{ mm}$$

$$t_{s3} := 5 \text{ mm}$$

$$A_{s3} := 2011 \text{ mm}^2$$

$$I_{s3} := 412 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{s3} := 45.3 \text{ mm}$$

$$W_{pl.s3} := 82 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{v.z.s3} := 1280 \text{ mm}^2$$

KZS4: $N_{Ed.s3} := -234.95 \text{ kN}$

$$M_{y.Ed.s3} := 1.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Ed.s3} := 0.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

1) MSP

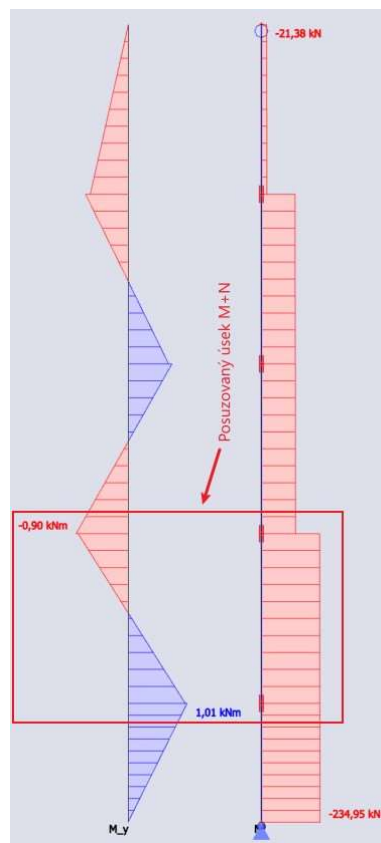
$$h_{s/3} := 13.63 \text{ m}$$

$$\sigma_{lim.s3} := \frac{h_{s/3}}{150} = 90.9 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s3} := 22.3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s3} \leq \sigma_{lim.s3}$$

VYHOVUJE



2) MSÚ

Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

$$\frac{d_{s3}}{t_{s3}} = 26.60 \quad 50 \cdot \varepsilon^2 = 50.00$$

$$\frac{d_{s3}}{t_{s3}} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \quad \text{PRŮŘEZ TŘÍDY 1}$$

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Štíhlosti sloupu

$$L_{cr.s3} := 2900 \text{ mm}$$

$$\lambda_{s3} := \frac{L_{cr.s3}}{i_{s3}} = 64.02$$

Poměrné štíhlosti $\lambda_1 := 93.9$ - pro ocel S235

$$\lambda_{rel.s3} := \frac{\lambda_{s3}}{\lambda_1} = 0.68$$

Součinitel vzpěrnosti

$$X_{s3} := 0.737$$

-vzp. křivka c (trubky tvarované za studena)

Vliv klopení

Kruhové trubky nejsou náchylné na klopení - uvažují:

$$X_{LT.s3} := 1$$

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem

$$\psi_{y.s3} := \frac{-0.90}{1.01} = -0.89$$

$$C_{my.s3} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{y.s3} = 0.24 \quad - \quad C_{my.s3} := 0.4$$

$$\alpha_{z.s3} := \frac{-0.24}{0.79} = -0.30 \quad \psi_{z.s3} := \frac{0.07}{0.79} = 0.09$$

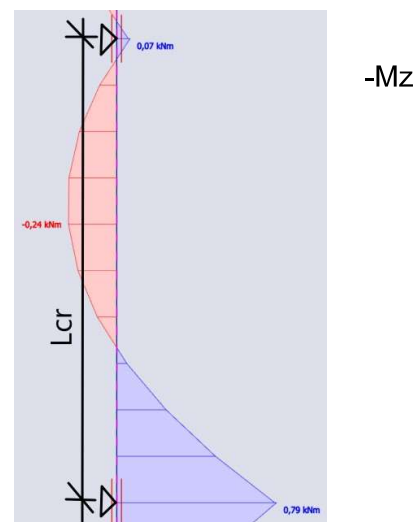
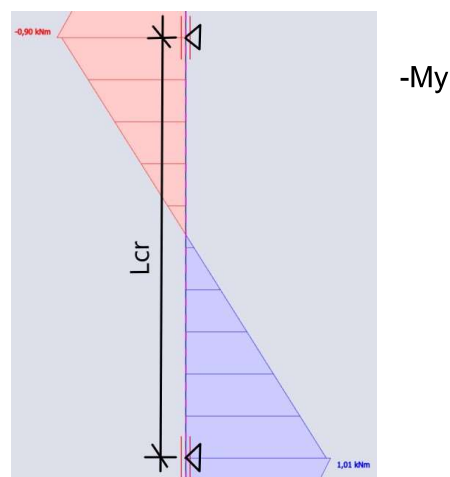
$$C_{mz.s3} := 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{z.s3} = 0.34$$

$$C_{mz.s3} := 0.4$$

$$N_{Rk.s3} := A_{s3} \cdot f_{yk} = 472.59 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk.s3} := W_{pl.s3} \cdot f_{yk} = 19.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Rk.s3} := W_{pl.s3} \cdot f_{yk} = 19.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Posudek na kombinaci KZS4

k_{yy} -minimum z následujících hodnot

$$C_{my.s3} \cdot \left(1 + (\lambda_{rel.s3} - 0.2) \cdot \frac{|N_{Ed.s3}|}{X_{s3} \cdot \frac{N_{Rk.s3}}{Y_{M1}}} \right) = 0.53 \quad \rightarrow \quad k_{yy.s3} := 0.53$$

$$C_{my.s3} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{|N_{Ed.s3}|}{X_{s3} \cdot \frac{N_{Rk.s3}}{Y_{M1}}} \right) = 0.62$$

$$k_{zy.s3} := 0.6 \cdot k_{yy.s3} = 0.32$$

k_{zz} -minimum z následujících hodnot

$$C_{mz.s3} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{rel.s3} - 0.6) \cdot \frac{|N_{Ed.s3}|}{X_{s3} \cdot \frac{N_{Rk.s3}}{Y_{M1}}} \right) = 0.61 \quad \rightarrow \quad k_{zz.s3} := 0.61$$

$$C_{mz.s3} \cdot \left(1 + 1.14 \cdot \frac{|N_{Ed.s3}|}{X_{s3} \cdot \frac{N_{Rk.s3}}{Y_{M1}}} \right) = 0.71$$

$$k_{yz.s3} := 0.6 \cdot k_{zz.s3} = 0.37$$

$$\frac{|N_{Ed.s3}|}{X_{s3} \cdot \frac{N_{Rk.s3}}{Y_{M1}}} + k_{yy.s3} \cdot \frac{|M_{y.Ed.s3}|}{X_{LT.s3} \cdot \frac{M_{y.Rk.s3}}{Y_{M1}}} + k_{yz.s3} \cdot \frac{|M_{z.Ed.s3}|}{\frac{M_{z.Rk.s3}}{Y_{M1}}} = 0.72 \quad 0.72 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.s3}|}{X_{s3} \cdot \frac{N_{Rk.s3}}{Y_{M1}}} + k_{zy.s3} \cdot \frac{|M_{y.Ed.s3}|}{X_{LT.s3} \cdot \frac{M_{y.Rk.s3}}{Y_{M1}}} + k_{zz.s3} \cdot \frac{|M_{z.Ed.s3}|}{\frac{M_{z.Rk.s3}}{Y_{M1}}} = 0.72 \quad 0.72 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.s3}|}{\frac{N_{Rk.s3}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{y.Ed.s3}|}{\frac{M_{y.Rk.s3}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{z.Ed.s3}|}{\frac{M_{z.Rk.s3}}{Y_{M1}}} = 0.59 \quad 0.59 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení smykové únosnosti

$$V_{z.Ed.s3} := -1.28 \text{ kN} \quad \text{-KZS6}$$

$$V_{pl.Rd.s3} := \frac{A_{vz.s3} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 173.67 \text{ kN}$$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.s3} = 86.83 \text{ kN}$$

$0.5 \cdot V_{pl.Rd.s3} \geq V_{z.Ed.s3}$ -> Malý smyk, není potřeba posuzovat interakci smyku a ohybu

Posudek sloupů S2-S5

Předběžný odhad sloupu

TR 219x6.3

$$d_{s4} := 219 \text{ mm}$$

$$t_{s4} := 6.3 \text{ mm}$$

$$A_{s4} := 4210 \text{ mm}^2$$

$$I_{s4} := 2380 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_{s4} := 75.2 \text{ mm}$$

$$W_{pl.s4} := 285 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{v.z.s4} := 2680 \text{ mm}^2$$

KZS5: $N_{Ed.s4} := -608.45 \text{ kN}$

$$M_{y.Ed.s4} := -3.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z.Ed.s4} := -3.71 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

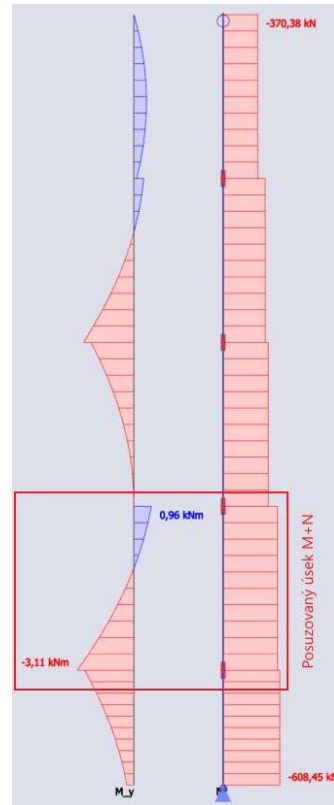
1) MSP

$$h_{s4} := 14.5 \text{ m}$$

$$\sigma_{lim.s4} := \frac{h_{sl1}}{150} = 90.9 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s4} := 17.9 \text{ mm}$$

$$\sigma_{s4} \leq \sigma_{lim.s4} \quad \text{VYHOVUJE}$$



2) MSÚ

Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

$$\frac{d_{s4}}{t_{s4}} = 34.76 \quad 50 \cdot \varepsilon^2 = 50.00$$

$$\frac{d_{s3}}{t_{s3}} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \quad \text{PRŮŘEZ TŘÍDY 1}$$

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Štíhlosti sloupu

$$L_{cr.s4} := 2900 \text{ mm}$$

$$\lambda_{s4} := \frac{L_{cr.s4}}{i_{s4}} = 38.56$$

Poměrné štíhlosti $\lambda_1 := 93.9$ -pro ocel S235

$$\lambda_{rel.s4} := \frac{\lambda_{s4}}{\lambda_1} = 0.41$$

Součinitel vzpěrnosti

$$X_{s4} := 0.892$$

-vzp. křivka c (trubky tvarované za studena)

Vliv klopení

Kruhové trubky nejsou náchylné na klopení - uvažují:

$$X_{LT.s4} := 1$$

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem

$$\psi_{y.s4} := \frac{0.96}{-3.11} = -0.31$$

$$C_{my.s4} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{y.s4} = 0.48$$

$$\psi_{z.s4} := \frac{2.79}{-3.71} = -0.75$$

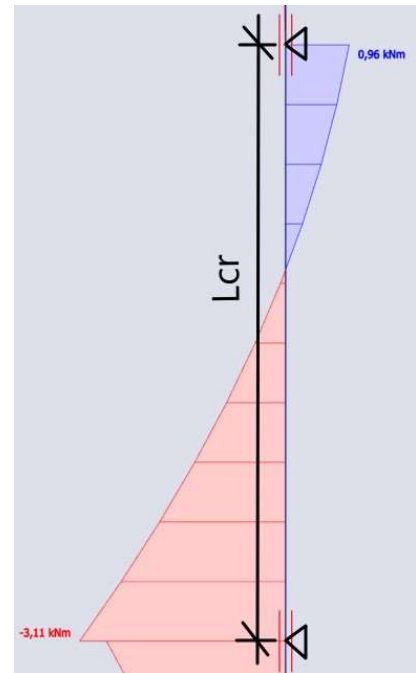
$$C_{mz.s4} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{z.s4} = 0.30$$

$$C_{mz.s4} := 0.4$$

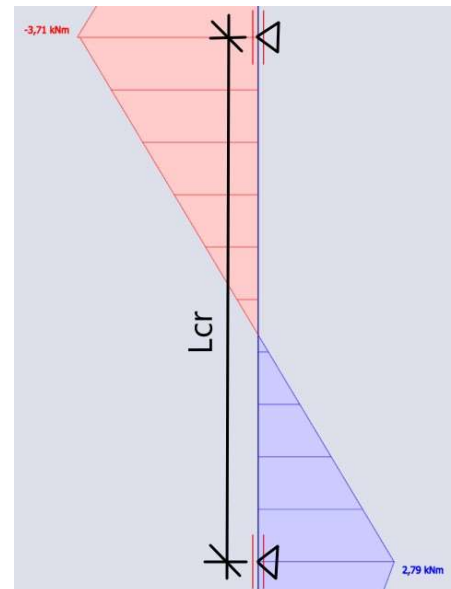
$$N_{Rk.s4} := A_{s4} \cdot f_{yk} = 989.35 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk.s4} := W_{pl.s4} \cdot f_{yk} = 66.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Rk.s4} := W_{pl.s4} \cdot f_{yk} = 66.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



-My



-Mz

Posudek na kombinaci KZS5

k_{yy} -minimum z následujících hodnot

$$C_{my.s4} \cdot \left(1 + (\lambda_{rel.s4} - 0.2) \cdot \frac{|N_{Ed.s4}|}{X_{s4} \cdot \frac{N_{Rk.s4}}{Y_{M1}}} \right) = 0.55 \quad \rightarrow \quad k_{yy.s4} := 0.55$$

$$C_{my.s4} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{|N_{Ed.s4}|}{X_{s4} \cdot \frac{N_{Rk.s4}}{Y_{M1}}} \right) = 0.74$$

$$k_{zy.s4} := 0.6 \cdot k_{yy.s4} = 0.33$$

k_{zz} -minimum z následujících hodnot

$$C_{mz.s4} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{rel.s4} - 0.6) \cdot \frac{|N_{Ed.s4}|}{X_{s4} \cdot \frac{N_{Rk.s4}}{Y_{M1}}} \right) = 0.46 \quad \rightarrow \quad k_{zz.s4} := 0.46$$

$$C_{mz.s4} \cdot \left(1 + 1.14 \cdot \frac{|N_{Ed.s4}|}{X_{s4} \cdot \frac{N_{Rk.s4}}{Y_{M1}}} \right) = 0.71$$

$$k_{yz.s4} := 0.6 \cdot k_{zz.s4} = 0.28$$

$$\frac{|N_{Ed.s4}|}{X_{s4} \cdot \frac{N_{Rk.s4}}{Y_{M1}}} + k_{yy.s4} \cdot \frac{|M_{y.Ed.s4}|}{X_{LT.s4} \cdot \frac{M_{y.Rk.s4}}{Y_{M1}}} + k_{yz.s4} \cdot \frac{|M_{z.Ed.s4}|}{\frac{M_{z.Rk.s4}}{Y_{M1}}} = 0.73 \quad 0.73 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.s4}|}{X_{s4} \cdot \frac{N_{Rk.s4}}{Y_{M1}}} + k_{zy.s4} \cdot \frac{|M_{y.Ed.s4}|}{X_{LT.s4} \cdot \frac{M_{y.Rk.s4}}{Y_{M1}}} + k_{zz.s4} \cdot \frac{|M_{z.Ed.s4}|}{\frac{M_{z.Rk.s4}}{Y_{M1}}} = 0.73 \quad 0.73 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.s4}|}{\frac{N_{Rk.s4}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{y.Ed.s4}|}{\frac{M_{y.Rk.s4}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{z.Ed.s4}|}{\frac{M_{z.Rk.s4}}{Y_{M1}}} = 0.72 \quad 0.72 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení smykové únosnosti

$$V_{z.Ed.s4} := 2.25 \text{ kN} \quad - \quad \text{KZS5}$$

$$V_{pl.Rd.s4} := \frac{A_{vz.s4} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 363.62 \text{ kN}$$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.s4} = 181.81 \text{ kN}$$

$0.5 \cdot V_{pl.Rd.s4} \geq V_{z.Ed.s4} \rightarrow$ Malý smyk, není potřeba posuzovat interakci smyku a ohybu

5.3. Porovnání variant sloupů

VARIANTA 1

Sloupy:	1x HEA120 -celková délka: 13,63m
	4x HEA180 -celková délka: 56,26m
Jednotková hmotnost:	HEA120: 19,9 kg/m
	HEA180: 35,5 kg/m
Jednotková cena:	HEA120: 544,71 Kč/m
	HEA180: 1015,20 Kč/m
Celková hmotnost:	2268,47 kg
Celková cena:	64 540 Kč

VARIANTA 2

Sloupy:	1x TR133x5 -celková délka: 13,63m
	4x TR219x6,3 -celková délka: 56,26m
Jednotková hmotnost:	TR133x5: 15,8 kg/m
	TR219x6,3: 33 kg/m
Jednotková cena:	TR133x5: 558,76 Kč/m
	TR219x6,3: 1413,85 Kč/m
Celková hmotnost:	2071,93 kg
Celková cena:	87 159 Kč

Jednotkové ceny jsou určeny dle e-shopu www.atreon.cz

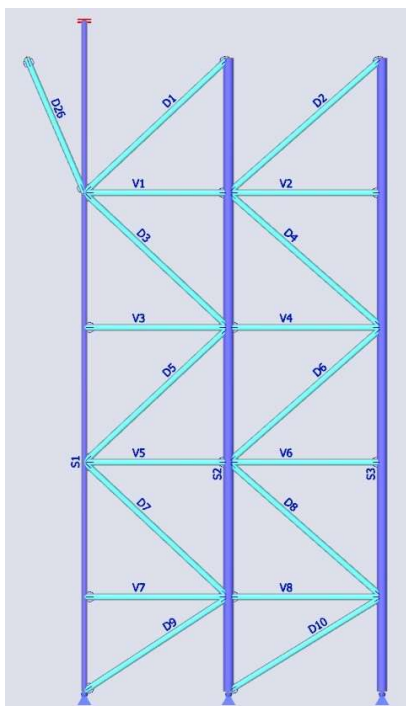
Použití kruhových trubek ušetří 197 kg materiálu, ale cenově výhodnější je varianta s HEA profily, která ušetří 22 619 Kč. Praporky ztužidel se budou snadněji přivařovat na trubky, profily mají menší nětěrovou plochu a i údržba konstrukce bude snazší.

I přes vyšší cenu volím z konstrukčních důvodů VARIANTU 2 - Kruhové trubky.

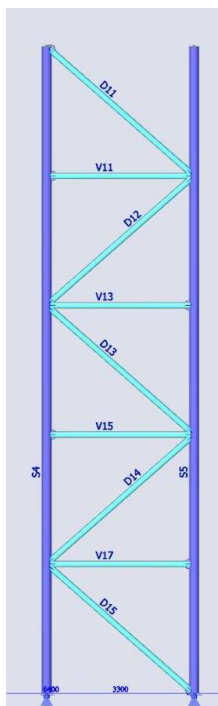
6. POSOUZENÍ ZTUŽIDEL

Schéma ztužidel

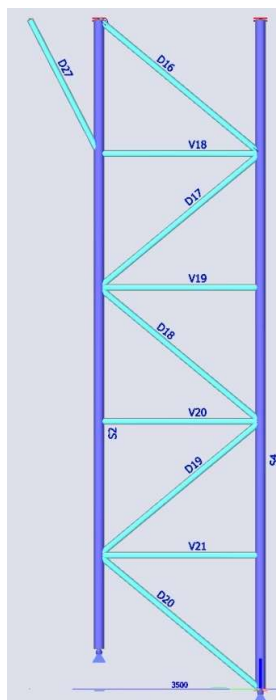
Rovina osy 1



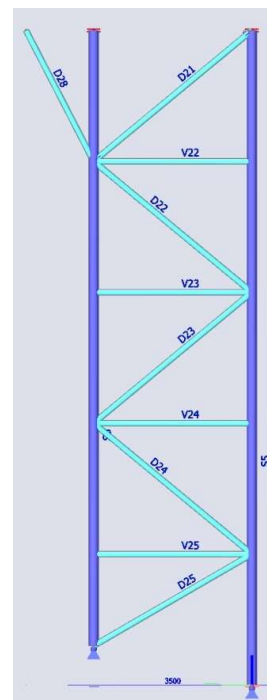
Rovina osy 2



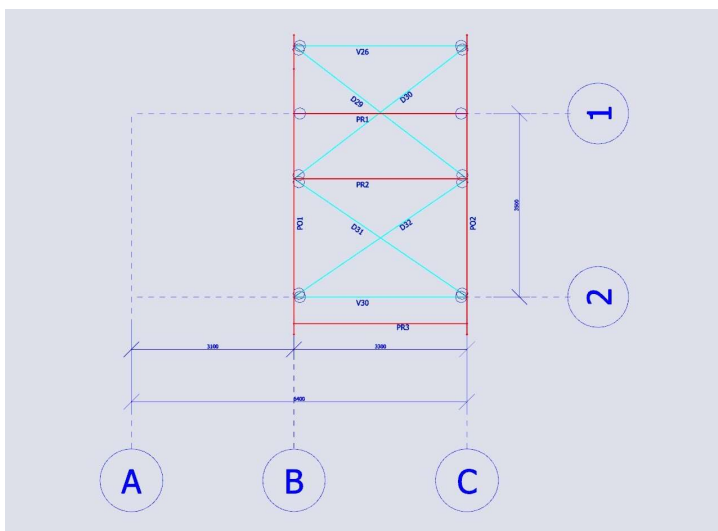
Rovina osy B



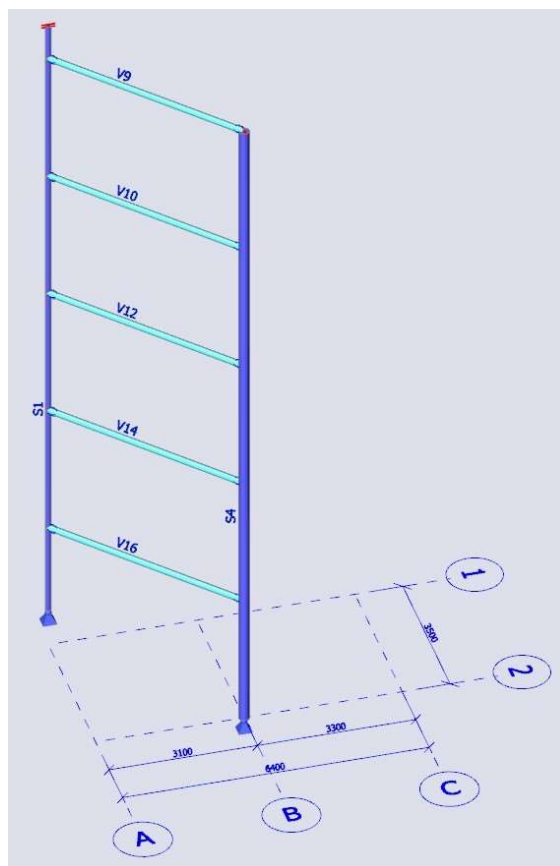
Rovina osy C



Půdorys +14,500



Pruty spojující sloupy S1 a S4



Vnitřní síly na jednotlivé pruty

1) Tlačené pruty

Jméno	Kombinace	Délka [m]	N [kN]
D1	KZS4	4,245	-80,58
D2	KZS12	4,393	-35,05
D3	KZS11	4,245	-57,11
D4	KZS3	4,393	-67,6
D5	KZS4	4,245	-79,28
D6	KZS4	4,393	-53,32
D7	KZS11	4,245	-57,59
D8	KZS3	4,393	-82,16
D9	KZS4	4,393	-75,17
D10	KZS4	3,874	-57,46
D11	KZS3	3,874	-61,91
D12	KZS12	4,393	-60,4
D13	KZS3	4,393	-80,78
D14	KZS12	4,393	-75,86
D15	KZS3	4,393	-97,98
D16	KZS14	4,545	-49,22
D17	KZS13	4,545	-86,96
D18	KZS6	4,545	-110,33
D19	KZS13	4,545	-115,61
D20	KZS6	4,545	-136,12
D21	KZS5	4,545	-59,08
D22	KZS6	4,545	-69,76
D23	KZS5	4,545	-76,27
D24	KZS6	4,545	-84,63
D25	KZS5	4,046	-80,74
D26	KZS7	4,046	-15,87
D27	KZS6	4,046	-97,77
D28	KZS6	4,046	-76,09
D29	KZS4	4,046	-12,9
D30	KZS11	4,046	-1,5
D31	KZS4	3,997	-19,42
D32	KZS11	3,997	-4,41

Jméno	Kombinace	Délka [m]	N [kN]
V1	KZS3	3,100	-8,55
V2	KZS12	3,300	-3,80
V3	KZS11	3,100	-2,41
V4	KZS12	3,100	-2,69
V5	KZS11	3,100	-13,27
V6	KZS12	3,300	-1,96
V7	KZS11	3,100	-2,69
V8	KZS12	3,100	-11,51
V9	KZS10	4,675	-14,55
V10	KZS14	4,675	-6,43
V11	KZS11	4,675	-3,84
V12	KZS6	4,675	-5,32
V13	KZS12	3,300	-2,60
V14	KZS14	3,300	-5,60
V15	KZS11	3,300	-3,26
V16	KZS6	3,300	-4,90
V17	KZS12	3,300	-3,54
V18	KZS6	3,500	-45,25
V19	KZS13	3,500	-6,05
V20	KZS14	3,500	-3,31
V21	KZS13	3,500	-6,84
V22	KZS13	3,500	-2,65
V23	KZS14	3,500	-2,83
V24	KZS13	3,500	-1,95
V25	KZS14	3,500	-3,13
V26	KZS4	3,300	-8,85
V27	KZS12	3,300	-11,53
V28	KZS4	3,300	-10,60
V29	KZS11	3,300	-16,89

2) Tažené pruty

Jméno	Kombinace	Délka [m]	N [kN]
D1	KZS11	4,245	61,36
D2	KZS3	4,393	42,14
D3	KZS4	4,245	70,23
D4	KZS12	4,393	52,36
D5	KZS11	4,245	72,98
D6	KZS11	4,393	52,38
D7	KZS4	4,245	61,43
D8	KZS12	4,393	73,84
D9	KZS11	4,393	74,68
D10	KZS11	3,874	55,22
D11	KZS12	3,874	49,64
D12	KZS3	4,393	67,61
D13	KZS12	4,393	66,63
D14	KZS3	4,393	84,21
D15	KZS12	4,393	84,11
D16	KZS5	4,545	83,67
D17	KZS6	4,545	87,90
D18	KZS13	4,545	100,14
D19	KZS6	4,545	117,92
D20	KZS13	4,545	128,11
D21	KZS14	4,545	33,93
D22	KZS13	4,545	65,85
D23	KZS14	4,545	73,41
D24	KZS13	4,545	80,03
D25	KZS14	4,046	79,79
D26	KZS12	4,046	0,00
D27	KZS13	4,046	24,48
D28	KZS13	4,046	33,02
D29	KZS11	4,046	9,28
D30	KZS10	4,046	2,67
D31	KZS11	3,997	19,40
D32	KZS4	3,997	5,40

Jméno	Kombinace	Délka [m]	N [kN]
V1	KZS12	3,100	6,81
V2	KZS3	3,300	6,03
V3	KZS4	3,100	3,69
V4	KZS3	3,100	11,74
V5	KZS4	3,100	13,05
V6	KZS3	3,300	5,69
V7	KZS4	3,100	3,74
V8	KZS3	3,100	17,16
V9	KZS13	4,675	1,52
V10	KZS5	4,675	7,40
V11	KZS4	4,675	6,07
V12	KZS13	4,675	3,99
V13	KZS3	3,300	4,78
V14	KZS5	3,300	6,97
V15	KZS4	3,300	5,82
V16	KZS13	3,300	3,78
V17	KZS3	3,300	5,25
V18	KZS13	3,500	15,04
V19	KZS6	3,500	9,51
V20	KZS5	3,500	6,12
V21	KZS6	3,500	9,11
V22	KZS6	3,500	3,90
V23	KZS5	3,500	5,38
V24	KZS6	3,500	4,64
V25	KZS5	3,500	5,64
V26	KZS11	3,300	1,35
V27	KZS3	3,300	10,47
V28	KZS11	3,300	10,89

6.1. Posudek ztužidla D1

Maximální tahová síla: $N_{Ed.tah.d1} := 61.36 \text{ kN}$

Maximální tlaková síla: $N_{Ed.tlak.d1} := -80.58 \text{ kN}$

Délka prutu: $L_{d1} := 4.245 \text{ m}$

Předběžný odhad ztužidla: TR102x3,6 $A_{d1} := 1113 \text{ mm}^2$

$$i_{d1} := 34.8 \text{ mm}$$

Vzpěrné délky

$$L_{cr.y.d1} := L_{d1} = 4.25 \text{ m}$$

$$L_{cr.z.d1} := L_{cr.y.d1} = 4.25 \text{ m}$$

Štíhlosti

$$\lambda_{y.d1} := \frac{L_{cr.y.d1}}{i_{d1}} = 121.98$$

$$\lambda_{z.d1} := \frac{L_{cr.z.d1}}{i_{d1}} = 121.98$$

Poměrné štíhlosti a součinitele vzpěrnosti

$$\lambda_{y.rel.d1} := \frac{\lambda_{y.d1}}{\lambda_1} = 1.30$$

$$\lambda_{z.rel.d1} := \frac{\lambda_{z.d1}}{\lambda_1} = 1.30$$

$$X_{y.d1} := 0.389$$

$$X_{z.d1} := 0.389$$

-vzpěrnostní křivka c
(za studena tvarované trubky)

-vzpěrnostní křivka c
(za studena tvarované trubky)

Návrhová únosnost v tahu

$$N_{Rd.d1} := \frac{A_{d1} \cdot f_{yk}}{Y_{M1}} = 261.56 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.tah.d1}}{N_{Rd.d1}} = 23\%$$

VYHOVUJE

Návrhová únosnost v tlaku

$$N_{Rd.b.d1} := \frac{X_{y.d1} \cdot A_{d1} \cdot f_{yk}}{Y_{M1}} = 101.74 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.tlak.d1}|}{N_{Rd.b.d1}} = 79\%$$

VYHOVUJE

6.2. Tlačené pruty

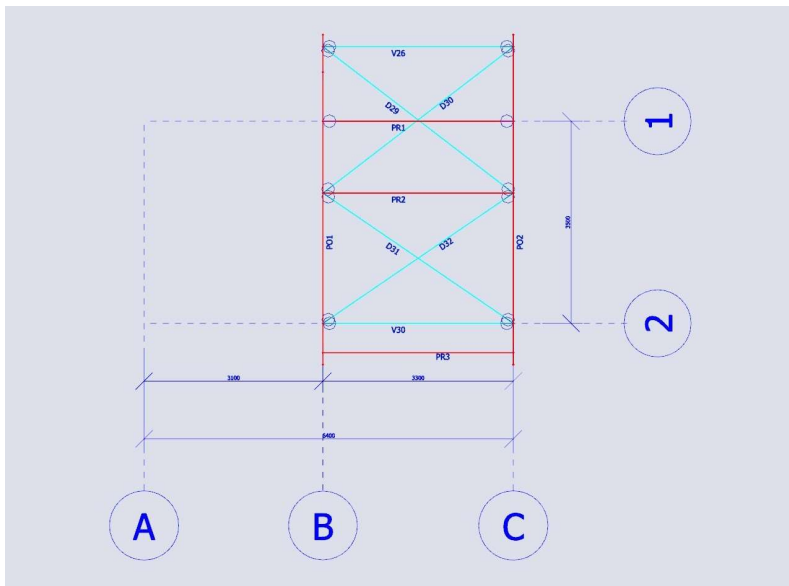
Jméno	Kombinace	N [kN]	Délka [m]	Profil	A [mm ²]	i [mm]	f _y [MPa]	L _{cr} /L	L _{cr}	λ (<200)	λ ₁ (93,9 pro S235)	λ'	α (vz. křivka a)	φ	χ	N _{red} [kN]	Využití [%]
D1	KZS4	-80,58	4,245	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,245	121,98	93,9	1,30	0,49	1,613	0,389	101,80	79
D2	KZS12	-35,05	4,393	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,393	126,24	93,9	1,34	0,49	1,684	0,371	96,93	36
D3	KZS11	-57,11	4,245	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,245	121,98	93,9	1,30	0,49	1,613	0,389	101,80	56
D4	KZS3	-67,6	4,393	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,393	126,24	93,9	1,34	0,49	1,684	0,371	96,93	70
D5	KZS4	-79,28	4,245	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,245	121,98	93,9	1,30	0,49	1,613	0,389	101,80	78
D6	KZS4	-53,32	4,393	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,393	126,24	93,9	1,34	0,49	1,684	0,371	96,93	55
D7	KZS11	-57,59	4,245	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,245	121,98	93,9	1,30	0,49	1,613	0,389	101,80	57
D8	KZS3	-82,16	4,393	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,393	126,24	93,9	1,34	0,49	1,684	0,371	96,93	85
D9	KZS4	-75,17	3,706	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	3,706	106,49	93,9	1,13	0,49	1,372	0,466	121,99	62
D10	KZS4	-57,46	3,874	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	3,874	111,33	93,9	1,19	0,49	1,444	0,441	115,26	50
D11	KZS3	-61,91	4,393	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,393	126,24	93,9	1,34	0,49	1,684	0,371	96,93	64
D12	KZS12	-60,4	4,393	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,393	126,24	93,9	1,34	0,49	1,684	0,371	96,93	62
D13	KZS3	-80,78	4,393	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,393	126,24	93,9	1,34	0,49	1,684	0,371	96,93	83
D14	KZS12	-75,86	4,393	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,393	126,24	93,9	1,34	0,49	1,684	0,371	96,93	78
D15	KZS3	-97,98	4,393	TR 108x4,5	1463	36,6	235	1	4,393	120,03	93,9	1,28	0,49	1,581	0,398	136,87	72
D16	KZS14	-49,22	4,545	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,545	130,61	93,9	1,39	0,49	1,759	0,353	92,22	53
D17	KZS13	-86,96	4,545	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,545	130,61	93,9	1,39	0,49	1,759	0,353	92,22	94
D18	KZS6	-110,33	4,545	TR 108x4,5	1463	36,6	235	1	4,545	124,19	93,9	1,32	0,49	1,650	0,379	130,45	85
D19	KZS13	-115,61	4,545	TR 108x4,5	1463	36,6	235	1	4,545	124,19	93,9	1,32	0,49	1,650	0,379	130,45	89
D20	KZS6	-136,12	4,545	TR 114x4,5	1548	38,7	235	1	4,545	117,45	93,9	1,25	0,49	1,540	0,410	149,24	91
D21	KZS5	-59,08	4,545	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,545	130,61	93,9	1,39	0,49	1,759	0,353	92,22	64
D22	KZS6	-69,76	4,545	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,545	130,61	93,9	1,39	0,49	1,759	0,353	92,22	76
D23	KZS5	-76,27	4,545	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,545	130,61	93,9	1,39	0,49	1,759	0,353	92,22	83
D24	KZS6	-84,63	4,545	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,545	130,61	93,9	1,39	0,49	1,759	0,353	92,22	92
D25	KZS5	-80,74	4,046	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	4,046	116,27	93,9	1,24	0,49	1,521	0,416	108,79	74
D26	KZS7	-15,87	3,154	TR 63,5x3,2	606	21,3	235	1	3,154	148,08	93,9	1,58	0,49	2,081	0,291	41,42	38
D27	KZS6	-97,77	3,263	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	3,263	93,76	93,9	1,00	0,49	1,194	0,541	141,44	69
D28	KZS6	-76,09	3,263	TR 102x3,6	1113	34,8	235	1	3,263	93,76	93,9	1,00	0,49	1,194	0,541	141,44	54
D29	KZS4	-12,9	4,161	TR 63,5x3,2	606	21,3	235	1	4,161	195,35	93,9	2,08	0,49	3,125	0,183	26,10	49
D30	KZS11	-1,5	4,161	TR 63,5x3,2	606	21,3	235	1	4,161	195,35	93,9	2,08	0,49	3,125	0,183	26,10	6
D31	KZS4	-19,42	3,997	TR 63,5x3,2	606	21,3	235	1	3,997	187,65	93,9	2,00	0,49	2,937	0,196	27,98	69
D32	KZS11	-4,41	3,997	TR 63,5x3,2	606	21,3	235	1	3,997	187,65	93,9	2,00	0,49	2,937	0,196	27,98	16
V1	KZS3	-8,55	3,100	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,100	183,43	93,9	1,95	0,49	2,838	0,204	23,09	37
V2	KZS12	-3,8	3,300	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,300	195,27	93,9	2,08	0,49	3,123	0,183	20,73	18
V3	KZS11	-2,41	3,100	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,100	183,43	93,9	1,95	0,49	2,838	0,204	23,09	10
V4	KZS12	-2,69	3,300	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,300	195,27	93,9	2,08	0,49	3,123	0,183	20,73	13
V5	KZS11	-13,27	3,100	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,100	183,43	93,9	1,95	0,49	2,838	0,204	23,09	57
V6	KZS12	-1,96	3,300	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,300	195,27	93,9	2,08	0,49	3,123	0,183	20,73	9
V7	KZS11	-2,69	3,100	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,100	183,43	93,9	1,95	0,49	2,838	0,204	23,09	12
V8	KZS12	-11,51	3,300	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,300	195,27	93,9	2,08	0,49	3,123	0,183	20,73	56
V9	KZS10	-14,55	4,675	TR 70x3,2	672	23,6	235	1	4,675	198,11	93,9	2,11	0,49	3,194	0,179	28,25	52
V10	KZS14	-6,43	4,675	TR 70x3,2	672	23,6	235	1	4,675	198,11	93,9	2,11	0,49	3,194	0,179	28,25	23
V11	KZS11	-3,84	3,300	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,300	195,27	93,9	2,08	0,49	3,123	0,183	20,73	19
V12	KZS6	-5,32	4,675	TR 70x3,2	672	23,6	235	1	4,675	198,11	93,9	2,11	0,49	3,194	0,179	28,25	19
V13	KZS12	-2,6	3,300	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,300	195,27	93,9	2,08	0,49	3,123	0,183	20,73	13
V14	KZS14	-5,6	4,675	TR 70x3,2	672	23,6	235	1	4,675	198,11	93,9	2,11	0,49	3,194	0,179	28,25	20
V15	KZS11	-3,26	3,300	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,300	195,27	93,9	2,08	0,49	3,123	0,183	20,73	16
V16	KZS6	-4,9	4,675	TR 70x3,2	672	23,6	235	1	4,675	198,11	93,9	2,11	0,49	3,194	0,179	28,25	17
V17	KZS12	-3,54	3,300	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,300	195,27	93,9	2,08	0,49	3,123	0,183	20,73	17
V18	KZS6	-45,25	3,500	TR 76x3,2	732	25,8	235	1	3,500	135,66	93,9	1,44	0,49	1,849	0,333	57,31	79
V19	KZS13	-6,05	3,500	TR 57x3,2	541	19,1	235	1	3,500	183,25	93,9	1,95	0,49	2,833	0,205	26,01	23
V20	KZS14	-3,31	3,500	TR 57x3,2	541	19,1	235	1	3,500	183,25	93,9	1,95	0,49	2,833	0,205	26,01	13
V21	KZS13	-6,84	3,500	TR 57x3,2	541	19,1	235	1	3,500	183,25	93,9	1,95	0,49	2,833	0,205	26,01	26
V22	KZS13	-2,65	3,500	TR 57x3,2	541	19,1	235	1	3,500	183,25	93,9	1,95	0,49	2,833	0,205	26,01	10
V23	KZS14	-2,83	3,500	TR 57x3,2	541	19,1	235	1	3,500	183,25	93,9	1,95	0,49	2,833	0,205	26,01	11
V24	KZS13	-1,95	3,500	TR 57x3,2	541	19,1	235	1	3,500	183,25	93,9	1,95	0,49	2,833	0,205	26,01	7
V25	KZS14	-3,13	3,500	TR 57x3,2	541	19,1	235	1	3,500	183,25	93,9	1,95	0,49	2,833	0,205	26,01	12
V26	KZS4	-8,85	3,300	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,300	195,27	93,9	2,08	0,49	3,123	0,183	20,73	43
V27	KZS4	-10,6	3,300	TR 51x3,2	481	16,9	235	1	3,300	195,27	93,9	2,08	0,49	3,123	0,183	20,73	51

6.3. Tažené pruty

Jméno	Kombinace	N [kN]	Profil	A [mm ²]	f _y [MPa]	N _{Rd} [kN]	Využití [%]
D1	KZS11	61,36	TR 102x3,6	1113	235	261,56	23
D2	KZS3	42,14	TR 102x3,6	1113	235	261,56	16
D3	KZS4	70,23	TR 102x3,6	1113	235	261,56	27
D4	KZS12	52,36	TR 102x3,6	1113	235	261,56	20
D5	KZS11	72,98	TR 102x3,6	1113	235	261,56	28
D6	KZS11	52,38	TR 102x3,6	1113	235	261,56	20
D7	KZS4	61,43	TR 102x3,6	1113	235	261,56	23
D8	KZS12	73,84	TR 102x3,6	1113	235	261,56	28
D9	KZS11	74,68	TR 102x3,6	1113	235	261,56	29
D10	KZS11	55,22	TR 102x3,6	1113	235	261,56	21
D11	KZS12	49,64	TR 102x3,6	1113	235	261,56	19
D12	KZS3	67,61	TR 102x3,6	1113	235	261,56	26
D13	KZS12	66,63	TR 102x3,6	1113	235	261,56	25
D14	KZS3	84,21	TR 102x3,6	1113	235	261,56	32
D15	KZS12	84,11	TR 108x4,5	1463	235	343,81	24
D16	KZS5	83,67	TR 102x3,6	1113	235	261,56	32
D17	KZS6	87,9	TR 102x3,6	1113	235	261,56	34
D18	KZS13	100,14	TR 108x4,5	1463	235	343,81	29
D19	KZS6	117,92	TR 108x4,5	1463	235	343,81	34
D20	KZS13	128,11	TR 114x4,5	1548	235	363,78	35
D21	KZS14	33,93	TR 102x3,6	1113	235	261,56	13
D22	KZS13	65,85	TR 102x3,6	1113	235	261,56	25
D23	KZS14	73,41	TR 102x3,6	1113	235	261,56	28
D24	KZS13	80,03	TR 102x3,6	1113	235	261,56	31
D25	KZS14	79,79	TR 102x3,6	1113	235	261,56	31
D26	KZS12	0	TR 63,5x3,2	606	235	142,41	0
D27	KZS13	24,48	TR 102x3,6	1113	235	261,56	9
D28	KZS13	33,02	TR 102x3,6	1113	235	261,56	13
D29	KZS11	9,28	TR 63,5x3,2	606	235	142,41	7
D30	KZS10	2,67	TR 63,5x3,2	606	235	142,41	2
D31	KZS11	19,4	TR 63,5x3,2	606	235	142,41	14
D32	KZS4	5,4	TR 63,5x3,2	606	235	142,41	4
V1	KZS12	6,81	TR 51x3,2	481	235	113,04	6
V2	KZS3	6,03	TR 51x3,2	481	235	113,04	5
V3	KZS4	3,69	TR 51x3,2	481	235	113,04	3
V4	KZS3	11,74	TR 51x3,2	481	235	113,04	10
V5	KZS4	13,05	TR 51x3,2	481	235	113,04	12
V6	KZS3	5,69	TR 51x3,2	481	235	113,04	5
V7	KZS4	3,74	TR 51x3,2	481	235	113,04	3
V8	KZS3	17,16	TR 51x3,2	481	235	113,04	15
V9	KZS13	1,52	TR 70x3,2	672	235	157,92	1
V10	KZS5	7,4	TR 70x3,2	672	235	157,92	5
V11	KZS4	6,07	TR 51x3,2	481	235	113,04	5
V12	KZS13	3,99	TR 70x3,2	672	235	157,92	3
V13	KZS3	4,78	TR 51x3,2	481	235	113,04	4
V14	KZS5	6,97	TR 70x3,2	672	235	157,92	4
V15	KZS4	5,82	TR 51x3,2	481	235	113,04	5
V16	KZS13	3,78	TR 70x3,2	672	235	157,92	2
V17	KZS3	5,25	TR 51x3,2	481	235	113,04	5
V18	KZS13	15,04	TR 76x3,2	732	235	172,02	9
V19	KZS6	9,51	TR 57x3,2	541	235	127,14	7
V20	KZS5	6,12	TR 57x3,2	541	235	127,14	5
V21	KZS6	9,11	TR 57x3,2	541	235	127,14	7
V22	KZS6	3,9	TR 57x3,2	541	235	127,14	3
V23	KZS5	5,38	TR 57x3,2	541	235	127,14	4
V24	KZS6	4,64	TR 57x3,2	541	235	127,14	4
V25	KZS5	5,64	TR 57x3,2	541	235	127,14	4
V26	KZS11	1,35	TR 51x3,2	481	235	113,04	1
V27	KZS11	10,89	TR 51x3,2	481	235	113,04	10

7. POSOUZENÍ VODOROVNÝCH NOSNÍKŮ

Schéma nosníků



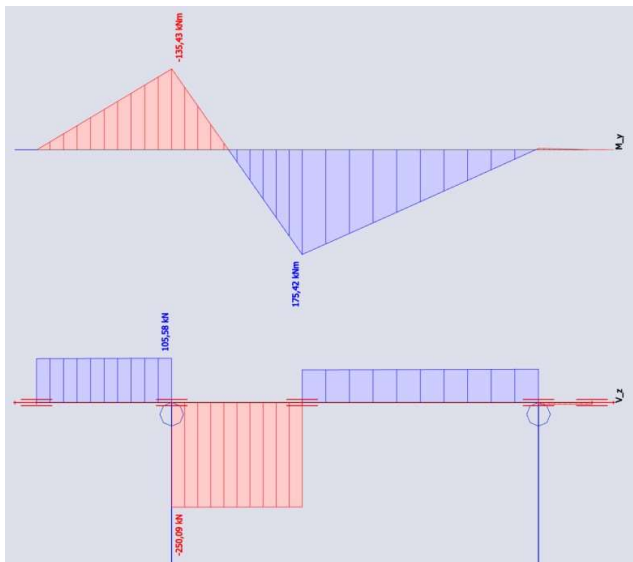
7.1. Posudek nosníků PO1, PO2

Globální maxima vnitřních sil

Jméno	Kombinace	M_y [kNm]	V_z [kN]
PO1	KZS5	126,24	-198,12
PO2	KZS5	175,42	-250,09

-Oba nosníky budou navrženy na zatížení od KZS5 na nosník PO2

Průběh vnitřních sil na PO2 (KZS5)



-Nosník bude posouzen na smykovou a ohybovou únosnost, na kombinaci smyku a ohybu a na klopení

$$V_{z,Ed,po} := -250.09 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,po} := 175.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Předběžný odhad nosníku - IPE330

$$\begin{aligned}
 h_{po} &= 330 \text{ mm} & r_{po} &= 18 \text{ mm} & i_{y,po} &= 137.10 \text{ mm} & W_{pl,z,po} &= (1.54 \cdot 10^5) \text{ mm}^3 \\
 b_{po} &= 160 \text{ mm} & A_{po} &= 6261 \text{ mm}^2 & W_{pl,y,po} &= (8.04 \cdot 10^5) \text{ mm}^3 & A_{v,z,po} &= 3081 \text{ mm}^2 \\
 t_{w,po} &= 8 \text{ mm} & d_{po} &:= 331 \text{ mm} & I_{z,po} &= (7.88 \cdot 10^6) \text{ mm}^4 \\
 t_{f,po} &= 12 \text{ mm} & I_{y,po} &= (1.18 \cdot 10^8) \text{ mm}^4 & i_{z,po} &= 35.50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1) MSP

$$L_{po} := 5.71 \text{ m}$$

$$\sigma_{lim.po} := \frac{L_{po}}{400} = 14.3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{po} := 8.8 \text{ mm}$$

$$\sigma_{po} \leq \sigma_{lim.po} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2) MSÚ

Smyková

únosnost

$$V_{pl.Rd.po} := \frac{A_{v.z.po} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 418.02 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{z.Ed.po}|}{V_{pl.Rd.po}} = 60\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ohybová únosnost

$$M_{Rd.po} := \frac{W_{pl.y.po} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 189.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.po}}{M_{Rd.po}} = 93\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Interakce ohybu a smyku

Redukovaná smyková
plocha

$$\rho_{po} := \left(\frac{2 \cdot |V_{z.Ed.po}|}{V_{pl.Rd.po}} - 1 \right)^2 = 0.04$$

$$(1 - \rho_{po}) \cdot f_{yk} = 225.92 \text{ MPa}$$

Únosnost průřezu za ohybu se smykem

$$A_{w.po} := t_{w.po} \cdot d_{po} = 2482.50 \text{ mm}^2$$

$$M_{y.V.Rd} := \frac{\left(W_{pl.y.po} - \frac{\rho_{po} \cdot A_{w.po}^2}{4 \cdot t_{w.po}} \right) \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 187.15 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{Ed.po}}{M_{y.V.Rd}} = 94\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnot v klopení

Kritický moment (výpočet proveden v LTBeamN - viz **příloha 2**)

$$M_{cr.po} := 1296.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT.rel.po} := \sqrt{\frac{W_{pl.y.po} \cdot f_{yk}}{M_{cr.po}}} = 0.38$$

$$\alpha_{LT} := 0.34 \quad \lambda_{LT.rel.0} := 0.4 \quad \beta := 0.75$$

$$\phi_{LT.po} := 0.5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT.rel.po} - \lambda_{LT.rel.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT.rel.po}^2 \right) = 0.55$$

$$X_{LT.po} := \frac{1}{\phi_{LT.po} + \sqrt{\phi_{LT.po}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT.rel.po}^2}} = 1.01 \quad X_{LT.po} := 1.0$$

$$M_{b.Rd.po} := X_{LT.po} \cdot W_{pl.y.po} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 189.01 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{Ed.po}}{M_{b.Rd.po}} = 93\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

7.2. Posudek nosníku PR1

Nosník působí jako svislíce vodorovného ztužení - bude posouzen na normálovou sílu

Maximální tahová síla: $N_{Ed.tah.pr} := 12.41 \text{ kN}$

Maximální tlaková síla: $N_{Ed.tlak.pr} := -15.62 \text{ kN}$

Délka prutu: $L_{pr} := 3.3 \text{ m}$

Předběžný odhad ztužidla: IPE80 $A_{pr} := 764 \text{ mm}^2$

$$i_{y.pr} := 32.4 \text{ mm}$$

$$i_{z.pr} := 10.5 \text{ mm}$$

Vzpěrné délky (nosník je uprostřed rozpětí podepřen diagonálními ztužidly)

$$L_{cr.y.pr} := L_{pr} = 3.30 \text{ m}$$

$$L_{cr.z.pr} := 0.5 \cdot L_{cr.y.pr} = 1.65 \text{ m}$$

Štíhlosti

$$\lambda_{y.pr} := \frac{L_{cr.y.pr}}{i_{y.pr}} = 101.85$$

$$\lambda_{z.pr} := \frac{L_{cr.z.pr}}{i_{z.pr}} = 157.14$$

Poměrné štíhlosti a součinitele vzpěrnosti

$$\lambda_{y.rel.pr} := \frac{\lambda_{y.pr}}{\lambda_1} = 1.08$$

$$\lambda_{z.rel.pr} := \frac{\lambda_{z.pr}}{\lambda_1} = 1.67$$

$$X_{y.pr} := 0.610$$

$$X_{z.pr} := 0.287$$

-vzpěrnostní křivka a

-vzpěrnostní křivka b

Návrhová únosnost v tahu

$$N_{Rd.pr} := \frac{A_{pr} \cdot f_{yk}}{Y_{M1}} = 179.54 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.tah.pr}}{N_{Rd.pr}} = 7\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrhová únosnost v tlaku

$$N_{Rd.b.y.pr} := \frac{X_{y.pr} \cdot A_{pr} \cdot f_{yk}}{Y_{M1}} = 109.52 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.tlak.pr}|}{N_{Rd.b.y.pr}} = 14\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{Rd.b.z.pr} := \frac{X_{z.pr} \cdot A_{pr} \cdot f_{yk}}{Y_{M1}} = 51.53 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.tlak.pr}|}{N_{Rd.b.z.pr}} = 30\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

7.3. Posudek nosníků PR2, PR3

Nosníky jsou tuze spojeny s nosníky PO1 a PO2, aby přenesly kroucení podélných nosníků od excentricky působících vodorovných reakcí horní technologické konstrukce

Globální maxima vnitřních sil

Jméno	Kombinace	N [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
PR2	KZS12	-14,96	0,3	-1,45
	KZS5	2,43	0,43	0,42
	KZS3	14,46	0,41	1,59
PR3	KZS11	-16,22	0,32	1,32
	KZS4	13,99	0,42	-1,43

-Nosníky budou navrženy jednotně a budou posouzeny na kombinaci KZS11 pro nosník PR3
 -Nosníky budou posouzeny na ohyb k měkké ose a na interakci tlaku a dvouosého ohybu

Předběžný odhad nosníku IPE100

$$h_{pr2} = 100 \text{ mm} \quad I_{y,pr2} = (1.71 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$b_{pr2} = 55 \text{ mm} \quad i_{y,pr2} = 40.70 \text{ mm}$$

$$t_{w,pr2} = 4 \text{ mm} \quad W_{pl.y,pr2} = (3.94 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$t_{f,pr2} = 6 \text{ mm} \quad I_{z,pr2} = (1.59 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

$$r_{pr2} = 7 \text{ mm} \quad i_{z,pr2} = 12.40 \text{ mm}$$

$$A_{pr2} = (1.03 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad W_{pl.z,pr2} = (9.15 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$d_{pr2} := 74.6 \text{ mm}$$

KZS12: $N_{Ed,pr2} := -16.22 \text{ kN}$

$$M_{y,Ed,pr2} := 0.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z,Ed,pr2} := 1.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

1) MSP

$$L_{pr2} := 3.3 \text{ m}$$

$$\sigma_{lim,pr2} := \frac{L_{pr2}}{250} = 13.2 \text{ mm}$$

$$\sigma_{pr2} := 8.8 \text{ mm}$$

$$\sigma_{pr2} \leq \sigma_{lim,pr2} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2) MSÚ

Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

$$X_{pr2} := \frac{|N_{Ed,pr2}|}{t_{w,pr2} \cdot f_{yk}} = 16.83 \text{ mm} \quad \alpha_{pr2} := \frac{0.5 \cdot d_{pr2} + X_{pr2}}{d_{pr2}} = 0.73$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{d_{pr2}}{t_{w,pr2}} = 18.20 \quad \varepsilon := 1 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{pr2} - 1} = 46.95$$

$$\frac{d_{pr2}}{t_{w,pr2}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{pr2} - 1} \quad \text{-stojina třídy 1}$$

Zatřídění pásnice

$$c_{pr2} := b_{pr2} - t_{w,pr2} - 2 \cdot r_{pr2} = 36.90 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{pr2}}{t_{f,pr2}} = 6.47$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{pr2} - 1} = 46.95$$

$$\frac{c_{pr2}}{t_{f,pr2}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{pr2} - 1} \quad \text{-pásnice třídy 1}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Štíhlosti sloupu

$$L_{cr,y,pr2} := 3300 \text{ mm} \quad L_{cr,z,pr2} := 3300 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y,pr2} := \frac{L_{cr,y,pr2}}{i_{y,pr2}} = 81.08 \quad \lambda_{z,pr2} := \frac{L_{cr,z,pr2}}{i_{z,pr2}} = 266.13$$

Poměrné štíhlosti $\lambda_1 := 93.9$ -pro ocel S235

$$\lambda_{y,rel,pr2} := \frac{\lambda_{y,pr2}}{\lambda_1} = 0.86 \quad \lambda_{z,rel,pr2} := \frac{\lambda_{z,pr2}}{\lambda_1} = 2.83$$

Součinitel vzpěrnosti

$$X_{y,pr2} := 0.760 \quad X_{z,pr2} := 0.111$$

-vzp. křivka a

-vzp. křivka b

Vliv klopení

Kritický moment (výpočet proveden v LTBeamN - viz **příloha 2**)

$$M_{cr.pr2} := 10.99 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT,rel.pr2} := \sqrt{\frac{W_{pl,y.pr2} \cdot f_{yk}}{M_{cr.pr2}}} = 0.92$$

$$\alpha_{LT} := 0.34 \quad \lambda_{LT,rel,0} := 0.4 \quad \beta := 0.75$$

$$\phi_{LT,pr2} := 0.5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT,rel,pr2} - \lambda_{LT,rel,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT,rel,pr2}^2 \right) = 0.90$$

$$X_{LT,pr2} := \frac{1}{\phi_{LT,pr2} + \sqrt{\phi_{LT,pr2}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT,rel,pr2}^2}} = 0.75$$

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem

$$\psi_{y,pr2} := \frac{0.01}{-0.02} = -0.50$$

$$\alpha_{s,pr2} := \frac{-0.02}{0.3} = -0.07$$

$$C_{my,pr2} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{s,pr2} \cdot (1 + 2 \cdot \psi_{y,pr2}) = 0.95$$

$$C_{mLT,pr2} := C_{my,pr2} = 0.95$$

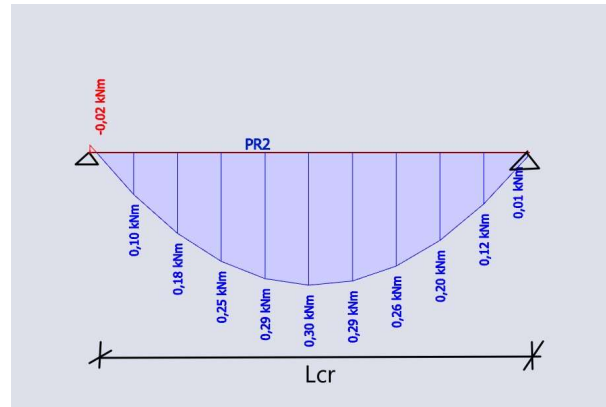
$$\psi_{z,pr2} := \frac{-1.41}{1.45} = -0.97$$

$$C_{mz,pr2} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{z,pr2} = 0.21$$

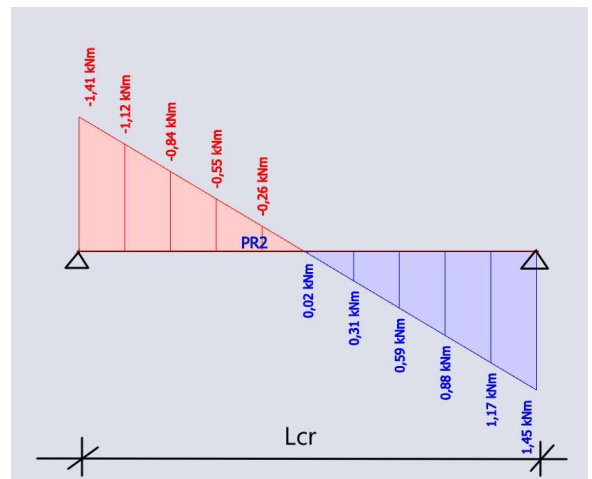
$$N_{Rk,pr2} := A_{pr2} \cdot f_{yk} = 242.52 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk,pr2} := W_{pl,y,pr2} \cdot f_{yk} = 9.26 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Rk,pr2} := W_{pl,z,pr2} \cdot f_{yk} = 2.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



-My



-Mz

Posudek na kombinaci KZS5

k_{yy} -minimum z následujících hodnot

$$C_{my,pr2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,rel,pr2} - 0.2) \cdot \frac{|N_{Ed,pr2}|}{X_{y,pr2} \cdot \frac{N_{Rk,pr2}}{Y_{M1}}} \right) = 1.01 \quad \rightarrow \quad k_{yy,pr2} := 1.01$$

$$C_{my,pr2} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{|N_{Ed,pr2}|}{X_{y,pr2} \cdot \frac{N_{Rk,pr2}}{Y_{M1}}} \right) = 1.02$$

k_{zy} -maximum z následujících hodnot

$$1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z,rel,pr2}}{C_{mLT,pr2} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed,pr2}}{X_{z,pr2} \cdot \frac{N_{Rk,pr2}}{Y_{M1}}} = 1.24$$

$$1 - \frac{0.1}{C_{mLT,pr2} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed,pr2}}{X_{z,pr2} \cdot \frac{N_{Rk,pr2}}{Y_{M1}}} = 1.09 \quad \rightarrow \quad k_{zy,pr2} := 1.09$$

k_{zz} -minimum z následujících hodnot

$$C_{mz,pr2} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,rel,pr2} - 0.6) \cdot \frac{|N_{Ed,pr2}|}{X_{z,pr2} \cdot \frac{N_{Rk,s4}}{Y_{M1}}} \right) = 0.37$$

$$C_{mz,pr2} \cdot \left(1 + 1.14 \cdot \frac{|N_{Ed,s4}|}{X_{z,pr2} \cdot \frac{N_{Rk,pr2}}{Y_{M1}}} \right) = 5.65 \quad \rightarrow \quad k_{zz,pr2} := 0.37$$

$$k_{yz,pr2} := 0.6 \cdot k_{zz,pr2} = 0.22$$

$$\frac{|N_{Ed,pr2}|}{X_{y,pr2} \cdot \frac{N_{Rk,pr2}}{Y_{M1}}} + k_{yy,pr2} \cdot \frac{|M_{y,Ed,pr2}|}{X_{LT,pr2} \cdot \frac{M_{y,Rk,pr2}}{Y_{M1}}} + k_{yz,pr2} \cdot \frac{|M_{z,Ed,pr2}|}{\frac{M_{z,Rk,pr2}}{Y_{M1}}} = 0.27 \quad 0.27 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed,pr2}|}{X_{z,pr2} \cdot \frac{N_{Rk,pr2}}{Y_{M1}}} + k_{zy,pr2} \cdot \frac{|M_{y,Ed,pr2}|}{X_{LT,pr2} \cdot \frac{M_{y,Rk,pr2}}{Y_{M1}}} + k_{zz,pr2} \cdot \frac{|M_{z,Ed,pr2}|}{\frac{M_{z,Rk,pr2}}{Y_{M1}}} = 0.88 \quad 0.88 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed,pr2}|}{\frac{N_{Rk,pr2}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{y,Ed,pr2}|}{\frac{M_{y,Rk,pr2}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{z,Ed,pr2}|}{\frac{M_{z,Rk,pr2}}{Y_{M1}}} = 0.72 \quad 0.72 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

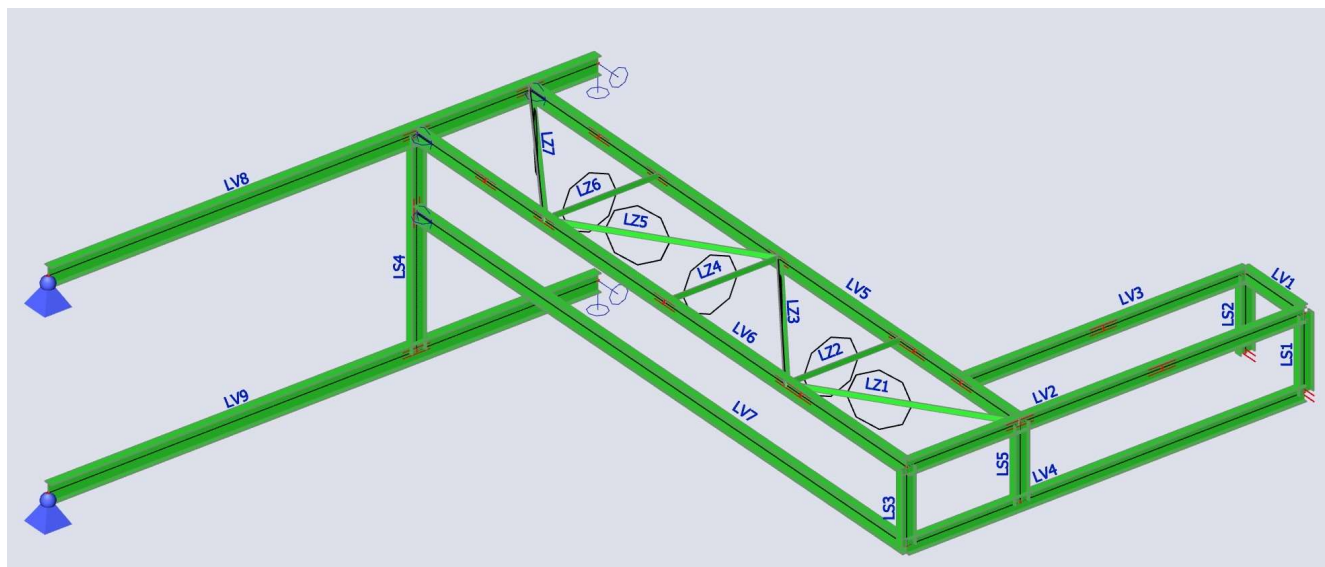
Ohyb k měkké ose

$$M_{pl,y,Rd,pr2} := \frac{W_{pl,z,pr2} \cdot f_{yk}}{Y_{M0}} = 2.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{z,Ed,pr2}}{M_{pl,y,Rd,pr2}} = 61\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

8. POSOUZENÍ POTRUBNÍ LÁVKY

Schéma lávky



- Navrženy budou vodorovné nosníky LV2-LV9, sloupek LS4 a ztužidla LZ1-LZ7
- Sloupky LS1, LS2, LS3 a LS5 a nosník LV1 budou konstrukčně uvažovány stejného profilu jako vodorovné nosníky

Vodorovné nosníky LV1-LV7

Vnitřní síly

Číslo sloupu	Kombinace	N_{tlak} [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]
LV1	KZS14	-0,49	-0,78	-0,41
	KZS5	0,00	1,63	1,04
LV2	KZS3	-3,88	-2,37	1,81
	KZS8	-1,07	4,30	-3,98
LV3	KZS10	-10,31	8,36	-9,97
LV4	KZS13	-1,05	-0,59	-0,44
	KZS4	0,00	1,85	-2,50
LV5	KZS8	-7,43	-16,92	19,52
	KZS9	-6,21	16,95	18,95
LV6	KZS3	-3,30	-14,84	15,80
	KZS8	-1,54	-15,05	16,25
LV7	KZS8	0	-1,21	3,45

- Nosníky budou posouzeny na kombinaci tlaku a jednoosého ohybu a kombinaci smyku s ohybem
- Posouzeny budou nosníky LV3 a LV5, ostatní budou uvažovány stejně vzhledem k menšímu zatížení

8.1. Posudek nosníku LV3

Předběžný odhad nosníku

IPE200

$$h_{lv3} = 200 \text{ mm}$$

$$I_{y.lv3} = (1.94 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$b_{lv3} = 100 \text{ mm}$$

$$i_{y.lv3} = 82.60 \text{ mm}$$

$$t_{w.lv3} = 6 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y.lv3} = (2.21 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$t_{f.lv3} = 9 \text{ mm}$$

$$I_{z.lv3} = (1.42 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$r_{lv3} = 12 \text{ mm}$$

$$i_{z.lv3} = 22.40 \text{ mm}$$

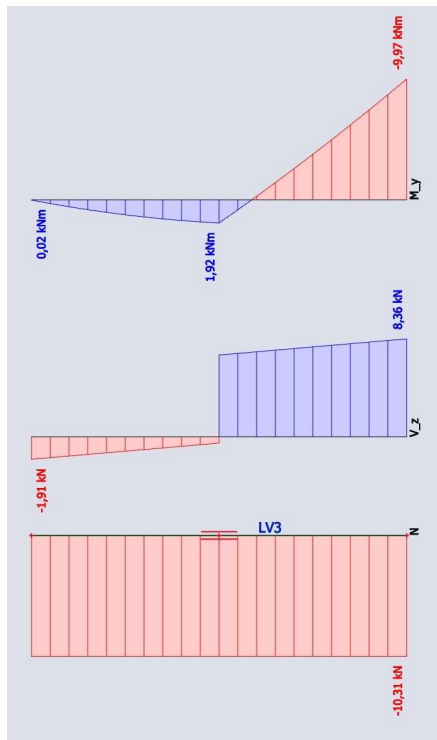
$$A_{lv3} = (2.85 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$W_{pl.z.lv3} = (4.46 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$d_{lv3} := 159 \text{ mm}$$

$$A_{v.z.lv3} = 1400.00 \text{ mm}^2$$

Vnitřní síly nosníku



KZS10: $N_{Ed.lv3} := -10.31 \text{ kN}$

$$M_{y.Ed.lv3} := -9.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z.Ed.lv3} := 8.36 \text{ kN}$$

1) MSP

$$L_{lv3} := 3.1 \text{ m}$$

$$\sigma_{lim.lv3} := \frac{L_{lv3}}{250} = 12.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{lv3} := 10.8 \text{ mm}$$

$$\sigma_{lv3} \leq \sigma_{lim.lv3} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2) MSÚ

Zatřídění průřezu nosníku namáhaného kombinací tlaku a ohybu

$$X_{IV3} := \frac{|N_{Ed,IV3}|}{t_{w,IV3} \cdot f_{yk}} = 7.83 \text{ mm} \quad \alpha_{IV3} := \frac{0.5 \cdot d_{IV3} + X_{IV3}}{d_{IV3}} = 0.55$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{d_{IV3}}{t_{w,IV3}} = 28.39 \quad \varepsilon := 1 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{IV3} - 1} = 64.49$$

$$\frac{d_{IV3}}{t_{w,IV3}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{IV3} - 1} \quad \text{-stojina třídy 1}$$

Zatřídění pásnice

$$c_{IV3} := b_{IV3} - t_{w,IV3} - 2 \cdot r_{IV3} = 70.40 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{IV3}}{t_{f,IV3}} = 8.28$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{IV3} - 1} = 64.49$$

$$\frac{c_{IV3}}{t_{f,IV3}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{IV3} - 1} \quad \text{-pásnice třídy 1}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Štíhlosti nosníku

$$L_{cr,y,IV3} := 3100 \text{ mm} = 3.10 \text{ m}$$

$$L_{cr,z,IV3} := 3100 \text{ mm} = 3.10 \text{ m}$$

$$\lambda_{y,IV3} := \frac{L_{cr,y,IV3}}{i_{y,IV3}} = 37.53$$

$$\lambda_{z,IV3} := \frac{L_{cr,z,IV3}}{i_{z,IV3}} = 138.39$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\lambda_{y,rel,IV3} := \frac{\lambda_{y,IV3}}{\lambda_1} = 0.40$$

$$\lambda_{z,rel,IV3} := \frac{\lambda_{z,IV3}}{\lambda_1} = 1.47$$

Součinitel vzpěrnosti

$$X_{y,IV3} := 0.953$$

$$X_{z,IV3} := 0.354$$

-vzp. křivka a

-vzp. křivka b

Vliv klopení

Kritický moment (výpočet proveden v LTBeamN - viz **příloha 2**)

$$M_{cr.lv3} := 283.08 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT.rel.lv3} := \sqrt{\frac{W_{pl.y.lv3} \cdot f_{yk}}{M_{cr.lv3}}} = 0.43$$

$$\alpha_{LT} := 0.34 \quad \lambda_{LT.rel.0} := 0.4 \quad \beta := 0.75$$

$$\phi_{LT.lv3} := 0.5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT.rel.lv3} - \lambda_{LT.rel.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT.rel.lv3}^2 \right) = 0.57$$

$$X_{LT.lv3} := \frac{1}{\phi_{LT.lv3} + \sqrt{\phi_{LT.lv3}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT.rel.lv3}^2}} = 0.99$$

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem

$$\psi_{y.lv3} := \frac{0.02}{-9.97} = -2.01 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_{s.lv3} := \frac{2.03}{-9.96} = -0.20$$

$$C_{my.lv3} := 0.2 \cdot (-\psi_{y.lv3}) - 0.8 \cdot \alpha_{s.lv3} = 0.16$$

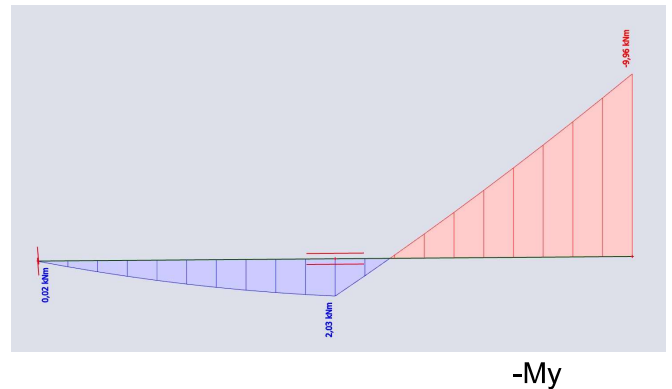
$$\rightarrow C_{my.lv3} := 0.4$$

$$C_{mLT.lv3} := C_{my.lv3} = 0.40$$

$$N_{Rk.lv3} := A_{lv3} \cdot f_{yk} = 669.28 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk.lv3} := W_{pl.y.lv3} \cdot f_{yk} = 51.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z,Rk.lv3} := W_{pl.z.lv3} \cdot f_{yk} = 10.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Posudek na kombinaci KZS5

k_{yy} -minimum z následujících hodnot

$$C_{my.IV3} \cdot \left(1 + (\lambda_{y.rel.IV3} - 0.2) \cdot \frac{|N_{Ed.IV3}|}{X_{y.IV3} \cdot \frac{N_{Rk.IV3}}{Y_{M1}}} \right) = 0.40 \quad \rightarrow \quad k_{yy.IV3} := 0.40$$

$$C_{my.IV3} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{|N_{Ed.IV3}|}{X_{y.IV3} \cdot \frac{N_{Rk.IV3}}{Y_{M1}}} \right) = 0.41$$

k_{zy} -maximum z následujících hodnot

$$1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z.rel.IV3}}{C_{mLT.IV3} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed.IV3}}{X_{z.IV3} \cdot \frac{N_{Rk.IV3}}{Y_{M1}}} = 1.04$$

$$1 - \frac{0.1}{C_{mLT.IV3} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed.IV3}}{X_{z.IV3} \cdot \frac{N_{Rk.IV3}}{Y_{M1}}} = 1.03 \quad \rightarrow \quad k_{zy.IV3} := 1.03$$

$$\frac{|N_{Ed.IV3}|}{X_{y.IV3} \cdot \frac{N_{Rk.IV3}}{Y_{M1}}} + k_{yy.IV3} \cdot \frac{|M_{y.Ed.IV3}|}{X_{LT.IV3} \cdot \frac{M_{y.Rk.IV3}}{Y_{M1}}} = 0.09 \quad 0.09 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.IV3}|}{X_{z.IV3} \cdot \frac{N_{Rk.IV3}}{Y_{M1}}} + k_{zy.IV3} \cdot \frac{|M_{y.Ed.IV3}|}{X_{LT.IV3} \cdot \frac{M_{y.Rk.IV3}}{Y_{M1}}} = 0.24 \quad 0.24 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.IV3}|}{\frac{N_{Rk.IV3}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{y.Ed.IV3}|}{\frac{M_{y.Rk.IV3}}{Y_{M1}}} = 0.21 \quad 0.21 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd.IV3} := \frac{A_{v.z.IV3} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 189.95 \text{ kN}$$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.IV3} = 94.97 \text{ kN}$$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.IV3} \geq V_{z.Ed.IV3} \rightarrow \text{Malý smyk, není potřeba posuzovat interakci smyku a ohybu}$$

8.2. Posudek nosníku LV5

Předběžný odhad nosníku

IPE200

$$h_{lv3} = 200 \text{ mm} \quad I_{y,lv3} = (1.94 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$b_{lv3} = 100 \text{ mm} \quad i_{y,lv3} = 82.60 \text{ mm}$$

$$t_{w,lv3} = 6 \text{ mm} \quad W_{pl,y,lv3} = (2.21 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

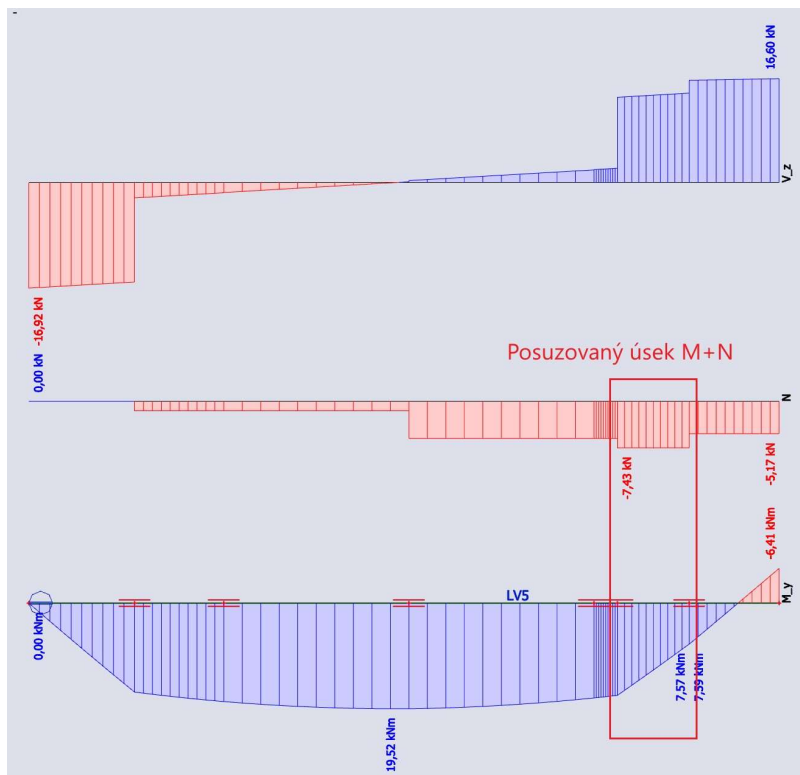
$$t_{f,lv3} = 9 \text{ mm} \quad I_{z,lv3} = (1.42 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$r_{lv3} = 12 \text{ mm} \quad i_{z,lv3} = 22.40 \text{ mm}$$

$$A_{lv3} = (2.85 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad W_{pl,z,lv3} = (4.46 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$d_{lv3} := 159 \text{ mm} \quad A_{v,z,lv3} = 1400.00 \text{ mm}^2$$

Vnitřní síly nosníku



$$\text{KZS10: } N_{Ed,lv5} := -7.43 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,lv5} := 19.52 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z,Ed,lv5} := -16.92 \text{ kN}$$

1) MSP

$$L_{lv5} := 7.093 \text{ m}$$

$$\sigma_{lim,lv5} := \frac{L_{lv5}}{250} = 28.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{lv5} := 23.3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{lv5} \leq \sigma_{lim,lv5} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2) MSÚ

Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

$$X_{IV5} := \frac{|N_{Ed,IV5}|}{t_{w,IV3} \cdot f_{yk}} = 5.65 \text{ mm} \quad \alpha_{IV5} := \frac{0.5 \cdot d_{IV3} + X_{IV5}}{d_{IV3}} = 0.54$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{d_{IV3}}{t_{w,IV3}} = 28.39 \quad \varepsilon := 1 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{IV5} - 1} = 66.42$$

$$\frac{d_{IV3}}{t_{w,IV3}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{IV5} - 1} \quad \text{-stojina třídy 1}$$

Zatřídění pásnice

$$c_{IV5} := b_{IV3} - t_{w,IV3} - 2 \cdot r_{IV3} = 70.40 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{IV3}}{t_{f,IV3}} = 8.28$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{IV5} - 1} = 66.42$$

$$\frac{c_{IV3}}{t_{f,IV3}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{IV5} - 1} \quad \text{-pásnice třídy 1}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Štíhlosti sloupu

$$L_{cr,y,IV5} := 7093 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z,IV5} := 6243 \text{ mm}$$

$$\lambda_{y,IV5} := \frac{L_{cr,y,IV5}}{i_{y,IV3}} = 85.87$$

$$\lambda_{z,IV5} := \frac{L_{cr,z,IV5}}{i_{z,IV3}} = 278.71$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\lambda_{y,rel,IV5} := \frac{\lambda_{y,IV5}}{\lambda_1} = 0.91$$

$$\lambda_{z,rel,IV5} := \frac{\lambda_{z,IV5}}{\lambda_1} = 2.97$$

Součinitel vzpěrnosti

$$X_{y,IV5} := 0.727$$

$$X_{z,IV5} := 0.101$$

-vzp. křivka a

-vzp. křivka b

Vliv klopení

Kritický moment (výpočet proveden v LTBeamN - viz **příloha 2**)

$$M_{cr.lv5} := 175.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT,rel.lv5} := \sqrt{\frac{W_{pl,y.lv3} \cdot f_{yk}}{M_{cr.lv5}}} = 0.54$$

$$\alpha_{LT} := 0.34 \quad \lambda_{LT,rel.0} := 0.4 \quad \beta := 0.75$$

$$\phi_{LT.lv5} := 0.5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT,rel.lv5} - \lambda_{LT,rel.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT,rel.lv5}^2 \right) = 0.64$$

$$X_{LT.lv5} := \frac{1}{\phi_{LT.lv5} + \sqrt{\phi_{LT.lv5}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT,rel.lv5}^2}} = 0.94$$

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem

$$\psi_{y.lv5} := \frac{7.57}{17.04} = 0.44$$

$$C_{my.lv5} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{y.lv5} = 0.78$$

$$C_{mLT.lv5} := C_{my.lv5} = 0.78$$

$$N_{Rk.lv5} := A_{lv3} \cdot f_{yk} = 669.28 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk.lv5} := W_{pl,y.lv3} \cdot f_{yk} = 51.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Rk.lv5} := W_{pl,z.lv3} \cdot f_{yk} = 10.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Posudek na kombinaci KZS5

k_{yy} - minimum z následujících hodnot

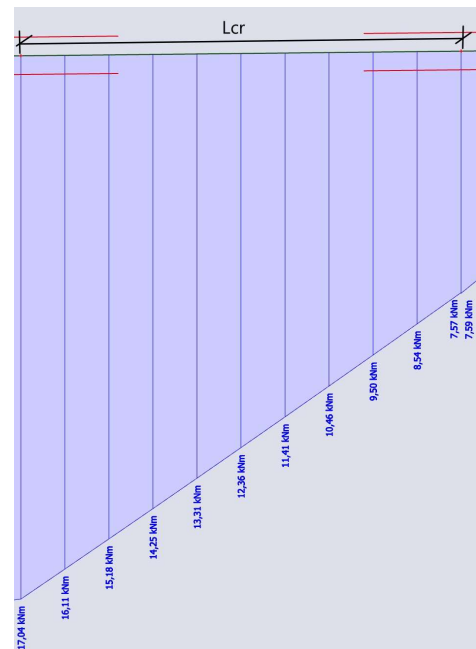
$$C_{my.lv5} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,rel.lv5} - 0.2) \cdot \frac{|N_{Ed.lv5}|}{X_{y.lv5} \cdot \frac{N_{Rk.lv5}}{Y_{M1}}} \right) = 0.79 \quad \rightarrow \quad k_{yy.lv5} := 0.79$$

$$C_{my.lv5} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{|N_{Ed.lv5}|}{X_{y.lv5} \cdot \frac{N_{Rk.lv5}}{Y_{M1}}} \right) = 0.79$$

k_{zy} - maximum z následujících hodnot

$$1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{z,rel.lv5}}{C_{mLT.lv5} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed.lv5}}{X_{z.lv5} \cdot \frac{N_{Rk.lv5}}{Y_{M1}}} = 1.06$$

$$1 - \frac{0.1}{C_{mLT.lv5} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed.lv5}}{X_{z.lv5} \cdot \frac{N_{Rk.lv5}}{Y_{M1}}} = 1.02 \quad \rightarrow \quad k_{zy.lv5} := 1.06$$



$$\frac{|N_{Ed.IV5}|}{X_{y.IV5} \cdot \frac{N_{Rk.IV5}}{Y_{M1}}} + k_{yy.IV5} \cdot \frac{|M_{y.Ed.IV5}|}{X_{LT.IV5} \cdot \frac{M_{y.Rk.IV5}}{Y_{M1}}} = 0.33 \quad 0.33 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.IV5}|}{X_{z.IV5} \cdot \frac{N_{Rk.IV5}}{Y_{M1}}} + k_{zy.IV5} \cdot \frac{|M_{y.Ed.IV5}|}{X_{LT.IV5} \cdot \frac{M_{y.Rk.IV5}}{Y_{M1}}} = 0.53 \quad 0.53 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed.IV5}|}{\frac{N_{Rk.IV5}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{y.Ed.IV5}|}{\frac{M_{y.Rk.IV5}}{Y_{M1}}} = 0.39 \quad 0.39 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd.IV5} := \frac{A_{v.z.IV3} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 189.95 \text{ kN}$$

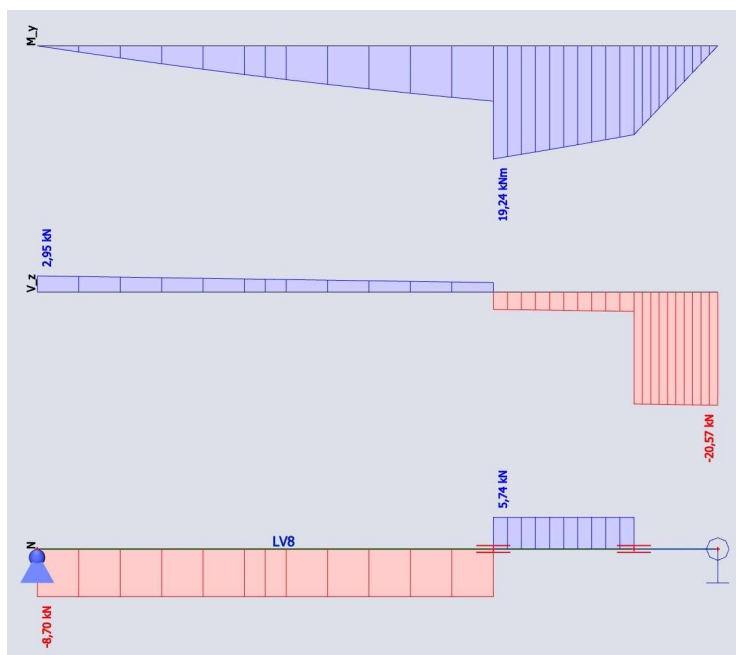
$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.IV5} = 94.97 \text{ kN}$$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.IV5} \geq V_{z.Ed.IV5} \rightarrow \text{Malý smyk, není potřeba posuzovat interakci smyku a ohybu}$$

8.3. Posudek nosníků LV8, LV9

Vnitřní síly

Jméno	Kombinace	N_{tlak} [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
LV8	KZS7	-2,89	-20,62	18,81	-2,43
	KZS4	-9,73	-16,19	0	0
	KZS8	-8,7	-20,57	19,24	-1,17
	KZS5	-3,74	-16,23	14,95	-5,22
LV9	KZS10	0	-11,29	21,74	1,47
	KZS6	0	-9,01	17,24	2,43



-Nosníky budou posouzeny na prostý ohyb, smyk a tlak, extrémní vnitřních sil se nesesetkávají v jednom bodě, není potřeba posuzovat interakci vnitřních sil

-Tlak bude posouzen na kombinaci KZS4 nosníku LV8, smyk na KZS7 nosníku LV8 a ohyb na KZS10 nosníku LV9

$$N_{Ed.lv8} := -9.73 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.lv8} := 21.74 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{z.Ed.lv8} := -20.62 \text{ kN}$$

Předběžný odhad nosníku

IPE200

$$h_{lv3} = 200 \text{ mm} \quad I_{y.lv3} = (1.94 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$b_{lv3} = 100 \text{ mm} \quad i_{y.lv3} = 82.60 \text{ mm}$$

$$t_{w.lv3} = 6 \text{ mm} \quad W_{pl.y.lv3} = (2.21 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$t_{f.lv3} = 9 \text{ mm} \quad I_{z.lv3} = (1.42 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$r_{lv3} = 12 \text{ mm} \quad i_{z.lv3} = 22.40 \text{ mm}$$

$$A_{lv3} = (2.85 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad W_{pl.z.lv3} = (4.46 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$d_{lv3} := 159 \text{ mm} \quad A_{v.z.lv3} = 1400.00 \text{ mm}^2$$

1) MSP

$$L_{lv8} := 6 \text{ m}$$

$$\sigma_{lim.lv8} := \frac{L_{lv8}}{250} = 24.0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{lv8} := 14.6 \text{ mm}$$

$$\sigma_{lv8} \leq \sigma_{lim.lv8} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2) MSÚ

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd.lv8} := \frac{A_{v.z.lv3} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 189.95 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{z.Ed.lv8}|}{V_{pl.Rd.lv8}} = 11\%$$

VYHOVUJE

Ohybová únosnost

$$M_{Rd.lv8} := \frac{W_{pl.y.lv3} \cdot f_{yk}}{Y_{M0}} = 51.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y.Ed.lv8}}{M_{Rd.lv8}} = 42\%$$

VYHOVUJE

Vpěrná únosnost

Štíhlosti nosníku

$$L_{cr.y.lv8} := 6000 \text{ mm} = 6.00 \text{ m}$$

$$L_{cr.z.lv8} := 6000 \text{ mm} = 6.00 \text{ m}$$

$$\lambda_{y.lv8} := \frac{L_{cr.y.lv8}}{i_{y.lv3}} = 72.64$$

$$\lambda_{z.lv8} := \frac{L_{cr.z.lv8}}{i_{z.lv3}} = 267.86$$

Poměrné štíhlosti $\lambda_1 := 93.9$ -pro ocel S235

$$\lambda_{y.rel.lv8} := \frac{\lambda_{y.lv8}}{\lambda_1} = 0.77$$

$$\lambda_{z.rel.lv8} := \frac{\lambda_{z.lv8}}{\lambda_1} = 2.85$$

Součinitel vzpěrnosti

$$X_{y.lv8} := 0.743$$

$$X_{z.lv8} := 0.104$$

-vzp. křivka b

-vzp. křivka c

$$N_{b.y.Rd.lv8} := X_{y.lv8} \cdot \frac{A_{lv3} \cdot f_{yk}}{Y_{M1}} = 497.28 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.lv8}|}{N_{b.y.Rd.lv8}} = 2\%$$

VYHOVUJE

$$N_{b.z.Rd.lv8} := X_{z.lv8} \cdot \frac{A_{lv3} \cdot f_{yk}}{Y_{M1}} = 69.61 \text{ kN}$$

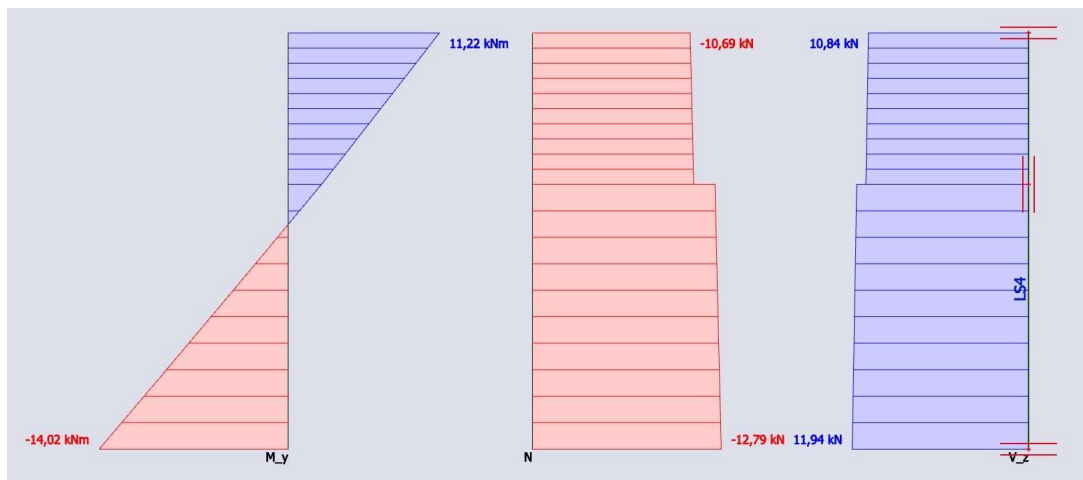
$$\frac{|N_{Ed.lv8}|}{N_{b.z.Rd.lv8}} = 14\%$$

VYHOVUJE

8.4. Posudek sloupku LS4

Vnitřní síly

Kombinace	N_{tlak} [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]
KZS7	-12,79	11,94	-14,02
KZS8	-12,81	12,21	-12,93



-Sloupek bude posouzen na kombinaci tlaku a ohybu a kombinaci ohybu a smyku

Předběžný odhad sloupku

IPE200

$$h_{lv3} = 200 \text{ mm}$$

$$I_{y,lv3} = (1.94 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$b_{lv3} = 100 \text{ mm}$$

$$i_{y,lv3} = 82.60 \text{ mm}$$

$$t_{w,lv3} = 6 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y,lv3} = (2.21 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$t_{f,lv3} = 9 \text{ mm}$$

$$I_{z,lv3} = (1.42 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$r_{lv3} = 12 \text{ mm}$$

$$i_{z,lv3} = 22.40 \text{ mm}$$

$$A_{lv3} = (2.85 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,z,lv3} = (4.46 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$d_{lv3} = 159 \text{ mm}$$

$$A_{v,z,lv3} = 1400.00 \text{ mm}^2$$

KZS7

$$N_{Ed,ls4.7} := -12.79 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,ls4.7} := -14.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z,Ed,ls4.7} := 11.94 \text{ kN}$$

KZS8

$$N_{Ed,ls4.8} := -12.81 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,ls4.8} := -12.93 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z,Ed,ls4.8} := 12.21 \text{ kN}$$

1) MSP

$$L_{ls4} := 2.2 \text{ m}$$

$$\sigma_{lim,ls4} := \frac{L_{ls4}}{250} = 8.8 \text{ mm}$$

$$\sigma_{ls4} := 7.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{ls4} \leq \sigma_{lim,ls4}$$

VYHOVUJE

2) MSÚ

Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

$$\chi_{ls4} := \frac{|N_{Ed,ls4.8}|}{t_{w,lv3} \cdot f_{yk}} = 9.73 \text{ mm} \quad \alpha_{ls4} := \frac{0.5 \cdot d_{lv3} + \chi_{ls4}}{d_{lv3}} = 0.56$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{d_{lv3}}{t_{w,lv3}} = 28.39 \quad \varepsilon := 1 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{ls4} - 1} = 62.90$$

$$\frac{d_{lv3}}{t_{w,lv3}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{ls4} - 1} \quad \text{-stojina třídy 1}$$

Zatřídění pásnice

$$c_{ls4} := b_{lv3} - t_{w,lv3} - 2 \cdot r_{lv3} = 70.40 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{lv3}}{t_{f,lv3}} = 8.28$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{ls4} - 1} = 62.90$$

$$\frac{c_{lv3}}{t_{f,lv3}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{ls4} - 1} \quad \text{-pásnice třídy 1}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1

Vzpěrné délky a součinitel vzpěrnosti

Štíhlosti sloupu

$$L_{cr,y,ls4} := 2200 \text{ mm} = 2.20 \text{ m}$$

$$L_{cr,z,ls4} := 2200 \text{ mm} = 2.20 \text{ m}$$

$$\lambda_{y,ls4} := \frac{L_{cr,y,ls4}}{i_{y,lv3}} = 26.63$$

$$\lambda_{z,ls4} := \frac{L_{cr,z,ls4}}{i_{z,lv3}} = 98.21$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \quad \text{-pro ocel S235}$$

$$\lambda_{y,rel,ls4} := \frac{\lambda_{y,ls4}}{\lambda_1} = 0.28$$

$$\lambda_{z,rel,ls4} := \frac{\lambda_{z,ls4}}{\lambda_1} = 1.05$$

Součinitel vzpěrnosti

$$X_{y,ls4} := 0.982$$

$$X_{z,ls4} := 0.566$$

-vzp. křivka a

-vzp. křivka b

Vliv klopení

Kritický moment (výpočet proveden v LTBeamN - viz **příloha 2**)

$$M_{cr.Is4} := 3115.4 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT.rel.Is4} := \sqrt{\frac{W_{pl.y.lv3} \cdot f_{yk}}{M_{cr.Is4}}} = 0.13$$

$$\alpha_{LT} := 0.34 \quad \lambda_{LT.rel.0} := 0.4 \quad \beta := 0.75$$

$$\phi_{LT.Is4} := 0.5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT.rel.Is4} - \lambda_{LT.rel.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT.rel.Is4}^2 \right) = 0.46$$

$$X_{LT.Is4} := \frac{1}{\phi_{LT.Is4} + \sqrt{\phi_{LT.Is4}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT.rel.Is4}^2}} = 1.10 \quad X_{LT.Is4} := 1.0$$

-> Pro výpočet interakčních součinitelů budou použity vzorce pro průřez nenáchylný ke klopení

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem

$$\psi_{y.Is4} := \frac{11.22}{-14.02} = -0.80$$

$$C_{my.Is4} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{y.Is4} = 0.28$$

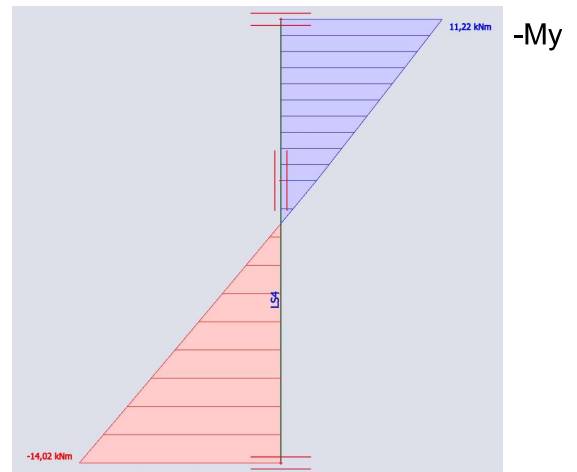
$$\rightarrow C_{my.Is4} := 0.4$$

$$C_{mLT.Is4} := C_{my.Is4} = 0.40$$

$$N_{Rk.Is4} := A_{lv3} \cdot f_{yk} = 669.28 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk.Is4} := W_{pl.y.lv3} \cdot f_{yk} = 51.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z.Rk.Is4} := W_{pl.z.lv3} \cdot f_{yk} = 10.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Posudek na kombinaci KZS7

k_{yy} -minimum z následujících hodnot

$$C_{my,ls4} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,rel,ls4} - 0.2) \cdot \frac{|N_{Ed,ls4.7}|}{X_{y,ls4} \cdot \frac{N_{Rk,ls4}}{Y_{M1}}} \right) = 0.40 \quad \rightarrow \quad k_{yy,ls4} := 0.40$$

$$C_{my,ls4} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{|N_{Ed,ls4.7}|}{X_{y,ls4} \cdot \frac{N_{Rk,ls4}}{Y_{M1}}} \right) = 0.41$$

$$k_{zy,ls4} := 0.6 \cdot k_{yy,ls4} = 0.24$$

$$\frac{|N_{Ed,ls4.7}|}{X_{y,ls4} \cdot \frac{N_{Rk,ls4}}{Y_{M1}}} + k_{yy,ls4} \cdot \frac{|M_{y,Ed,ls4.7}|}{X_{LT,ls4} \cdot \frac{M_{y,Rk,ls4}}{Y_{M1}}} = 0.13 \quad 0.13 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed,ls4.7}|}{X_{z,ls4} \cdot \frac{N_{Rk,ls4}}{Y_{M1}}} + k_{zy,ls4} \cdot \frac{|M_{y,Ed,ls4.7}|}{X_{LT,ls4} \cdot \frac{M_{y,Rk,ls4}}{Y_{M1}}} = 0.10 \quad 0.10 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed,ls4.7}|}{\frac{N_{Rk,ls4}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{y,Ed,ls4.7}|}{\frac{M_{y,Rk,ls4}}{Y_{M1}}} = 0.29 \quad 0.29 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posudek na kombinaci KZS8

-minimum z následujících hodnot

$$C_{my,ls4} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,rel,ls4} - 0.2) \cdot \frac{|N_{Ed,ls4.8}|}{X_{y,ls4} \cdot \frac{N_{Rk,ls4}}{Y_{M1}}} \right) = 0.40 \quad \rightarrow \quad k_{yy,ls4} := 0.40$$

$$C_{my,ls4} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{|N_{Ed,ls4.8}|}{X_{y,ls4} \cdot \frac{N_{Rk,ls4}}{Y_{M1}}} \right) = 0.41$$

$$k_{zy,ls4} := 0.6 \cdot k_{yy,ls4} = 0.24$$

$$\frac{|N_{Ed,ls4.8}|}{X_{y,ls4} \cdot \frac{N_{Rk,ls4}}{Y_{M1}}} + k_{yy,ls4} \cdot \frac{|M_{y,Ed,ls4.8}|}{X_{LT,ls4} \cdot \frac{M_{y,Rk,ls4}}{Y_{M1}}} = 0.12 \quad 0.12 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed,ls4.8}|}{X_{z,ls4} \cdot \frac{N_{Rk,ls4}}{Y_{M1}}} + k_{zy,ls4} \cdot \frac{|M_{y,Ed,ls4.8}|}{X_{LT,ls4} \cdot \frac{M_{y,Rk,ls4}}{Y_{M1}}} = 0.09 \quad 0.09 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{|N_{Ed,ls4.8}|}{\frac{N_{Rk,ls4}}{Y_{M1}}} + \frac{|M_{y,Ed,ls4.8}|}{\frac{M_{y,Rk,ls4}}{Y_{M1}}} = 0.27 \quad 0.27 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd.Is4} := \frac{A_{vz.lvs} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 189.95 \text{ kN}$$

$$0.5 \cdot V_{pl.Rd.Is4} = 94.97 \text{ kN}$$

$0.5 \cdot V_{pl.Rd.Is4} \geq V_{z.Ed.Is4}$ -> Malý smyk, není potřeba posuzovat interakci smyku a ohybu

8.5. Posudek ztužidel LZ1-LZ7

Vnitřní síly

Tažené pruty

Jméno	Kombinace	N [kN]
LZ1	KZS12	4,15
LZ2	KZS9	9,2
LZ3	KZS10	3,6
LZ4	KZS12	2,29
LZ5	KZS11	5,68
LZ6	KZS8	11,83
LZ7	KZS12	1,08

Tlačené pruty

Jméno	Kombinace	N [kN]
LZ1	KZS3	-5,53
LZ2	KZS14	-2,09
LZ3	KZS13	-1,71
LZ4	KZS7	-4,27
LZ5	KZS4	-7
LZ6	KZS11	-1,15
LZ7	KZS3	-3,25

-Pruty budou posouzeny v Excelu

Tlačené pruty

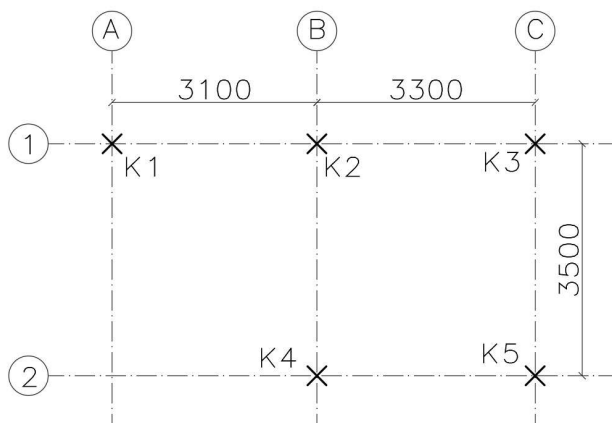
Jméno	Kombinace	N [kN]	Délka [m]	Profil	A [mm ²]	i [mm]	f _y [MPa]	L _{cr} /L	L _{cr}	λ (<250)	λ ₁ (93,9 pro S235)	λ'	α (vz. křivka a)	φ	χ	N _{ed} [kN]	Využití [%]
LZ1	KZS3	-5,53	4,245	TR 54x3,2	511	18	235	1	4,245	235,83	93,9	2,51	0,49	4,220	0,131	15,78	35
LZ2	KZS14	-2,09	4,393	TR 54x3,2	511	18	235	1	4,393	244,07	93,9	2,60	0,49	4,466	0,124	14,83	14
LZ3	KZS13	-1,71	4,245	TR 54x3,2	511	18	235	1	4,245	235,83	93,9	2,51	0,49	4,220	0,131	15,78	11
LZ4	KZS7	-4,27	4,393	TR 54x3,2	511	18	235	1	4,393	244,07	93,9	2,60	0,49	4,466	0,124	14,83	29
LZ5	KZS4	-7	4,245	TR 54x3,2	511	18	235	1	4,245	235,83	93,9	2,51	0,49	4,220	0,131	15,78	44
LZ6	KZS11	-1,15	4,393	TR 54x3,2	511	18	235	1	4,393	244,07	93,9	2,60	0,49	4,466	0,124	14,83	8
LZ7	KZS3	-3,25	4,245	TR 54x3,2	511	18	235	1	4,245	235,83	93,9	2,51	0,49	4,220	0,131	15,78	21

Tažené pruty

Jméno	Kombinace	N [kN]	Profil	A [mm ²]	f _y [MPa]	N _{ed} [kN]	Využití [%]
LZ1	KZS12	4,15	TR 54x3,2	511	235	120,09	3
LZ2	KZS9	9,2	TR 54x3,2	511	235	120,09	8
LZ3	KZS10	3,6	TR 54x3,2	511	235	120,09	3
LZ4	KZS12	2,29	TR 54x3,2	511	235	120,09	2
LZ5	KZS11	5,68	TR 54x3,2	511	235	120,09	5
LZ6	KZS8	11,83	TR 54x3,2	511	235	120,09	10
LZ7	KZS12	1,08	TR 54x3,2	511	235	120,09	1

9. NÁVRH KOTVENÍ

Schéma kotvení



-Kotvení K1 bude navrženo zvlášť od kotvení K2-K5 kvůli odlišné geometrii ovlivněné jiným profilem

-Kotvení bude provedeno pomocí předem zabetonovaných závitových tyčí

-Závitové tyče budou posouzeny na tah, smykové síly budou přenášeny pomocí smykové zarážky

-Čelní deska bude posouzena na tlak a na ohyb při tahové síle

-Betonový základ bude posouzen na vytržení betonového kužele

-Tlaková síla bude přenesena kontaktem čelní desky se základem, smyková zarážka bude navržena na kombinace KZS11-KZS14, ve kterých vychází největší nadlehčení konstrukce.

Síly do kotvení

Jméno	Kombinace	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]
K1	KZS11	-61,16	-0,38	-201,92
K1	KZS4	62,31	0,21	275,53
K1	KZS5	0,64	-0,97	93,41
K2	KZS4	49,34	-0,79	323,01
K2	KZS14	9,64	0,14	-265,93
K2	KZS5	-9,05	-0,53	546,78
K3	KZS4	-0,22	19,98	1,87
K3	KZS5	0,06	-65,53	646,75
K3	KZS14	-0,09	66,64	-269,27
K3	KZS6	-0,11	67,94	-37,06
K4	KZS13	-1,2	-104,11	-323,5
K4	KZS6	2,16	109,15	510,87
K5	KZS3	-71,23	1,96	458,46
K5	KZS6	-18,77	2,39	517,96
K5	KZS13	11,67	-1,12	-242,76

9.1. Kotvení K1

Síly pro návrh:

$$N_{Ed,tah.k1} := -201.92 \text{ kN}$$

$$R_{x.k1} := 61.16 \text{ kN}$$

$$R_{y.k1} := 0.38 \text{ kN}$$

-pro posouzení smykových sil bude uvažována výslednice z obou směrů

$$R_{max.k1} := \sqrt{R_{x.k1}^2 + R_{y.k1}^2} = 61.16 \text{ kN}$$

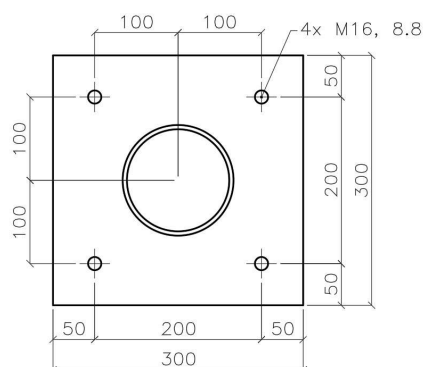
$$N_{Ed,tlak.k1} := 275.53 \text{ kN}$$

Beton základu: C30/37 $f_{ck} := 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_C := 1.5$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 20 \text{ MPa}$$

Schéma kotvení K1



$$a_{0.k1} := 300 \text{ mm}$$

$$b_{0.k1} := 300 \text{ mm}$$

Tloušťka podlití:

$$b_{pod.k1} := 0.1 \cdot 300 \text{ mm} = 30.00 \text{ mm}$$

Plech P35: $t_{p.k1} := 35 \text{ mm}$

Kotvení hloubka: $h_{ef.k1} := 300 \text{ mm}$

Výška základu: $H_{z.k1} := 1020 \text{ mm}$

Posouzení čelní desky

A) Tlak

Návrhová pevnost betonu v uložení:

$$A_{c0.k1} := a_{0.k1} \cdot b_{0.k1} = 0.09 \text{ m}^2 \quad \text{-zatížená plocha}$$

Započitatelné rozměry betonové patky:

$$a_1 = b_1 \text{ - minimum z hodnot: } 3 \cdot a_{0.k1} = 900.00 \text{ mm}$$

$$a_{0.k1} + H_{z.k1} = 1320.00 \text{ mm}$$

$$a_{c.k1} := 1370 \text{ mm} \quad \text{-efektivní půdorys základu}$$

$$\rightarrow a_{1.k1} := 900 \text{ mm} \quad b_{1.k1} := a_{1.k1} = 900.00 \text{ mm}$$

$$A_{c1.k1} := a_{1.k1} \cdot b_{1.k1} = 0.81 \text{ m}^2 \quad \text{-roznášecí plocha v základové spáře}$$

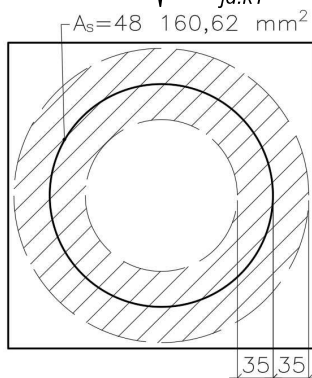
$$f_{Rdu} \text{ - menší z hodnot: } f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1.k1}}{A_{c0.k1}}} = 60 \text{ MPa} \quad \rightarrow f_{Rdu.k1} := 60 \text{ MPa}$$
$$3 \cdot f_{cd} = 60 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost betonu pod patkou:

$$\beta_{j.k1} := \frac{2}{3} \quad f_{jd.k1} := \beta_{j.k1} \cdot f_{Rdu.k1} = 40 \text{ MPa}$$

Přesah pro účinnou plochu:

$$c_{k1} := t_{p.k1} \cdot \sqrt{\frac{f_{yk}}{3 \cdot f_{jd.k1}}} = 49 \text{ mm}$$



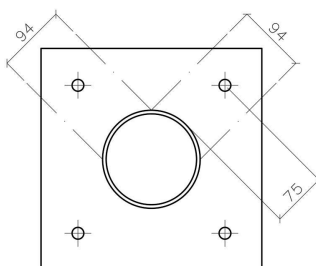
Účinná plocha:

$$A_{eff.k1} := 17548.94 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed.tlak.k1}}{f_{jd.k1}} = 6888.25 \text{ mm}^2$$

$$A_{eff.k1} \geq \frac{N_{Ed.tlak.k1}}{f_{jd.k1}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

B) Tah



-ohyb čelní desky bude posuzován na fiktivní konzole délky 75mm

Moment na konzole:

$$M_{konzola.k1} := \frac{|N_{Ed.tah.k1}|}{4} \cdot 75 \text{ mm} = 3.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Průřezový modul plechu: -účinný průřez plechu uvažován o šířce 94mm $b_{p.k1} := 94 \text{ mm}$

$$W_{y.plech.k1} := \frac{1}{6} \cdot b_{p.k1} \cdot t_{p.k1}^2 = 19192 \text{ mm}^3$$

Momentová únosnost plechu:

$$M_{p.Rd.k1} := \frac{W_{y.plech.k1} \cdot f_{yk}}{Y_{M0}} = 4.51 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{konzola.k1}}{M_{p.Rd.k1}} = 84\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Tahová únosnost kotev

NÁVRH: 4x M16 $f_{ub.m16} := 800 \text{ MPa}$

$$A_{s.m16} := 157 \text{ mm}^2$$

Únosnost jedné záv. tyče: $F_{t.Rd.m16.1} := \frac{0.9 \cdot A_{s.m16} \cdot f_{ub.m16}}{Y_{M2}} = 90.43 \text{ kN}$

Únosnost skupiny záv. tyčí: $F_{t.Rd.m16} := 4 \cdot F_{t.Rd.m16.1} = 361.73 \text{ kN}$

$$\frac{|N_{Ed.tah.k1}|}{F_{t.Rd.m16}} = 56\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru čelní desky:

Účinná tloušťka svaru: $a_{w.k1} := 4 \text{ mm}$

Složky napětí od tahové síly: -délka svaru: $L_{w.tah.k1} := \pi \cdot d_{s3} = 0.42 \text{ m}$

$$\sigma_{kolmo.tah.k1} := \frac{|N_{Ed.tah.k1}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.k1} \cdot L_{w.tah.k1}} = 85.43 \text{ MPa}$$

$$T_{kolmo.tah.k1} := \frac{|N_{Ed.tah.k1}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.k1} \cdot L_{w.tah.k1}} = 85.43 \text{ MPa}$$

Složky napětí od smykové síly: -délka svaru: $L_{w.smyk.k1} := 2 \cdot (d_{s3} - t_{s3}) = 0.26 \text{ m}$

$$T_{rovn.smyk.k1} := \frac{R_{max.k1}}{a_{w.k1} \cdot L_{w.smyk.k1}} = 59.73 \text{ MPa}$$

Posudek svaru: $\sqrt{\sigma_{kolmo.tah.k1}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.tah.k1}^2 + T_{rovn.smyk.k1}^2)} = 199.74 \text{ MPa}$

$$f_u := 360 \text{ MPa} \quad \text{-pro S235}$$

$$\beta_w := 0.8 \quad \text{-pro S235}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360.00 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.tah.k1}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.tah.k1}^2 + T_{rovn.smyk.k1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo.tah.k1} := \frac{|N_{Ed.tah.k1}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.k1} \cdot L_{w.tah.k1}} = 85.43 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{Y_{M2}} = 288.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo.tah.k1} \leq \frac{f_u}{Y_{M2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh smykové zarážky

Předběžný odhad profilu: TR 82,5x4

$$A_{tr.k1} := 987 \text{ mm}^2$$

$$d_{tr.k1} := 82.5 \text{ mm}$$

$$A_{v.z.tr.k1} := 628 \text{ mm}^2$$

$$t_{tr.k1} := 4 \text{ mm}$$

$$W_{pl.tr.k1} := 24.7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{Minimální hloubka smykové zarážky: } h_{min.sz.k1} := \frac{R_{max.k1}}{d_{tr.k1} \cdot \frac{f_{ck}}{Y_C}} = 37.07 \text{ mm}$$

$$\rightarrow h_{sz.k1} := 50 \text{ mm}$$

$$\text{Moment na konzole: } f_{Ed.konzola.k1} := \frac{R_{max.k1}}{h_{sz.k1}} = 1223 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed.sz.k1} := f_{Ed.konzola.k1} \cdot h_{sz.k1} \cdot \left(b_{pod.k1} + \frac{h_{sz.k1}}{2} \right) = 3.36 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Smyková únosnost: } V_{Rd.sz.k1} := \frac{A_{v.z.tr.k1} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 85.21 \text{ kN}$$

$$\frac{R_{max.k1}}{V_{Rd.sz.k1}} = 72\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

-velký smyk, nutno posoudit interakci smyku a ohybu

$$\text{Ohybová únosnost: } M_{Rd.sz.k1} := \frac{W_{pl.tr.k1} \cdot f_{yk}}{Y_{M0}} = 5.80 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.sz.k1}}{M_{Rd.sz.k1}} = 58\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Interakce smyku a ohybu:

$$\rho_{k1} := \left(\frac{2 \cdot R_{max.k1}}{V_{Rd.sz.k1}} - 1 \right)^2 = 0.19$$

$$(1 - \rho_{k1}) \cdot f_{yk} = 190.41 \text{ MPa}$$

$$M_{y.V.Rd.sz.k1} := \frac{\left(W_{pl.tr.k1} - \frac{\rho_{k1} \cdot A_{v.z.tr.k1}^2}{4 \cdot t_{tr.k1}} \right) \cdot f_{yk}}{Y_{M0}} = 4.71 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.sz.k1}}{M_{y.V.Rd.sz.k1}} = 71\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru smykové zarážky:

Účinná tloušťka svaru: $a_{w.sz.k1} := 4 \text{ mm}$

Napětí od smykové síly: -délka svaru: $L_{w.smyk.sz.k1} := 2 \cdot (d_{tr.k1} - t_{tr.k1}) = 0.16 \text{ m}$

$$T_{rovn.smyk.sz.k1} := \frac{R_{max.k1}}{a_{w.sz.k1} \cdot L_{w.smyk.sz.k1}} = 97.39 \text{ MPa}$$

Napětí od momentu: -délka svaru: $L_{w.ohyb.sz.k1} := 2 \cdot (d_{tr.k1} - t_{tr.k1}) = 0.16 \text{ m}$

-průřezový modul svaru:

$$W_{w.sz.k1} := \frac{\pi}{2 \cdot (d_{s3} + 2 \cdot a_{w.sz.k1})} \cdot \left(\left(\frac{d_{s3} + 2 \cdot a_{w.sz.k1}}{2} \right)^4 - \left(\frac{d_{s3}}{2} \right)^4 \right) = (5.73 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{kolmo.ohyb.sz.k1} := \frac{M_{Ed.sz.k1}}{W_{w.sz.k1} \cdot \sqrt{2}} = 41.48 \text{ MPa}$$

$$T_{kolmo.ohyb.sz.k1} := \frac{M_{Ed.sz.k1}}{W_{w.sz.k1} \cdot \sqrt{2}} = 41.48 \text{ MPa}$$

Posudek svaru:

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.ohyb.sz.k1}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.ohyb.sz.k1}^2 + T_{rovn.smyk.sz.k1}^2)} = 187.98 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa} \quad \text{-pro S235}$$

$$\beta_w := 0.8 \quad \text{-pro S235}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.ohyb.sz.k1}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.ohyb.sz.k1}^2 + T_{rovn.smyk.sz.k1}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo.ohyb.sz.k1} := \frac{M_{Ed.sz.k1}}{W_{w.sz.k1} \cdot \sqrt{2}} = 41.48 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo.tah.k1} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení vytržení betonového kužele

Charakteristická únosnost jedné kotvy bez vlivů okraje a rozteče:

$k_1 := 8.9$ -pro beton s trhlinami

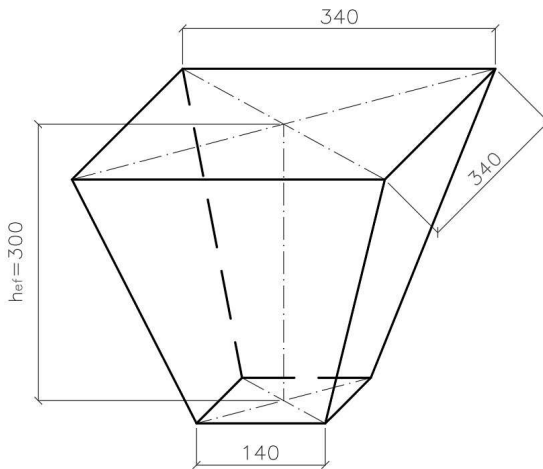
$$N_{Rk.0.c.k1} := k_1 \cdot \left(\frac{h_{ef.k1}}{m} \right)^{1.5} \cdot \left(\frac{f_{ck}}{MPa} \right)^{0.5} = 8.01 \text{ kN}$$

$$N_{Rk.0.c.k1} := 2.83 \text{ kN}$$

Součinitel vlivu vzdálenosti od okraje a rozteče:

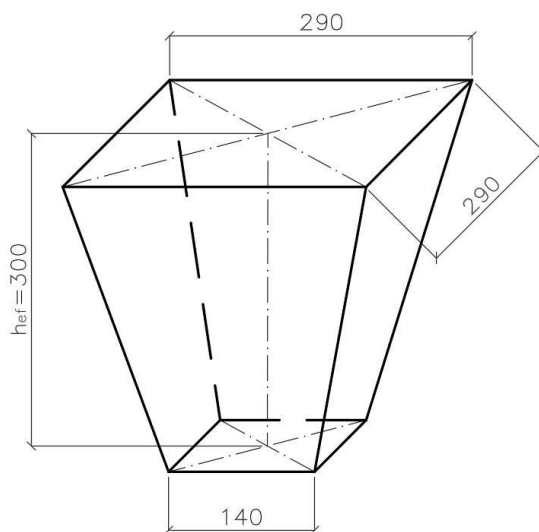
$$A_{c.N.k1} := (0.34 \text{ m})^2 + (0.14 \text{ m})^2 + 4 \cdot \left(\frac{(0.34 \text{ m} + 0.14 \text{ m}) \cdot 0.3 \text{ m}}{2} \right) = 0.42 \text{ m}^2$$

-skutečná plocha betonového kužele



$$A_{c.N.0.k1} := (0.29 \text{ m})^2 + (0.14 \text{ m})^2 + 4 \cdot \left(\frac{(0.29 \text{ m} + 0.14 \text{ m}) \cdot 0.3 \text{ m}}{2} \right) = 0.36 \text{ m}^2$$

-referenční plocha betonového kužele



$$\psi_{A.N.k1} := \frac{A_{c.N.k1}}{A_{c.N.0.k1}} = 1.17$$

Součinitel vlivu okrajů betonového bloku:

$$c_{okr.k1} := 0.55 \text{ m} \quad \text{-skutečná vzdálenost od okraje základu}$$

$$c_{okr.cr.k1} := 0.225 \text{ m} \quad \text{-mezní vzdálenost od okraje základu}$$

$$\psi_{s.N.k1} := 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_{okr.k1}}{c_{okr.cr.k1}} = 1.43 \quad \psi_{s.N.k1} := 1.0$$

Součinitel vlivu rozmístění výztuže v betonovém bloku:

$$\psi_{re.N.k1} := 1.0 \quad \text{-vzdálenost prutů výztuže větší nebo rovna 150mm}$$

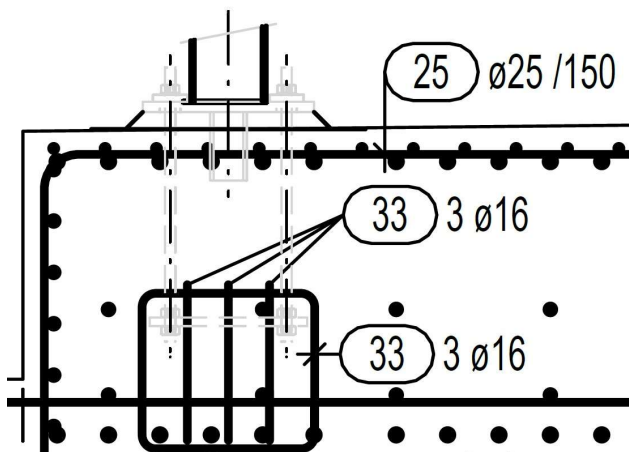
Únosnost jedné kotvy:

$$N_{Rd.1.c.k1} := N_{Rk.0.c.k1} \cdot \psi_{A.N.k1} \cdot \psi_{s.N.k1} \cdot \frac{\psi_{re.N.k1}}{\gamma_C} = 2.21 \text{ kN}$$

Únosnost skupiny kotev:

$$N_{Rd.c.k1} := 4 \cdot N_{Rd.1.c.k1} = 8.83 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.tah.k1}|}{N_{Rd.c.k1}} = 2286.79\% \quad \text{NEVYHOVUJE}$$



Do betonového základu budou ke kotvám doplněny třínky, které přenesou tahové síly, čímž nedojde k porušení vytržením betonového kužele

Vytržení betonového kužele nebude dále posuzováno

9.2. Kotvení K2

Síly pro návrh:

$$N_{Ed.tah.k2} := -269.27 \text{ kN}$$

$$R_{x.k2} := 2.16 \text{ kN}$$

$$R_{y.k2} := 109.15 \text{ kN}$$

-pro posouzení smykových sil bude uvažována výslednice z obou směrů

$$R_{max.k2} := \sqrt{R_{x.k2}^2 + R_{y.k2}^2} = 109.17 \text{ kN}$$

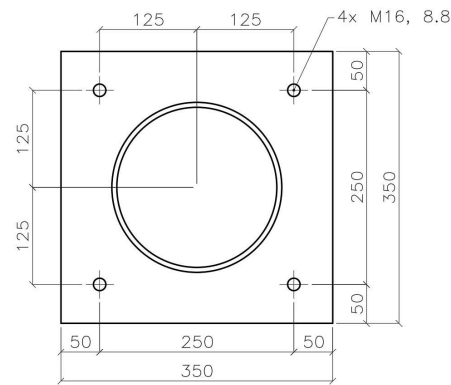
$$N_{Ed.tlak.k2} := 646.75 \text{ kN}$$

Beton základu: C30/37 $f_{ck} := 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_C := 1.5$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 20 \text{ MPa}$$

Schéma kotvení K2



$$a_{0.k2} := 350 \text{ mm}$$

$$b_{0.k2} := 350 \text{ mm}$$

tloušťka podlití:

$$b_{pod.k2} := 30 \text{ mm}$$

Plech P30: $t_{p.k2} := 30 \text{ mm}$

Kotvení hloubka: $h_{ef.k2} := 300 \text{ mm}$

Výška základu: $H_{z.k2} := 1020 \text{ mm}$

Posouzení čelní desky

A) Tlak

Návrhová pevnost betonu v uložení:

$$A_{c0.k2} := a_{0.k2} \cdot b_{0.k2} = 0.12 \text{ m}^2 \quad \text{-zatížená plocha}$$

Započitatelné rozměry betonové patky:

$a_1 = b_1$ - minimum z hodnot:

$$3 \cdot a_{0.k2} = 1050.00 \text{ mm}$$

$$a_{0.k2} + H_{z.k2} = 1370.00 \text{ mm}$$

$$a_{c.k2} := 1370 \text{ mm} \quad \text{-efektivní půdorys základu}$$

$$\rightarrow a_{1.k2} := 1050 \text{ mm} \quad b_{1.k2} := a_{1.k2} = 1050 \text{ mm}$$

$$A_{c1.k2} := a_{1.k2} \cdot b_{1.k2} = 1.10 \text{ m}^2$$

-roznášecí plocha v základové spáře

$$f_{Rdu} \text{ - menší z hodnot: } f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1.k2}}{A_{c0.k2}}} = 60 \text{ MPa}$$

$$3 \cdot f_{cd} = 60 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow f_{Rdu.k2} := 60 \text{ MPa}$$

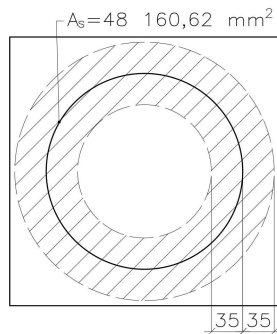
Návrhová pevnost betonu pod patkou:

$$\beta_{j.k2} := \frac{2}{3}$$

$$f_{jd.k2} := \beta_{j.k2} \cdot f_{Rdu.k2} = 40 \text{ MPa}$$

Přesah pro účinnou plochu:

$$c_{k2} := t_{p.k2} \cdot \sqrt{\frac{f_{yk}}{3 \cdot f_{jd.k2}}} = 42 \text{ mm}$$



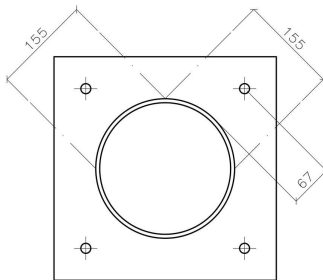
Účinná plocha:

$$A_{eff.k2} := 57792.74 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed.tlak.k2}}{f_{jd.k2}} = 16168.75 \text{ mm}^2$$

$$A_{eff.k2} \geq \frac{N_{Ed.tlak.k2}}{f_{jd.k2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

B) Tah



-ohyb čelní desky bude posuzován na fiktivní konzole délky 67mm

Moment na konzole:

$$M_{konzola.k2} := \frac{|N_{Ed.tah.k2}|}{4} \cdot 67 \text{ mm} = 4.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Průřezový modul plechu: -účinný průřez plechu uvažován o šířce 155mm $b_{p.k2} := 155 \text{ mm}$

$$W_{y.plech.k2} := \frac{1}{6} \cdot b_{p.k2} \cdot t_{p.k2}^2 = 23250 \text{ mm}^3$$

Momentová únosnost plechu:

$$M_{p.Rd.k2} := \frac{W_{y.plech.k2} \cdot f_{yk}}{Y_{M0}} = 5.46 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{konzola.k2}}{M_{p.Rd.k2}} = 83\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Tahová únosnost kotev

NÁVRH: 4x M16 $f_{ub.m16} := 800 \text{ MPa}$

$$A_{s.m16} := 157 \text{ mm}^2$$

Únosnost jedné záv. tyče: $F_{t.Rd.m16.1} := \frac{0.9 \cdot A_{s.m16} \cdot f_{ub.m16}}{Y_{M2}} = 90.43 \text{ kN}$

Únosnost skupiny záv. tyčí: $F_{t.Rd.m16} := 4 \cdot F_{t.Rd.m16.1} = 361.73 \text{ kN}$

$$\frac{|N_{Ed.tah.k2}|}{F_{t.Rd.m16}} = 74\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru čelní desky:

Účinná tloušťka svaru: $a_{w.k2} := 4 \text{ mm}$

Složky napětí od tahové síly: -délka svaru: $L_{w.tah.k2} := \pi \cdot d_{s4} = 0.69 \text{ m}$

$$\sigma_{kolmo.tah.k2} := \frac{|N_{Ed.tah.k2}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.k2} \cdot L_{w.tah.k2}} = 69.19 \text{ MPa}$$

$$T_{kolmo.tah.k2} := \frac{|N_{Ed.tah.k2}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.k2} \cdot L_{w.tah.k2}} = 69.19 \text{ MPa}$$

Složky napětí od smykové síly: -délka svaru: $L_{w.smyk.k2} := 2 \cdot (d_{s4} - t_{s4}) = 0.43 \text{ m}$

$$T_{rovn.smyk.k2} := \frac{R_{max.k2}}{a_{w.k2} \cdot L_{w.smyk.k2}} = 64.16 \text{ MPa}$$

Posudek svaru: $\sqrt{\sigma_{kolmo.tah.k2}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.tah.k2}^2 + T_{rovn.smyk.k2}^2)} = 177.47 \text{ MPa}$

$f_u := 360 \text{ MPa}$ -pro S235

$\beta_w := 0.8$ -pro S235

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.tah.k2}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.tah.k2}^2 + T_{rovn.smyk.k2}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo.tah.k2} := \frac{|N_{Ed.tah.k2}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.k2} \cdot L_{w.tah.k2}} = 69.19 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo.tah.k2} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh smykové zarážky

Vnitřní síly pro posouzení: -pro posudek smykové zarážky byla zvolena kombinace s nejvyššími smykovými silami při tahu v základu

$$\text{KZS13: } R_{x,k2,sz} := -1.20 \text{ kN}$$

$$R_{y,k2,sz} := -104.11 \text{ kN} \quad R_{max,k2,sz} := \sqrt{R_{x,k2,sz}^2 + R_{y,k2,sz}^2} = 104.12 \text{ kN}$$

$$\text{Předběžný odhad profilu: TR 133x4,5} \quad A_{tr,k2} := 1817 \text{ mm}^2 \quad d_{tr,k2} := 133 \text{ mm}$$

$$A_{v,z,tr,k2} := 1157 \text{ mm}^2 \quad t_{tr,k2} := 4.5 \text{ mm}$$

$$W_{pl,tr,k2} := 74.3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{Minimální hloubka smykové zarážky: } h_{min,sz,k2} := \frac{R_{max,k2,sz}}{d_{tr,k2} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C}} = 39.14 \text{ mm}$$

$$\rightarrow h_{sz,k2} := 50 \text{ mm}$$

$$\text{Moment na konzole: } f_{Ed,konzola,k2} := \frac{R_{max,k2,sz}}{h_{sz,k2}} = 2082 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed,sz,k2} := f_{Ed,konzola,k2} \cdot h_{sz,k2} \cdot \left(b_{pod,k1} + \frac{h_{sz,k2}}{2} \right) = 5.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Smyková únosnost: } V_{Rd,sz,k2} := \frac{A_{v,z,tr,k2} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 156.98 \text{ kN}$$

$$\frac{R_{max,k2,sz}}{V_{Rd,sz,k2}} = 66\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

-velký smyk, nutno posoudit interakci smyku a ohybu

$$\text{Ohybová únosnost: } M_{Rd,sz,k2} := \frac{W_{pl,tr,k2} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 17.46 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed,sz,k2}}{M_{Rd,sz,k2}} = 33\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Interakce smyku a ohybu:

$$\rho_{k2} := \left(\frac{2 \cdot R_{max,k2,sz}}{V_{Rd,sz,k2}} - 1 \right)^2 = 0.11$$

$$(1 - \rho_{k2}) \cdot f_{yk} = 209.95 \text{ MPa}$$

$$M_{y,V,Rd,sz,k2} := \frac{\left(W_{pl,tr,k2} - \frac{\rho_{k2} \cdot A_{v,z,tr,k2}^2}{4 \cdot t_{tr,k2}} \right) \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 15.60 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{|M_{Ed,sz,k2}|}{M_{y,V,Rd,sz,k2}} \cdot 100 = 37 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru smykové zarážky:

Účinná tloušťka svaru: $a_{w.sz.k2} := 4 \text{ mm}$

Napětí od smykové síly: -délka svaru: $L_{w.smyk.sz.k2} := 2 \cdot (d_{tr.k2} - t_{tr.k2}) = 0.26 \text{ m}$

$$T_{rovn.smyk.sz.k2} := \frac{R_{max.k2.sz}}{a_{w.sz.k2} \cdot L_{w.smyk.sz.k2}} = 101.28 \text{ MPa}$$

Napětí od momentu: -délka svaru: $L_{w.ohyb.sz.k2} := 2 \cdot (d_{tr.k2} - t_{tr.k2}) = 0.26 \text{ m}$

-průřezový modul svaru:

$$W_{w.sz.k2} := \frac{\pi}{2 \cdot (d_{s4} + 2 \cdot a_{w.sz.k2})} \cdot \left(\left(\frac{d_{s4} + 2 \cdot a_{w.sz.k2}}{2} \right)^4 - \left(\frac{d_{s4}}{2} \right)^4 \right) = (1.54 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{kolmo.ohyb.sz.k2} := \frac{M_{Ed.sz.k2}}{W_{w.sz.k2} \cdot \sqrt{2}} = 26.37 \text{ MPa}$$

$$T_{kolmo.ohyb.sz.k2} := \frac{M_{Ed.sz.k2}}{W_{w.sz.k2} \cdot \sqrt{2}} = 26.37 \text{ MPa}$$

Posudek svaru:

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.ohyb.sz.k2}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.ohyb.sz.k2}^2 + T_{rovn.smyk.sz.k2}^2)} = 183.18 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa} \quad \text{-pro S235}$$

$$\beta_w := 0.8 \quad \text{-pro S235}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.ohyb.sz.k2}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.ohyb.sz.k2}^2 + T_{rovn.smyk.sz.k2}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo.ohyb.sz.k2} := \frac{M_{Ed.sz.k2}}{W_{w.sz.k2} \cdot \sqrt{2}} = 26.37 \text{ MPa}$$

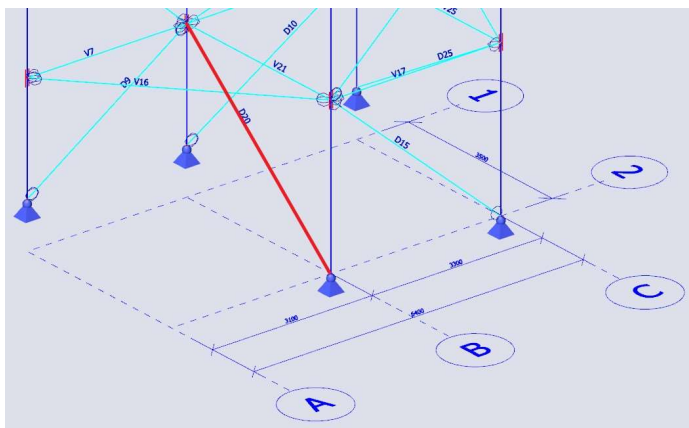
$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo.tah.k1} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

10. NÁVRH VYBRANÝCH PŘÍPOJŮ

10.1. Přípoj nejzatíženější diagonály

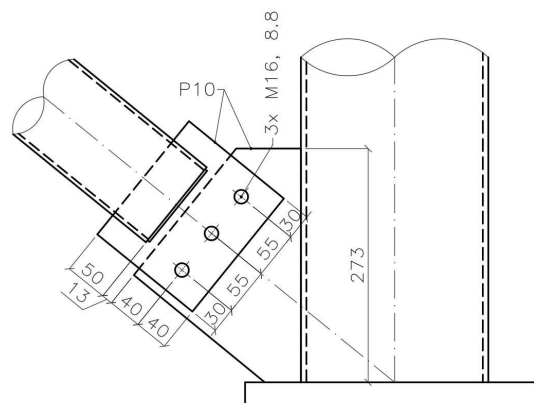
Nejzatíženější diagonála je diagonála D20



Přípoj bude posouzen na tlakovou sílu od KZS6

Přípoj bude proveden jako jednostřížný, praporky v drážce trubky budou přišroubovány ke styčnickému plechu

Schéma přípoje:



Jméno	Stav	N [kN]
D20	KZS6	-140,31
D20	KZS13	133,92

$$N_{Ed,p1} := -140.31 \text{ kN}$$

Potřebný počet šroubů (M16): $d_{m16} := 16 \text{ mm}$ $d_{0,m16} := 18 \text{ mm}$

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu: $F_{v,Rd,m16.1} := \frac{0.6 \cdot A_{s,m16} \cdot f_{ub,m16}}{Y_{M2}} = 60.29 \text{ kN}$

$$n_{p1} := \frac{|N_{Ed,p1}|}{F_{v,Rd,m16.1}} = 2.33 \quad \text{Návrh šroubů: } 3x \text{ M16}$$

Únosnost ve stříhu: Smyková rovina prochází závitem

Únosnost jednoho šroubu: $F_{v,Rd,m16.1} = 60.29 \text{ kN}$

Únosnost skupiny šroubů: $F_{v,Rd,m16} := 3 \cdot F_{v,Rd,m16.1} = 180.86 \text{ kN}$

$$\frac{|N_{Ed,p1}|}{F_{v,Rd,m16}} = 78\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost v otláčení:

Styčnický plech i příložka navrženy P10 $t_{p,p1} := 10 \text{ mm}$

Běžné rozteče: $e_{1,p1} := 40 \text{ mm}$
 $p_{1,p1} := 55 \text{ mm}$
 $e_{2,p1} := 30 \text{ mm}$
 $p_{2,p1} := 55 \text{ mm}$

Výška plechu: $h_{p,p1} := 2 \cdot e_{2,p1} + 2 \cdot p_{2,p1} = 170 \text{ mm}$

$k_{1,p1}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$\frac{e_{1,p1}}{3 \cdot d_{0,m16}} = 0.74 ; \quad \frac{f_{ub,m16}}{f_u} = 2.22 ; \quad 1.0$$

-vnitřní šrouby

$$\frac{p_{1,p1}}{3 \cdot d_{0,m16}} - \frac{1}{4} = 0.77 ; \quad \frac{f_{ub,m16}}{f_u} = 2.22 ; \quad 1.0$$

$$\rightarrow k_{1,p1} := 0.74$$

$a_{b,p1}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$2.8 \cdot \frac{e_{2,p1}}{d_{0,m16}} - 1.7 = 2.97 ; \quad 2.5$$

-vnitřní šrouby

$$1.4 \cdot \frac{p_{2,p1}}{d_{0,m16}} - 1.7 = 2.58 ; \quad 2.5$$

$$\rightarrow a_{b,p1} := 2.5$$

Únosnost jednoho šroubu:

$$F_{b,Rd,m16.1} := \frac{k_{1,p1} \cdot \alpha_{b,p1} \cdot d_{m16} \cdot t_{p,p1} \cdot f_u}{Y_{M2}} = 85.25 \text{ kN}$$

Únosnost skupiny šroubů:

$$F_{b,Rd,m16} := 3 \cdot F_{b,Rd,m16.1} = 255.74 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed,p1}|}{F_{b,Rd,m16}} = 55\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ověření oslabeného průřezu

$$A_{osl,p1} := (h_{p,p1} - 3 \cdot d_{0,m16}) \cdot t_{p,p1} = 1160 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd,osl,p1} := \frac{A_{osl,p1} \cdot 0.9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 300.67 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed,p1}|}{N_{Rd,osl,p1}} = 47\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh svaru praporku:

Účinná tloušťka svaru: $a_{w,p1} := 4 \text{ mm}$ -svar namáhán ve směru osy svaru: $\sigma_{kolmo,p1} := 0 \text{ MPa}$

$L_{w,p1} := 200 \text{ mm}$ -svar 4x 50mm $T_{kolmo,p1} := 0 \text{ MPa}$

$$T_{rovn,p1} := \frac{|N_{Ed,p1}|}{a_{w,p1} \cdot L_{w,p1}} = 175.39 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo,p1}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo,p1}^2 + T_{rovn,p1}^2)} = 303.78 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360.00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh svaru styčnickového plechu:

Síla pro návrh:

$$N_{Ed,tah,p1} := 133.92 \text{ kN}$$

Účinná tloušťka svaru:

$$a_{w,sp,p1} := 4 \text{ mm}$$

Délka svaru:

$$L_{w,sp,p1} := 2 \cdot 273 \text{ mm} = 546.00 \text{ mm}$$

Pro návrh bude posuzován pouze svislý svar

Rozložení síly na svislou a vodorovnou složku:

$$F_{Ed,svisla,p1} := N_{Ed,tah,p1} \cdot \frac{2900}{\sqrt{2900^2 + 3500^2}} = 85.44 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,vodorovna,p1} := N_{Ed,tah,p1} \cdot \frac{3500}{\sqrt{2900^2 + 3500^2}} = 103.12 \text{ kN}$$

Složky napětí:

$$T_{rovn,sp,p1} := \frac{|F_{Ed,svisla,p1}|}{a_{w,sp,p1} \cdot L_{w,sp,p1}} = 39.12 \text{ MPa}$$

-složka momentového namáhání od excentricity svaru:

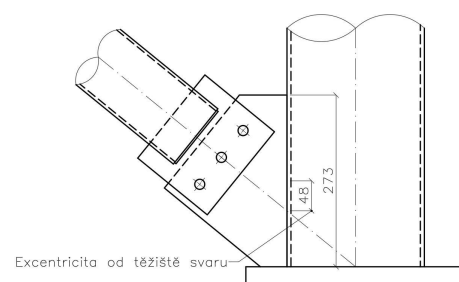
$$\sigma_{kolmo,sp,p1.M} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{|F_{Ed,vodorovna,p1}| \cdot 48 \text{ mm}}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a_{w,sp,p1} \cdot L_{w,sp,p1}^2} = 8.81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo,sp,p1} := \frac{|F_{Ed,vodorovna,p1}|}{a_{w,sp,p1} \cdot L_{w,sp,p1} \cdot \sqrt{2}} + \sigma_{kolmo,sp,p1.M} = 42.19 \text{ MPa} \quad T_{kolmo,sp,p1} := \sigma_{kolmo,sp,p1} = 42.19 \text{ MPa}$$

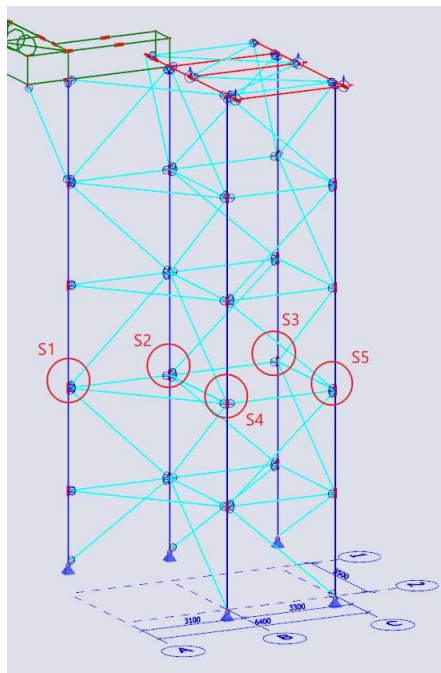
Posouzení svaru:

$$\sqrt{\sigma_{kolmo,sp,p1}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo,sp,p1}^2 + T_{rovn,sp,p1}^2)} = 108.22 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360.00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo,sp,p1} := \frac{|F_{Ed,vodorovna,p1}|}{a_{w,sp,p1} \cdot L_{w,sp,p1} \cdot \sqrt{2}} = 33.39 \text{ MPa} < \frac{f_u}{Y_{M2}} = 288.00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$



10.2. Montážní přípoj sloupů



Vnitřní síly do přípojí

-Globály pro jednotlivé sloupů

Sloup	Kombinace	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
S1	KZS5	-72,84	0,31	1,01	-0,72	-0,41
S1	KZS11	74,09	0,65	-0,01	0,05	-0,17
S1	KZS3	36,44	0,78	0,24	-0,27	-0,34
S2	KZS5	-423,66	1,95	1,52	-1,63	-2,59
S2	KZS14	137,27	-0,56	0,26	0	0,78
S3	KZS5	-485,41	2,23	-0,08	-0,1	-2,96
S3	KZS6	-111,24	0,38	-1,94	2,06	-0,34
S3	KZS14	118,62	-0,62	-1,19	1,34	0,93
S4	KZS6	-294,49	-1,94	-0,12	0,23	2,41
S4	KZS5	38,4	0,49	1,65	-2,02	-0,89
S4	KZS11	137,72	0,08	-0,32	0,43	0,07
S5	KZS6	-378,61	-1,78	-1,55	1,36	2,28
S5	KZS3	-308,35	0,16	-1,9	2,07	0,04
S5	KZS13	133,08	0,71	0,05	0,07	-1,13

Montážní přípoj bude proveden jako přírubový spoj, sloupů budou rozděleny na dvou místech (viz schéma)

Tlaková síla bude přenesena kontaktem, páčení šroubů bude posouzeno dle ČSN EN 1993-3-1

Přípoje budou posouzeny na výslednice vektorů posouvajících sil a ohybových momentů

Jednotně budou navrženy přípoje pro sloup S1 a přípoje pro sloupů S2-S5

Přípoj pro sloup S1

Zatížení pro přípoj

$$\text{KZS11: } N_{Ed.tah.s1.p2} := 74.09 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.s1.p2} := 0.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z.Ed.s1.p2} := -0.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

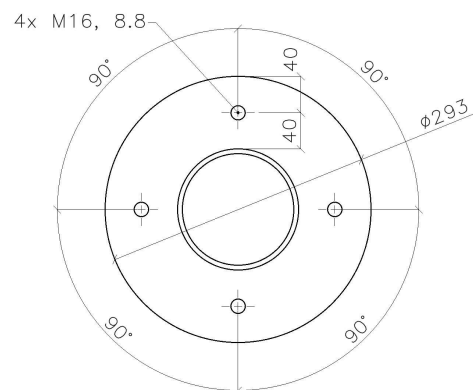
$$M_{Ed.max.s1.p2} := \sqrt{M_{y.Ed.s1.p2}^2 + M_{z.Ed.s1.p2}^2} = 0.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{KZS5: } V_{y.Ed.s1.p2} := 0.31 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed.s1.p2} := 1.01 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.max.s1.p2} := \sqrt{V_{y.Ed.s1.p2}^2 + V_{z.Ed.s1.p2}^2} = 1.06 \text{ kN}$$

Schéma přípoje



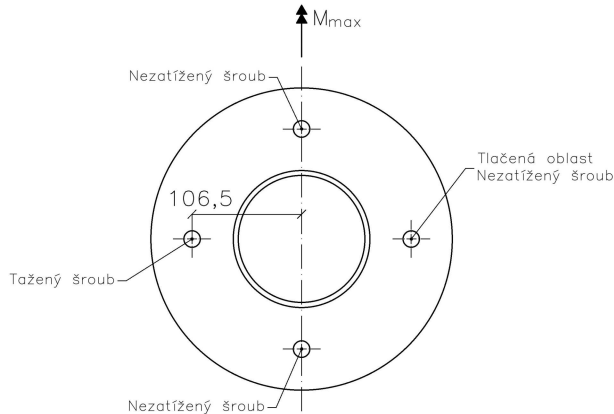
Čelní deska P12

$$t_{p.s1.p2} := 12 \text{ mm}$$

Převod momentu na tahové působení

Moment působí na rameni o délce 106,5 mm.

$$r_{MN.s1.p2} := 106.5 \text{ mm}$$



Tahová síla do jednoho šroubu:

-Rameno bude síly bude bezpečně uvažováno o vzdálenosti od šroubu do středu trubky

$$N_{M.tah.s1.p2} := \frac{M_{Ed.max.s1.p2}}{r_{MN.s1.p2}} = 1.66 \text{ kN}$$

Tahová síla do jednoho šroubu od působení normálové síly

$k_p := 1.2$ -součinitel páčení pro předepnuté šrouby

$$N_{b.s1.p2} := \frac{N_{Ed.tah.s1.p2}}{4} \cdot k_p = 22.23 \text{ kN}$$

Celková tahová síla do jednoho šroubu

$$N_{Ed.tah.max.s1.p2} := N_{M.tah.s1.p2} + N_{b.s1.p2} = 23.89 \text{ kN}$$

Posouzení tahové únosnosti šroubů

Únosnost jednoho šroubu: $F_{t.Rd.m16.1} := \frac{0.9 \cdot A_{s.m16} \cdot f_{ub.m16}}{Y_{M2}} = 90.43 \text{ kN}$

$$\frac{N_{Ed.tah.max.s1.p2}}{F_{t.Rd.m16.1}} = 26\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení smykové únosnosti šroubů

Únosnost ve střihu: Smyková rovina prochází závitem

Únosnost jednoho šroubu: $F_{v.Rd.m16.1} = 60.29 \text{ kN}$

Únosnost skupiny šroubů: $F_{v.Rd.m16} := 4 \cdot F_{v.Rd.m16.1} = 241.15 \text{ kN}$

$$\frac{|V_{Ed.max.s1.p2}|}{F_{v.Rd.m16}} = 0.44\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost v otláčení:

$$\begin{aligned} \text{Běžné rozteče: } e_{1.s1.p2} &:= 40 \text{ mm} \\ e_{2.s1.p2} &:= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$k_{1.p1}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$\frac{e_{1.s1.p2}}{3 \cdot d_{0.m16}} = 0.74 \quad ; \quad \frac{f_{ub.m16}}{f_u} = 2.22 \quad ; \quad 1.0$$
$$\rightarrow k_{1.s1.p2} := 0.74$$

$a_{b.p1}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$2.8 \cdot \frac{e_{2.s1.p2}}{d_{0.m16}} - 1.7 = 4.52 \quad ; \quad 2.5$$
$$\rightarrow a_{b.s1.p2} := 2.5$$

Únosnost jednoho šroubu:

$$F_{b.Rd.m16.1} := \frac{k_{1.s1.p2} \cdot a_{b.s1.p2} \cdot d_{m16} \cdot t_{p.s1.p2} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 102.30 \text{ kN}$$

Únosnost skupiny šroubů:

$$F_{b.Rd.m16} := 4 \cdot F_{b.Rd.m16.1} = 409.19 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{Ed.max.s1.p2}|}{F_{b.Rd.m16}} = 0.26\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení čelní desky

Čelní deska bude posouzena na smyk v místě přivaření trubky a na ohyb

Bude posouzena čtvrtina čelní desky, kde působí navíc osová síla od ohybového momentu

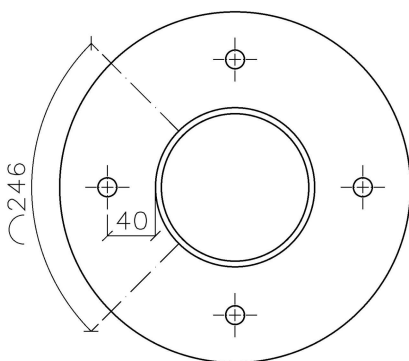
Ohybový moment působící na čelní desku:

$$D_{b.s1} := 213 \text{ mm} \quad \text{-průměr kružnice procházející středy děr pro šrouby}$$

$$D_{i.s1} := 133 \text{ mm} \quad \text{-průměr trubky}$$

$$M_{Ed.N.s1.p2} := \frac{N_{Ed.tah.max.s1.p2} \cdot (D_{b.s1} - D_{i.s1})}{2} = 0.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Pro výpočet smykové a momentové únosnosti bude uvažován efektivní průřez o tloušťce plechu a šířce rovné čtvrtině délky obvodu trubky. Konzola pro výpočet momentu je dlouhá 40mm.



$$b_{p.s1.p2} := 246 \text{ mm}$$

Smyková únosnost

$$A_{v.z.s1.p2} := 216 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm} = 2592.00 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd.s1.p2} := \frac{A_{v.z.s1.p2} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 351.68 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.tah.max.s1.p2}}{V_{Rd.s1.p2}} = 7\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ohybová únosnost

$$W_{y,plech.s1.p2} := \frac{1}{6} \cdot b_{p.s1.p2} \cdot t_{p.s1.p2}^2 = 5904 \text{ mm}^3 \quad \text{-průřezový modul plechu}$$

$$M_{p.Rd.s1.p2} := \frac{W_{y,plech.s1.p2} \cdot f_{yk}}{Y_{M0}} = 1.39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.N.s1.p2}}{M_{p.Rd.s1.p2}} = 69\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru

Účinná tloušťka svaru: $a_{w.s1.p2} := 4 \text{ mm}$

Složky napětí od tahové síly: -délka svaru: $L_{w.tah.s1.p2} := \pi \cdot \frac{d_{s3}}{4} = 0.10 \text{ m}$

$$\sigma_{kolmo.tah.s1.p2} := \frac{|N_{Ed.tah.max.s1.p2}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.s1.p2} \cdot L_{w.tah.s1.p2}} = 40.43 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmo.tah.s1.p2} := \frac{|N_{Ed.tah.max.s1.p2}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.s1.p2} \cdot L_{w.tah.s1.p2}} = 40.43 \text{ MPa}$$

Složky napětí od smykové síly: -délka svaru: $L_{w.smyk.s1.p2} := 2 \cdot (d_{s3} - t_{s3}) = 0.26 \text{ m}$

$$\tau_{rovny.smyk.s1.p2} := \frac{V_{Ed.max.s1.p2}}{a_{w.s1.p2} \cdot L_{w.smyk.s1.p2}} = 1.03 \text{ MPa}$$

Posudek svaru: $\sqrt{\sigma_{kolmo.tah.s1.p2}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmo.tah.s1.p2}^2 + \tau_{rovny.smyk.s1.p2}^2)} = 80.88 \text{ MPa}$

$$f_u := 360 \text{ MPa} \quad \text{-pro S235}$$

$$\beta_w := 0.8 \quad \text{-pro S235}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360.00 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.tah.s1.p2}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmo.tah.s1.p2}^2 + \tau_{rovny.smyk.s1.p2}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo.tah.s1.p2} := \frac{|N_{Ed.tah.max.s1.p2}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.s1.p2} \cdot L_{w.tah.s1.p2}} = 40.43 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{Y_{M2}} = 288.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo.tah.s1.p2} \leq \frac{f_u}{Y_{M2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Přípoj pro sloupy S2-S5

Zatížení pro přípoj

$$\text{KZS11: } N_{Ed.tah.s2.p2} := 137.72 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.s2.p2} := 0.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z.Ed.s2.p2} := 0.07 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

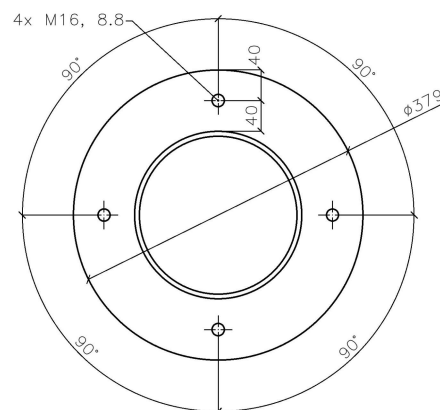
$$M_{Ed.max.s2.p2} := \sqrt{M_{y.Ed.s2.p2}^2 + M_{z.Ed.s2.p2}^2} = 0.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{KZS5: } V_{y.Ed.s2.p2} := 1.95 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed.s2.p2} := 1.52 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.max.s2.p2} := \sqrt{V_{y.Ed.s2.p2}^2 + V_{z.Ed.s2.p2}^2} = 2.47 \text{ kN}$$

Schéma přípoje



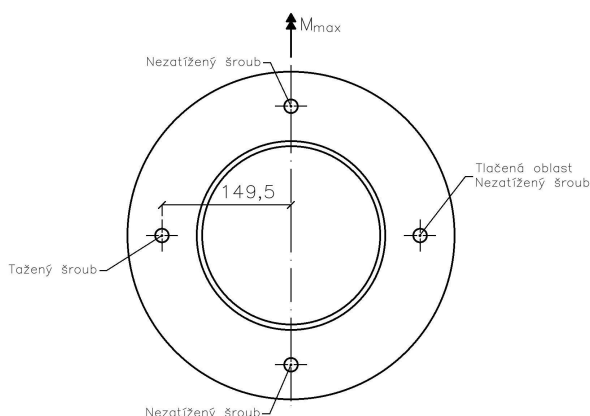
Čelní deska P12

$$t_{p.s2.p2} := 12 \text{ mm}$$

Převod momentu na tahové působení

Moment působí na rameni o délce 106,5 mm.

$$r_{MN.s2.p2} := 149.5 \text{ mm}$$



Tahová síla do jednoho šroubu

-Rameno síly bude bezpečně uvažováno o vzdálenosti od šroubu do středu trubky

$$N_{M.tah.s2.p2} := \frac{M_{Ed.max.s2.p2}}{r_{MN.s2.p2}} = 2.91 \text{ kN}$$

Tahová síla do jednoho šroubu od působení normálové síly

$k_p := 1.2$ -součinitel páčení pro předepnuté šrouby

$$N_{b.s2.p2} := \frac{N_{Ed.tah.s2.p2}}{4} \cdot k_p = 41.32 \text{ kN}$$

Celková tahová síla do jednoho šroubu

$$N_{Ed.tah.max.s2.p2} := N_{M.tah.s1.p2} + N_{b.s1.p2} = 23.89 \text{ kN}$$

Posouzení tahové únosnosti šroubů

$$\text{Únosnost jednoho šroubu: } F_{t.Rd.m16.1} := \frac{0.9 \cdot A_{s.m16} \cdot f_{ub.m16}}{\gamma_{M2}} = 90.43 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.tah.max.s2.p2}}{F_{t.Rd.m16.1}} = 26\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení smykové únosnosti šroubů

Únosnost ve střihu: Smyková rovina prochází závitem

$$\text{Únosnost jednoho šroubu: } F_{v,Rd,m16,1} = 60.29 \text{ kN}$$

$$\text{Únosnost skupiny šroubů: } F_{v,Rd,m16} := 4 \cdot F_{v,Rd,m16,1} = 241.15 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{Ed,max,s2,p2}|}{F_{v,Rd,m16}} = 1\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost v otláčení:

$$\text{Běžné rozteče: } e_{1,s2,p2} := 40 \text{ mm}$$

$$e_{2,s2,p2} := 40 \text{ mm}$$

$k_{1,p1}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$\frac{e_{1,s2,p2}}{3 \cdot d_{0,m16}} = 0.74 \quad ; \quad \frac{f_{ub,m16}}{f_u} = 2.22 \quad ; \quad 1.0$$
$$\rightarrow k_{1,s2,p2} := 0.74$$

$a_{b,p1}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$2.8 \cdot \frac{e_{2,s2,p2}}{d_{0,m16}} - 1.7 = 4.52 \quad ; \quad 2.5$$
$$\rightarrow \alpha_{b,s2,p2} := 2.5$$

Únosnost jednoho šroubu:

$$F_{b,Rd,m16,1} := \frac{k_{1,s2,p2} \cdot \alpha_{b,s2,p2} \cdot d_{m16} \cdot t_{p,s2,p2} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 102.30 \text{ kN}$$

Únosnost skupiny šroubů:

$$F_{b,Rd,m16} := 4 \cdot F_{b,Rd,m16,1} = 409.19 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{Ed,max,s2,p2}|}{F_{b,Rd,m16}} = 1\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení čelní desky

Čelní deska bude posouzena na smyk v místě přivaření trubky a na ohyb

Bude posouzena čtvrtina čelní desky, kde působí navíc osová síla od ohybového momentu

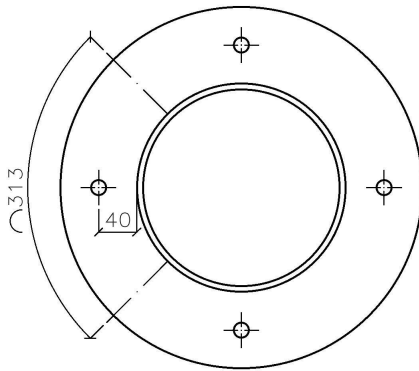
Ohybový moment působící na čelní desku:

$$D_{b.s2} := 213 \text{ mm} \quad \text{-průměr kružnice procházející středy děr pro šrouby}$$

$$D_{i.s2} := 133 \text{ mm} \quad \text{-průměr trubky}$$

$$M_{Ed.N.s2.p2} := \frac{N_{Ed.tah.max.s2.p2} \cdot (D_{b.s2} - D_{i.s2})}{2} = 0.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Pro výpočet smykové a momentové únosnosti bude uvažován efektivní průřez o tloušťce plechu a šířce rovné čtvrtině délky obvodu trubky. Konzola pro výpočet momentu je dlouhá 40mm.



$$b_{p.s2.p2} := 313 \text{ mm}$$

Smyková únosnost

$$A_{v.z.s2.p2} := 313 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm} = 3756.00 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd.s2.p2} := \frac{A_{v.z.s2.p2} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 509.60 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.tah.max.s2.p2}}{V_{Rd.s2.p2}} = 5\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ohybová únosnost

$$W_{y.plech.s2.p2} := \frac{1}{6} \cdot b_{p.s2.p2} \cdot t_{p.s2.p2}^2 = 7512 \text{ mm}^3 \quad \text{-průřezový modul plechu}$$

$$M_{p.Rd.s2.p2} := \frac{W_{y.plech.s2.p2} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 1.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.N.s2.p2}}{M_{p.Rd.s2.p2}} = 54\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru

Účinná tloušťka svaru: $a_{w.s2.p2} := 4 \text{ mm}$

Složky napětí od tahové síly: -délka svaru: $L_{w.tah.s2.p2} := \pi \cdot \frac{d_{s4}}{4} = 0.17 \text{ m}$

$$\sigma_{kolmo.tah.s2.p2} := \frac{|N_{Ed.tah.max.s2.p2}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.s2.p2} \cdot L_{w.tah.s2.p2}} = 24.55 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmo.tah.s2.p2} := \frac{|N_{Ed.tah.max.s2.p2}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.s2.p2} \cdot L_{w.tah.s2.p2}} = 24.55 \text{ MPa}$$

Složky napětí od smykové síly: -délka svaru: $L_{w.smyk.s2.p2} := 2 \cdot (d_{s4} - t_{s4}) = 0.43 \text{ m}$

$$\tau_{rovn.smyk.s2.p2} := \frac{V_{Ed.max.s2.p2}}{a_{w.s2.p2} \cdot L_{w.smyk.s2.p2}} = 1.45 \text{ MPa}$$

Posudek svaru: $\sqrt{\sigma_{kolmo.tah.s2.p2}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmo.tah.s2.p2}^2 + \tau_{rovn.smyk.s2.p2}^2)} = 49.17 \text{ MPa}$

$f_u := 360 \text{ MPa}$ -pro S235

$\beta_w := 0.8$ -pro S235

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.tah.s2.p2}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmo.tah.s2.p2}^2 + \tau_{rovn.smyk.s2.p2}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo.tah.s2.p2} := \frac{|N_{Ed.tah.max.s2.p2}|}{\sqrt{2} \cdot a_{w.s2.p2} \cdot L_{w.tah.s2.p2}} = 24.55 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo.tah.s2.p2} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \quad \text{VYHOVUJE}$$

10.3. Kluzné uložení potrubní lávky

Schéma

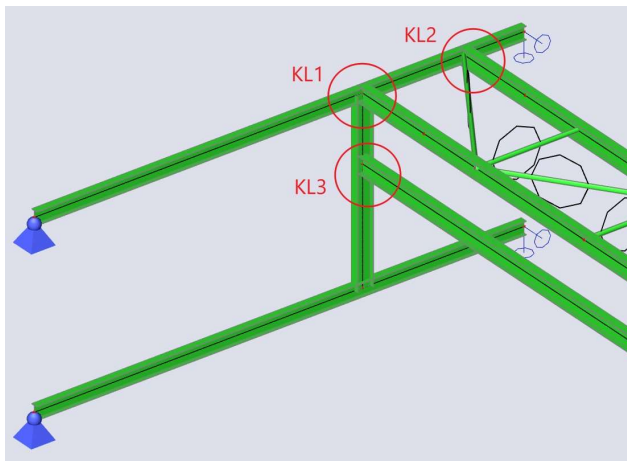
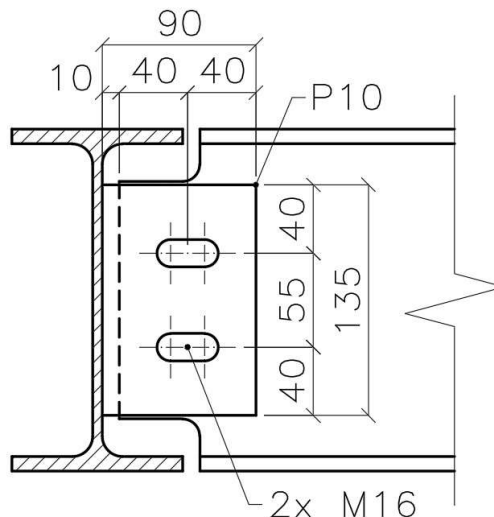


Schéma přípoje



Vnitřní síly do přípojí

Jméno	Stav	Rz [kN]
KL1	KZS8	-4,72
KL2	KZS7	-17,19
KL3	KZS8	-1,5

Přípoje budou navrženy jednotně na zatížení KL2 $V_{Ed,kl} := 17.19 \text{ kN}$

Velikost oválné díry

Maximální posun nosníku = 7.9 mm -> Oválná díra 38 mm

Posouzení šroubů

NÁVRH: 2xM16

Únosnost ve stříhu: Smyková rovina prochází závitem

Únosnost jednoho šroubu: $F_{v,Rd,m16.1} = 60.29 \text{ kN}$

Únosnost skupiny šroubů: $F_{v,Rd,m16} := 2 \cdot F_{v,Rd,m16.1} = 120.58 \text{ kN}$

$$\frac{|V_{Ed,kl}|}{F_{v,Rd,m16}} = 14\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost v otláčení:

Styčnickový plech navržen P10 $t_{p,kl} := 10 \text{ mm}$

Běžné rozteče: $e_{1,kl} := 40 \text{ mm}$

$p_{1,kl} := 55 \text{ mm}$

$e_{2,kl} := 40 \text{ mm}$

Výška plechu: $h_{p,kl} := 2 \cdot e_{2,kl} = 80 \text{ mm}$

$k_{1,kl}$ - minimum z hodnot

-šrouby na konci

$$\frac{e_{1,kl}}{3 \cdot d_{0,m16}} = 0.74 ; \quad \frac{f_{ub,m16}}{f_u} = 2.22 ; \quad 1.0$$

-vnitřní šrouby

$$\frac{p_{1,kl}}{3 \cdot d_{0,m16}} - \frac{1}{4} = 0.77 ; \quad \frac{f_{ub,m16}}{f_u} = 2.22 ; \quad 1.0$$

$$\rightarrow k_{1,kl} := 0.74$$

$\alpha_{b,kl}$ - minimum z hodnot

-šrouby na konci

$$2.8 \cdot \frac{e_{2,kl}}{d_{0,m16}} - 1.7 = 4.52 ; \quad 2.5$$

$$\rightarrow \alpha_{b,kl} := 2.5$$

Únosnost jednoho šroubu:

$$F_{b,Rd,m16.1} := 0.6 \frac{k_{1,kl} \cdot \alpha_{b,kl} \cdot d_{m16} \cdot t_{p,kl} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 51.15 \text{ kN}$$

-koeficient 0,6 redukuje únosnost pro oválné díry

Únosnost skupiny šroubů:

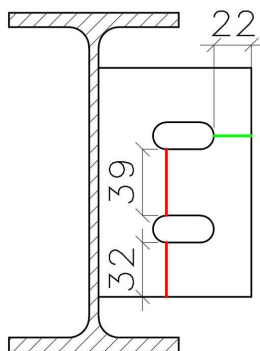
$$F_{b,Rd,m16} := 2 \cdot F_{b,Rd,m16.1} = 102.30 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{Ed,kl}|}{F_{b,Rd,m16}} = 17\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ověření oslabeného průřezu

1) Oslabený průřez plechu

Varianta A



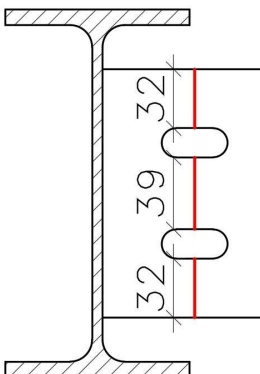
Namáhání tahem: $A_{nt,pl.A,kl} := 22 \text{ mm} \cdot t_{p,kl} = 220 \text{ mm}^2$

Namáhání smykem: $A_{nv,pl.A,kl} := (32 \text{ mm} + 39 \text{ mm}) \cdot t_{p,kl} = 710 \text{ mm}^2$

$$F_{Rd,pl.A,kl} := 0.5 \cdot \frac{A_{nt,pl.A,kl} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv,pl.A,kl} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = 108.74 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{Ed,kl}|}{F_{Rd,pl.A,kl}} = 16\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Varianta B



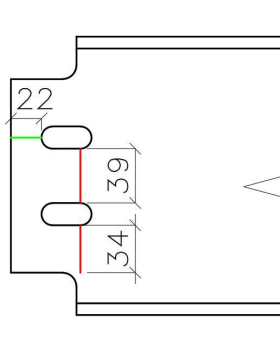
Namáhání smykem: $A_{nv,pl.B,kl} := (2 \cdot 32 \text{ mm} + 39 \text{ mm}) \cdot t_{p,kl} = 1030 \text{ mm}^2$

$$F_{Rd,pl.B,kl} := \frac{A_{nv,pl.B,kl} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = 111.80 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{Ed,kl}|}{F_{Rd,pl.B,kl}} = 15\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

1) Oslabený průřez plechu

Varianta A



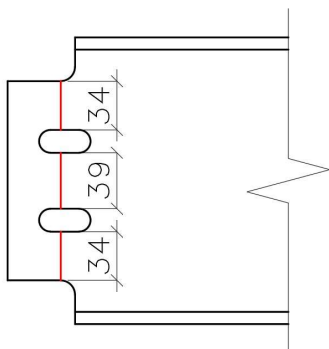
Namáhání tahem: $A_{nt,ns.A,kl} := 22 \text{ mm} \cdot t_{w,lvl3} = 123 \text{ mm}^2$

Namáhání smykem: $A_{nv,ns.A,kl} := (34 \text{ mm} + 39 \text{ mm}) \cdot t_{w,lvl3} = 409 \text{ mm}^2$

$$F_{Rd,ns.A,kl} := 0.5 \cdot \frac{A_{nt,ns.A,kl} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv,ns.A,kl} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = 62.11 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{Ed,kl}|}{F_{Rd,ns.A,kl}} = 28\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Varianta B



Namáhání smykem: $A_{nv,ns.B.kl} := (2 \cdot 34 \text{ mm} + 39 \text{ mm}) \cdot t_{w,lv3} = 599 \text{ mm}^2$

$$F_{Rd,ns.B.kl} := \frac{A_{nv,ns.B.kl} \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = 65.04 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{Ed,kl}|}{F_{Rd,ns.A.kl}} = 28\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

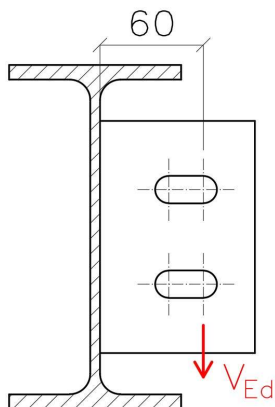
Návrh svaru:

Účinná tloušťka svaru: $a_{w,kl} := 4 \text{ mm}$

Délka svaru: $L_{w,kl} := 270 \text{ mm}$ -svar 2x 135mm

Napětí od smykové síly: $T_{rovn,kl} := \frac{|V_{Ed,kl}|}{a_{w,kl} \cdot L_{w,kl}} = 15.92 \text{ MPa}$

Napětí od momentu: -moment od excentricity:



$$M_{Ed,exc,kl} := 60 \text{ mm} \cdot V_{Ed,kl} = 1.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

-průřezový modul svaru:

$$W_{w,pl,kl} := 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_{w,kl} \cdot L_{w,kl}^2 = (9.72 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{kolmo,kl} := \frac{M_{Ed,exc,kl}}{W_{w,pl,kl} \cdot \sqrt{2}} = 7.50 \text{ MPa}$$

$$T_{kolmo,kl} := \frac{M_{Ed,exc,kl}}{W_{w,pl,kl} \cdot \sqrt{2}} = 7.50 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo,kl}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo,kl}^2 + T_{rovn,kl}^2)} = 31.39 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo,kl} := \frac{M_{Ed,exc,kl}}{W_{w,pl,kl} \cdot \sqrt{2}} = 7.50 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288.00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

10.4. Momentový přípoj příčných nosníků

Schéma

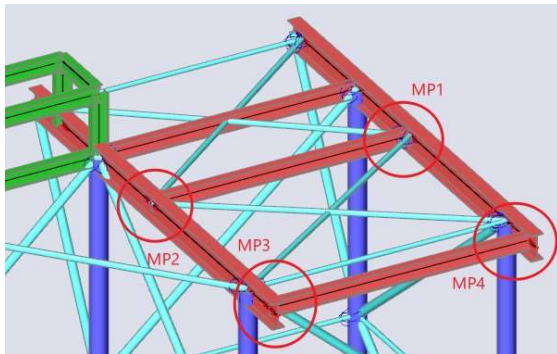
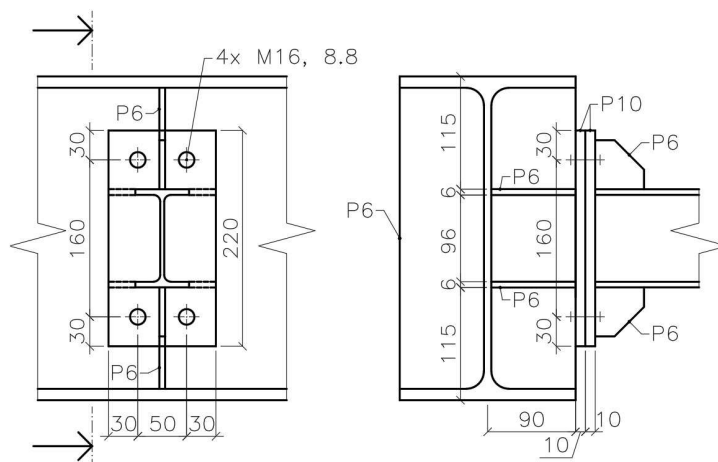


Schéma přípoje



Síly do přípojů

Přípoj	Kombinace	Rz [kN]	My [kNm]
MP1	KZS5	-0,76	0,2
MP2	KZS3	-0,77	-0,17
MP2	KZS4	-0,76	-0,19
MP3	KZS12	-0,36	-0,04
MP3	KZS5	-0,49	-0,09
MP4	KZS4	-0,51	0,04
MP4	KZS3	-0,5	0,06

Přípoje budou jednotně navrženy na kombinaci KZS5 pro přípoj MP1

$$M_{y,Ed,tp} := 0.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z,Ed,tp} := -0.76 \text{ kN}$$

Návrh svarů

Svary budou konzervativně navrženy na plnou únosnost průřezů

1) Svar čelní desky a tažené pásnice příčného nosníku

$$a_{1,min,tp} := \frac{6.9 \text{ mm}}{2} \cdot \left(\frac{f_{yk}}{Y_{M0}} \right) \cdot \left(\frac{\beta_w \cdot Y_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = 3.18 \text{ mm}$$

$$a_{1,tp} := 4 \text{ mm}$$

2) Svar čelní desky a tlačené pásnice příčného nosníku

Svar bude konstrukčně uvažován stejný jako u tažené pásnice

$$a_{2,tp} := 4 \text{ mm}$$

3) Svar čelní desky a stojiny příčného nosníku

$$a_{3,min,tp} := \frac{4.7 \text{ mm}}{2} \cdot \left(\frac{f_{yk}}{Y_{M0}} \right) \cdot \left(\frac{\beta_w \cdot Y_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = 2.17 \text{ mm}$$

$$a_{3,tp} := 3 \text{ mm}$$

4) Svary výztuh a stojiny sloupu

Svary všech výztužných plechů budou uvažovány stejné tloušťky jako u svaru stojiny a čelní desky

$$a_{4,tp} := 3 \text{ mm}$$

Únosnost dílčích komponent

Obě čelní desky P10: $t_{p,tp} := 10 \text{ mm}$

Všechny výztuhy P6: $t_{p,v,tp} := 6 \text{ mm}$

Výpočet únosnosti řad šroubů v tahu

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,m16,Rd} := \frac{0.9 \cdot A_{s,m16} \cdot f_{ub,m16}}{Y_{M2}} = 90.43 \text{ kN}$$

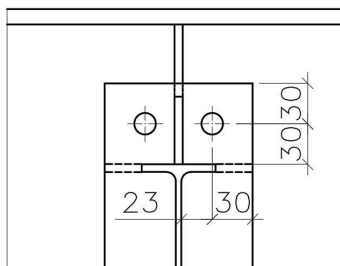
Výpočet 1. řady šroubů

$$c_{1,tp,1} := 0.8 \cdot a_{1,tp} \cdot \sqrt{2} = 4.53 \text{ mm}$$

$$m_{2,tp,1} := 30 \text{ mm} - c_{1,tp,1} = 25.47 \text{ mm}$$

$$c_{2,tp,1} := 0.8 \cdot a_{3,tp} \cdot \sqrt{2} = 3.39 \text{ mm}$$

$$m_{tp,1} := 23 \text{ mm} - c_{2,tp,1} = 19.61 \text{ mm}$$



$$\lambda_{1,1} := \frac{m_{tp,1}}{m_{tp,1} + 30 \text{ mm}} = 0.40$$

$$\lambda_{2,1} := \frac{m_{2,tp,1}}{m_{tp,1} + 30 \text{ mm}} = 0.51$$

$$\alpha_{tp,1} := 6.3$$

$n_{tp,1}$ - minimum z následujících hodnot

$$e_{tp,1} := 30 \text{ mm} \quad 1.25 \cdot m_{tp,1} = 24.51 \text{ mm}$$

$$\rightarrow n_{tp,1} := 24.51 \text{ mm}$$

Výpočet efektivní šířky pro náhradní profil

-Kruhové porušení

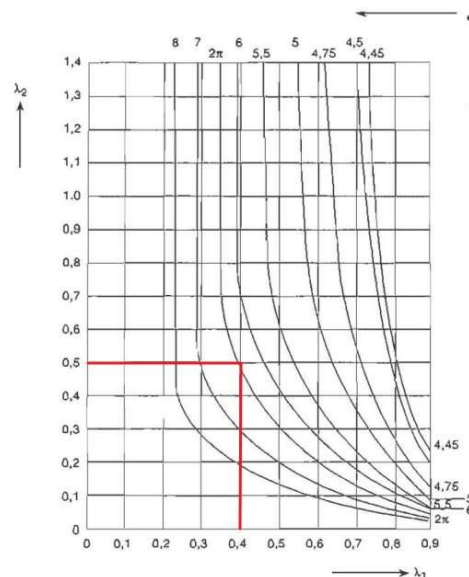
$$l_{eff,cp} := 2 \cdot \pi \cdot m_{tp,1} = 123.19 \text{ mm}$$

-Nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} := \alpha_{tp,1} \cdot m_{tp,1} = 123.52 \text{ mm}$$

$$\rightarrow l_{eff,1.1} := 123.19 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2.1} := 123.52 \text{ mm}$$



$$M_{pl,1,Rd,1} := \frac{1}{4} l_{eff,1.1} \cdot t_{p,tp}^2 \cdot \frac{f_{yk}}{Y_{M0}} = 0.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd,1} := \frac{1}{4} l_{eff,2.1} \cdot t_{p,tp}^2 \cdot \frac{f_{yk}}{Y_{M0}} = 0.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová únosnost 1. řady šroubů

Způsob 1 - Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t,a,Rd,1} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd,1}}{m_{tp,1}} = 147.66 \text{ kN}$$

Způsob 2 - Plastický mechanismus - páčení (2 pl. klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t,b,Rd,1} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd,1} + n_{tp,1} \cdot 2 \cdot F_{t,m16,Rd}}{m_{tp,1} + n_{tp,1}} = 133.38 \text{ kN}$$

Způsob 3 - Porušení šroubů v tahu

$$F_{t,c,Rd,1} := 2 \cdot F_{t,m16,Rd} = 180.86 \text{ kN}$$

Únosnost první řady $F_{t,1,Rd} := 133.38 \text{ kN}$

Výpočet smykové únosnosti šroubů

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (stříh v závitě)

$$F_{v,Rd,tp} := \frac{0.6 \cdot A_{s,m16} \cdot f_{ub,m16}}{Y_{M2}} = 60.29 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

Běžné rozteče: $e_{1,tp} := 30 \text{ mm}$

$$e_{2,tp} := 30 \text{ mm}$$

$$p_{2,tp} := 50 \text{ mm}$$

$k_{1,kl}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$\frac{e_{1,tp}}{3 \cdot d_{0,m16}} = 0.56 ; \quad \frac{f_{ub,m16}}{f_u} = 2.22 ; \quad 1.0$$

-> $k_{1,tp} := 0.56$

$a_{b,kl}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$2.8 \cdot \frac{e_{2,tp}}{d_{0,m16}} - 1.7 = 2.97 ; \quad 2.5$$

-vnitřní šrouby

$$1.4 \cdot \frac{p_{2,tp}}{d_{0,m16}} - 1.7 = 2.19 ; \quad 2.5$$

-> $\alpha_{b,tp} := 2.19$

Únosnost jednoho šroubu:

$$F_{b,Rd,tp} := \frac{k_{1,tp} \cdot \alpha_{b,tp} \cdot d_{m16} \cdot t_{p,tp} \cdot f_u}{Y_{M2}} = 56.51 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu

$$F_{v,z,Rd,tp,1} := 56.51 \text{ kN}$$

Únosnost skupiny šroubů

$$F_{v,z,Rd,tp} := 2 \cdot F_{v,z,Rd,tp,1} = 113.02 \text{ kN}$$

$$\frac{|V_{z,Ed,tp}|}{F_{v,z,Rd,tp}} = 1\%$$

VYHOVUJE

Únosnost základních komponent

Únosnost pásnice příčného nosníku v tlaku:

$$F_{c,fb,Rd,tp} := \frac{39.41 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \cdot f_{yk}}{(100 \text{ mm} - 5.7 \text{ mm}) \cdot Y_{M0}} = 98.21 \text{ kN}$$

$$F_{t,i,Rd,tp} := F_{t,1,Rd} = 133.38 \text{ kN}$$

$$F_{c,fb,Rd,tp} \geq F_{t,i,Rd,tp} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

-Únosnost šroubů v tahu bude redukována
na únosnost pásnice v tlaku:

$$F_{t,Rd,tp} := 98.21 \text{ kN}$$

Únosnost čelního plechu ve smyku:

Příspěvek příčných výztuh ke smykové únosnosti

$$d_{s,tp} := 130 \text{ mm}$$

$$M_{pl.fc.Rd.tp} := \frac{1}{4} \cdot 110 \text{ mm} \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot f_{yk} = 0.65 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{wp.add.Rd.1} := \frac{4 \cdot M_{pl.fc.Rd.tp}}{d_{s,tp}} = 19.88 \text{ kN}$$

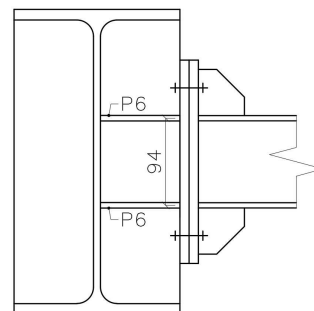
$$M_{pl.st.Rd.tp} := \frac{1}{4} \cdot 110 \text{ mm} \cdot (6 \text{ mm})^2 \cdot f_{yk} = 0.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{wp.add.Rd.2} := \frac{2 \cdot M_{pl.fc.Rd.tp} + 2 \cdot M_{pl.st.Rd.tp}}{d_{s,tp}} = 13.52 \text{ kN}$$

$$\rightarrow W_{wp.add.Rd} := 13.52 \text{ kN}$$

$$V_{p.Rd.tp} := \frac{0.9 \cdot f_{yk} \cdot (10 \text{ mm} \cdot 220 \text{ mm})}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} + W_{wp.add.Rd} = 282.16 \text{ kN}$$

$$V_{p.Rd.tp} \geq F_{t,i.Rd.tp} \quad \text{VYHOVUJE}$$



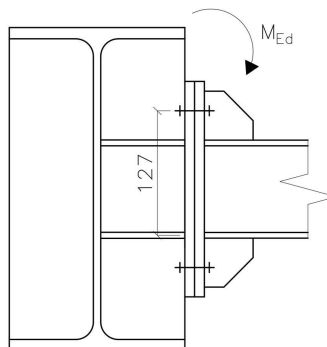
Rozdělení sil a momentové únosnosti

Pro přenos tahových sil je uvažována pouze první řada šroubů

$$F_{t.Rd.tp} = 98.21 \text{ kN}$$

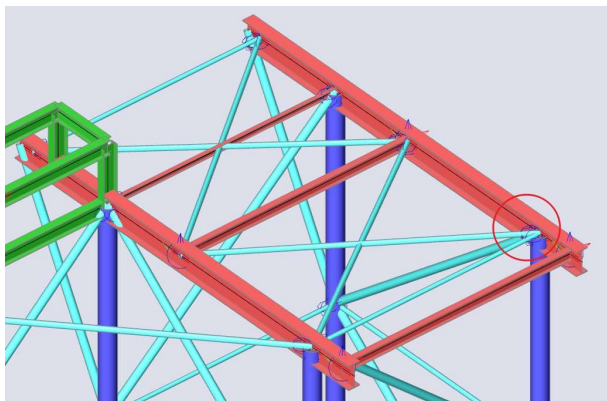
$$M_{pl.Rd.tp} := F_{t.Rd.tp} \cdot 127 \text{ mm} = 12.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y.Ed.tp}}{M_{pl.Rd.tp}} = 2\% \quad \text{VYHOVUJE}$$



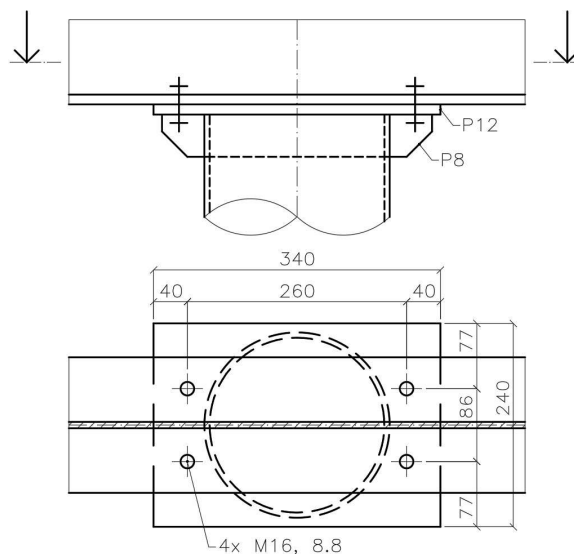
10.5. Uložení vodorovných nosníků na sloupy

Vybraný styčník



Šrouby přípoje budou posouzeny na smykové síly

Schéma uložení nosníku na sloup



Vodorovné síly: $R_{x,max.ul} := 0.72 \text{ kN}$ Tahová síla pro svar: $N_{Ed,tah.ul} := 49.48 \text{ kN}$
 $R_{y,max.ul} := 1.07 \text{ kN}$

Výpočet smykové únosnosti šroubů

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (stříh v závitu)

$$F_{v,Rd.ul} := \frac{0.6 \cdot A_{s,m16} \cdot f_{ub,m16}}{Y_{M2}} = 60.29 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

Běžné rozteče: $e_{1.ul} := 77 \text{ mm}$
 $p_{1.ul} := 86 \text{ mm}$
 $e_{2.ul} := 40 \text{ mm}$
 $p_{2.ul} := 260 \text{ mm}$

$k_{1,kl}$ - minimum z hodnot
 -šrouby na konci

$$\frac{e_{1.ul}}{3 \cdot d_{0,m16}} = 1.43 ; \frac{f_{ub,m16}}{f_u} = 2.22 ; 1.0$$

-vnitřní šrouby

$$\frac{p_{1.ul}}{3 \cdot d_{0,m16}} - \frac{1}{4} = 1.34 ; \frac{f_{ub,m16}}{f_u} = 2.22 ; 1.0$$

$\rightarrow k_{1.ul} := 1.0$

$a_{b,kl}$ - minimum z hodnot
 -šrouby na konci

$$2.8 \cdot \frac{e_{2.ul}}{d_{0,m16}} - 1.7 = 4.52 ; 2.5$$

-vnitřní šrouby

$$1.4 \cdot \frac{p_{2.ul}}{d_{0,m16}} - 1.7 = 18.52 ; 2.5$$

$\rightarrow \alpha_{b.ul} := 2.5$

Únosnost jednoho šroubu:

$$F_{b,Rd.ul} := \frac{k_{1.ul} \cdot \alpha_{b.ul} \cdot d_{m16} \cdot 11.5 \text{ mm} \cdot f_u}{Y_{M2}} = 132.48 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu

$$F_{b,Rd.ul.1} := 60.29 \text{ kN}$$

Únosnost skupiny šroubů

$$F_{Rd.ul} := 4 \cdot F_{b,Rd.ul.1} = 241.16 \text{ kN}$$

$$\frac{|R_{y,max.ul}|}{F_{Rd.ul}} = 0.44\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh svaru:

Účinná tloušťka svaru: $a_{w.ul} := 4 \text{ mm}$

Délka svaru: $L_{w.ul} := 680 \text{ mm}$ -svar 2x340 mm

Napětí od smykové síly: $T_{rovn.ul} := \frac{|R_{y,max.ul}|}{a_{w.ul} \cdot L_{w.ul}} = 0.39 \text{ MPa}$

$$\sigma_{kolmo.ul} := \frac{|R_{x,max.ul}|}{a_{w.ul} \cdot L_{w.ul} \cdot \sqrt{2}} + \frac{|N_{Ed.tah.ul}|}{a_{w.ul} \cdot L_{w.ul} \cdot \sqrt{2}} = 13.05 \text{ MPa}$$

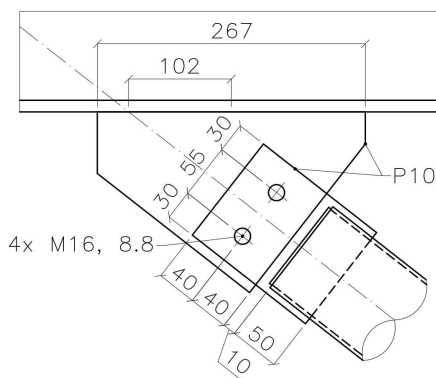
$$T_{kolmo.ul} := \frac{|R_{x,max.ul}|}{a_{w.ul} \cdot L_{w.ul} \cdot \sqrt{2}} + \frac{|N_{Ed.tah.ul}|}{a_{w.ul} \cdot L_{w.ul} \cdot \sqrt{2}} = 13.05 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.ul}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.ul}^2 + T_{rovn.ul}^2)} = 26.11 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo.ul} = 13.05 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288.00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Přípoj svislého ztužidla (D21)

Schéma přípoje



Maximální osová

$$N_{Ed.ul} := -59.08 \text{ kN}$$

síla:

Únosnost ve stříhu:

Smyková rovina prochází závitem

$$\text{Únosnost jednoho šroubu: } F_{v,Rd,m16.1} = 60.29 \text{ kN}$$

$$\text{Únosnost skupiny šroubů: } F_{v,Rd,m16} := 2 \cdot F_{v,Rd,m16.1} = 120.58 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.ul}|}{F_{v,Rd,m16}} = 49\%$$

VYHOVUJE

Únosnost v otláčení:

Stýčkový plech i příložka navrženy P10 $t_{p.ul} := 10 \text{ mm}$

Běžné rozteče: $e_{1.ul.n} := 40 \text{ mm}$

$p_{1.ul.n} := 55 \text{ mm}$

$e_{2.ul.n} := 30 \text{ mm}$

$p_{2.ul.n} := 55 \text{ mm}$

Výška
plechu:

$$h_{p.ul} := 2 \cdot e_{2.ul.n} + 2 \cdot p_{2.ul.n} = 170 \text{ mm}$$

$k_{1.ul.n}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$\frac{e_{1.ul.n}}{3 \cdot d_{0,m16}} = 0.74 ; \frac{f_{ub,m16}}{f_u} = 2.22 ; 1.0$$

-vnitřní šrouby

$$\frac{p_{1.ul.n}}{3 \cdot d_{0,m16}} - \frac{1}{4} = 0.77 ; \frac{f_{ub,m16}}{f_u} = 2.22 ; 1.0$$

$$\rightarrow k_{1.ul.n} := 0.74$$

$a_{b.ul.n}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$2.8 \cdot \frac{e_{2.ul.n}}{d_{0,m16}} - 1.7 = 2.97 ; 2.5$$

-vnitřní šrouby

$$1.4 \cdot \frac{p_{2.ul.n}}{d_{0,m16}} - 1.7 = 2.58 ; 2.5$$

$$\rightarrow \alpha_{b.ul.n} := 2.5$$

Únosnost jednoho šroubu:

$$F_{b,Rd,m16,1} := \frac{k_{1,ul,n} \cdot \alpha_{b,ul,n} \cdot d_{m16} \cdot t_{p,ul} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 85.25 \text{ kN}$$

Únosnost skupiny šroubů:

$$F_{b,Rd,m16} := 2 \cdot F_{b,Rd,m16,1} = 170.50 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed,ul}|}{F_{b,Rd,m16}} = 35\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ověření oslabeného průřezu

$$A_{osl,ul} := (h_{p,ul} - 2 \cdot d_{0,m16}) \cdot t_{p,ul} = 1340 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd,osl,ul} := \frac{A_{osl,ul} \cdot 0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 347.33 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed,ul}|}{N_{Rd,osl,ul}} = 17\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh svaru praporku:

Účinná tloušťka svaru: $a_{w,ul,n} := 4 \text{ mm}$ -svar namáhán ve směru osy svaru: $\sigma_{kolmo,ul,n} := 0 \text{ MPa}$

$$L_{w,ul,n} := 200 \text{ mm} \text{ -svar } 4 \times 50 \text{ mm}$$

$$\tau_{kolmo,ul,n} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovn,ul,n} := \frac{|N_{Ed,ul}|}{a_{w,ul,n} \cdot L_{w,ul,n}} = 73.85 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo,ul,n}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmo,ul,n}^2 + \tau_{rovn,ul,n}^2)} = 127.91 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh svaru styčnickového plechu:

Síly pro návrh: $N_{Ed,tlak,ul} := -59.08 \text{ kN}$

$N_{Ed,tah,ul} := 33.93 \text{ kN}$

Účinná tloušťka svaru: $a_{w,sp,ul} := 4 \text{ mm}$

Délka svaru: $L_{w,sp,ul} := 2 \cdot 267 \text{ mm} = 534.00 \text{ mm}$

Rozložení síly na svislou a vodorovnou složku:

1) Tlaková síla

$$F_{Ed,svisla,tlak,ul} := |N_{Ed,tlak,ul}| \cdot \frac{2900}{\sqrt{2900^2 + 3500^2}} = 37.69 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,vodorovna,tlak,ul} := |N_{Ed,tlak,ul}| \cdot \frac{3500}{\sqrt{2900^2 + 3500^2}} = 45.49 \text{ kN}$$

2) Tahová síla

$$F_{Ed,svisla,tah,ul} := |N_{Ed,tah,ul}| \cdot \frac{2900}{\sqrt{2900^2 + 3500^2}} = 21.65 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,vodorovna,tah,ul} := |N_{Ed,tah,ul}| \cdot \frac{3500}{\sqrt{2900^2 + 3500^2}} = 26.13 \text{ kN}$$

Složky napětí:

1) Tlaková síla

$$T_{rov\text{n.sp.tlak.ul}} := \frac{|F_{Ed.vodorovna.tlak.ul}|}{a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul}} = 21.30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo.sp.tlak.ul} := \frac{|F_{Ed.svisla.tlak.ul}|}{a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul} \cdot \sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{|F_{Ed.svisla.tlak.ul}| \cdot 102 \text{ mm}}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul}^2} = 19.63 \text{ MPa}$$

$$T_{kolmo.sp.tlak.ul} := \sigma_{kolmo.sp.tlak.ul} = 19.63 \text{ MPa}$$

2) Tahová síla

$$T_{rov\text{n.sp.tah.ul}} := \frac{|F_{Ed.vodorovna.tah.ul}|}{a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul}} = 12.23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo.sp.tah.ul} := \frac{|F_{Ed.svisla.tah.ul}|}{a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul} \cdot \sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{|F_{Ed.svisla.tah.ul}| \cdot 102 \text{ mm}}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul}^2} = 11.27 \text{ MPa}$$

$$T_{kolmo.sp.tah.ul} := \sigma_{kolmo.sp.tah.ul} = 11.27 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru:

1) Tlaková síla

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.sp.tlak.ul}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.sp.tlak.ul}^2 + T_{rov\text{n.sp.tlak.ul}}^2)} = 53.87 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo.sp.tlak.ul} = 19.63 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288.00 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$

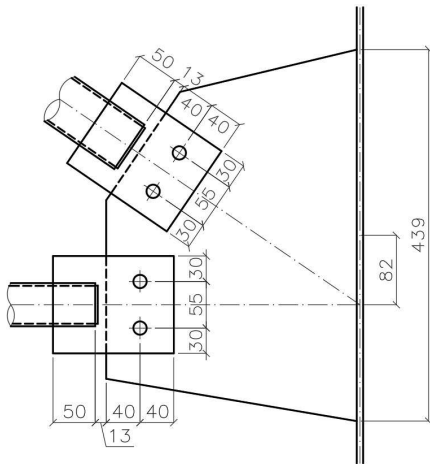
2) Tahová síla

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.sp.tah.ul}^2 + 3 \cdot (T_{kolmo.sp.tah.ul}^2 + T_{rov\text{n.sp.tah.ul}}^2)} = 30.94 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo.sp.tah.ul} = 11.27 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288.00 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$

Připoj vodorovných ztužidel (D31, V27)

Schéma připoje



Maximální osově síly:

$$D31: N_{Ed.tah.d.ul} := 19.4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.tlak.d.ul} := -19.42 \text{ kN}$$

$$V27: N_{Ed.tah.v.ul} := 10.89 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.tlak.v.ul} := -10.6 \text{ kN}$$

Posouzení šroubů

Únosnost ve stříhu: Smyková rovina prochází závitem

$$\text{Únosnost jednoho šroubu: } F_{v.Rd.m16.1} = 60.29 \text{ kN}$$

$$\text{Únosnost skupiny šroubů: } F_{v.Rd.m16} := 2 \cdot F_{v.Rd.m16.1} = 120.58 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.tlak.d.ul}|}{F_{v.Rd.m16}} = 16\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost v otláčení:

Styčnickový plech i příložka navrženy P10 $t_{p.ul} := 10 \text{ mm}$

Běžné rozteče: $e_{1.ul.n} := 40 \text{ mm}$

$p_{1.ul.n} := 55 \text{ mm}$

$e_{2.ul.n} := 30 \text{ mm}$

$p_{2.ul.n} := 55 \text{ mm}$

Výška plechu: $h_{p.ul} := 2 \cdot e_{2.ul.n} + 2 \cdot p_{2.ul.n} = 170 \text{ mm}$

$k_{1.ul.n}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$\frac{e_{1.ul.n}}{3 \cdot d_{0.m16}} = 0.74 ; \frac{f_{ub.m16}}{f_u} = 2.22 ; 1.0$$

-vnitřní šrouby

$$\frac{p_{1.ul.n}}{3 \cdot d_{0.m16}} - \frac{1}{4} = 0.77 ; \frac{f_{ub.m16}}{f_u} = 2.22 ; 1.0$$

$$\rightarrow k_{1.ul.n} := 0.74$$

$a_{b.ul.n}$ - minimum z hodnot
-šrouby na konci

$$2.8 \cdot \frac{e_{2.ul.n}}{d_{0.m16}} - 1.7 = 2.97 ; 2.5$$

-vnitřní šrouby

$$1.4 \cdot \frac{p_{2.ul.n}}{d_{0.m16}} - 1.7 = 2.58 ; 2.5$$

$$\rightarrow \alpha_{b.ul.n} := 2.5$$

Únosnost jednoho šroubu:

$$F_{b.Rd.m16.1} := \frac{k_{1.ul.n} \cdot a_{b.ul.n} \cdot d_{m16} \cdot t_{p.ul} \cdot f_u}{Y_{M2}} = 85.25 \text{ kN}$$

Únosnost skupiny šroubů:

$$F_{b.Rd.m16} := 2 \cdot F_{b.Rd.m16.1} = 170.50 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.tlak.d.ul}|}{F_{b.Rd.m16}} = 11\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ověření oslabeného průřezu

$$A_{osl.ul} := (h_{p.ul} - 2 \cdot d_{0.m16}) \cdot t_{p.ul} = 1340 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd.osl.ul} := \frac{A_{osl.ul} \cdot 0.9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 347.33 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.tlak.d.ul}|}{N_{Rd.osl.ul}} = 6\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh svaru praporku:

Účinná tloušťka svaru: $a_{w.ul} := 4 \text{ mm}$ -svar namáhán ve směru osy svaru: $\sigma_{kolmo.ul.n} := 0 \text{ MPa}$

$L_{w.ul} := 200 \text{ mm}$ -svar 4x 50mm $\tau_{kolmo.ul.n} := 0 \text{ MPa}$

$$\tau_{rovn.ul.n} := \frac{|N_{Ed.tlak.d.ul}|}{a_{w.ul.n} \cdot L_{w.ul.n}} = 24.28 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.ul.n}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmo.ul.n}^2 + \tau_{rovn.ul.n}^2)} = 42.05 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360.00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh svaru styčnickového plechu: Účinná tloušťka svaru:

$$a_{w.sp.ul} := 4 \text{ mm}$$

Délka svaru:

$$L_{w.sp.ul} := 2 \cdot 439 \text{ mm} = 878.00 \text{ mm}$$

Rozložení síly na svislou a vodorovnou složku:

1) Tlaková síla

$$F_{Ed.svisla.tlak.ul} := |N_{Ed.tlak.d.ul}| \cdot \frac{2255}{\sqrt{2255^2 + 3300^2}} = 10.96 \text{ kN}$$

$$F_{Ed.vodorovna.tlak.ul} := |N_{Ed.tlak.d.ul}| \cdot \frac{3300}{\sqrt{2255^2 + 3300^2}} + |N_{Ed.tlak.v.ul}| = 26.63 \text{ kN}$$

2) Tahová síla

$$F_{Ed.svisla.tah.ul} := |N_{Ed.tah.d.ul}| \cdot \frac{2255}{\sqrt{2255^2 + 3300^2}} = 10.95 \text{ kN}$$

$$F_{Ed.vodorovna.tah.ul} := |N_{Ed.tah.d.ul}| \cdot \frac{3300}{\sqrt{2255^2 + 3300^2}} + |N_{Ed.tah.v.ul}| = 26.91 \text{ kN}$$

Složky napětí:

1) Tlaková síla

$$\tau_{rovn.sp.tlak.ul} := \frac{|F_{Ed.svisla.tlak.ul}|}{a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul}} = 3.12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo.sp.tlak.ul} := \frac{|F_{Ed.vodorovna.tlak.ul}|}{a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul} \cdot \sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{|F_{Ed.vodorovna.tlak.ul}| \cdot 82 \text{ mm}}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul}^2} = 6.86 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmo.sp.tlak.ul} := \sigma_{kolmo.sp.tlak.ul} = 6.86 \text{ MPa}$$

2) Tahová síla

$$\tau_{rovn.sp.tah.ul} := \frac{|F_{Ed.vodorovna.tah.ul}|}{a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul}} = 7.66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo.sp.tah.ul} := \frac{|F_{Ed.svisla.tah.ul}|}{a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul} \cdot \sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{|F_{Ed.svisla.tah.ul}| \cdot 82 \text{ mm}}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a_{w.sp.ul} \cdot L_{w.sp.ul}^2} = 2.82 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmo.sp.tah.ul} := \sigma_{kolmo.sp.tah.ul} = 2.82 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru:

1) Tlaková síla

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.sp.tlak.ul}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmo.sp.tlak.ul}^2 + \tau_{rovn.sp.tlak.ul}^2)} = 14.76 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$

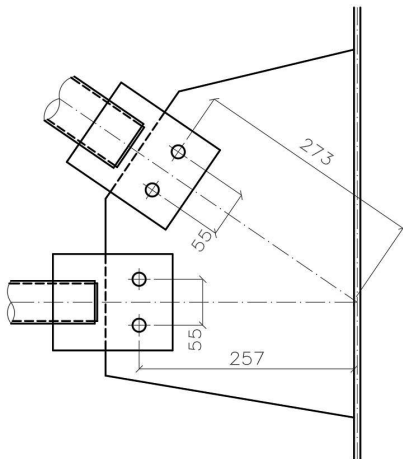
$$\sigma_{kolmo.sp.tlak.ul} = 6.86 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288.00 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$

2) Tahová síla

$$\sqrt{\sigma_{kolmo.sp.tah.ul}^2 + 3 \cdot (\tau_{kolmo.sp.tah.ul}^2 + \tau_{rovn.sp.tah.ul}^2)} = 14.42 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kolmo.sp.tah.ul} = 2.82 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288.00 \text{ MPa} \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení vzpěrné únosnosti styčnickového plechu



Pro posudek bude uvažován ef. průřez o šířce rozteče šroubů (55mm)

Styčnickový plech bude staticky uvažován jako konzola

$$L_{cr.sp} := 2 \cdot 273 \text{ mm} = 546.00 \text{ mm}$$

$$A_{sp} := 55 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} = 550.00 \text{ mm}^2$$

Momenty setrvačnosti:

$$I_{y.sp} := \frac{1}{12} \cdot 55 \text{ mm} \cdot (10 \text{ mm})^3 = (4.58 \cdot 10^3) \text{ mm}^4$$

$$I_{z.sp} := \frac{1}{12} \cdot 10 \text{ mm} \cdot (55 \text{ mm})^3 = (1.39 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

Poloměry setrvačnosti:

$$i_{y.sp} := \sqrt{\frac{I_{y.sp}}{A_{sp}}} = 2.89 \text{ mm}$$

$$i_{z.sp} := \sqrt{\frac{I_{z.sp}}{A_{sp}}} = 15.88 \text{ mm}$$

Štíhlosti plechu:

$$\lambda_{y.sp} := \frac{L_{cr.sp}}{i_{y.sp}} = 189.14$$

$$\lambda_{z.sp} := \frac{L_{cr.sp}}{i_{z.sp}} = 34.39$$

Poměrné štíhlosti:

$$\lambda_{y.rel.sp} := \frac{\lambda_{y.sp}}{\lambda_1} = 2.01$$

$$\lambda_{z.rel.sp} := \frac{\lambda_{z.sp}}{\lambda_1} = 0.37$$

Vzpěrnostní součinitele (vzpěrnostní křivka c):

$$X_{y.sp} := 0.195$$

$$X_{z.sp} := 0.913$$

Únosnosti plechu:

$$N_{b.y.Rd.sp} := X_{y.sp} \cdot \frac{A_{sp} \cdot f_{yk}}{Y_{M1}} = 25.20 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.tlak.d.ul}|}{N_{b.y.Rd.sp}} = 77\%$$

VYHOVUJE

$$N_{b.z.Rd.sp} := X_{z.sp} \cdot \frac{A_{sp} \cdot f_{yk}}{Y_{M1}} = 118.01 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.tlak.d.ul}|}{N_{b.z.Rd.sp}} = 16\%$$

VYHOVUJE

11. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1: Zadání do SCIA Engineer 24
- Příloha 2: Výstupy z LTBeamN 1.0.3



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Podpůrná konstrukce zásobníku s technologickým mostem

Supporting structure of a silo and its technology

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ČÁST III: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Štěpán Rýdl

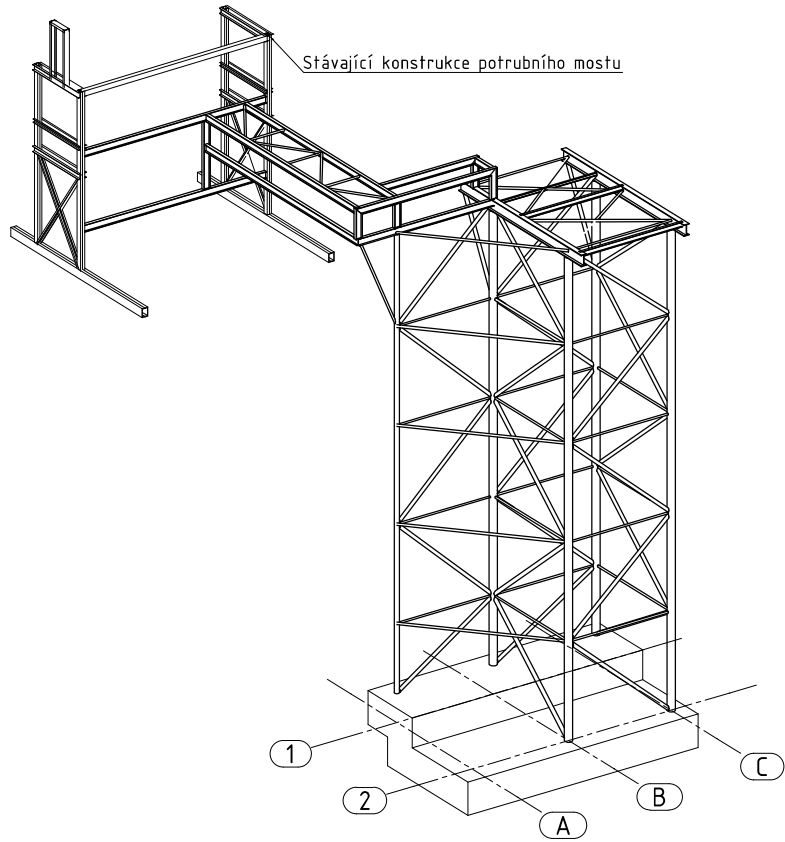
Studijní program: Stavební inženýrství

Specializace: Pozemní stavby

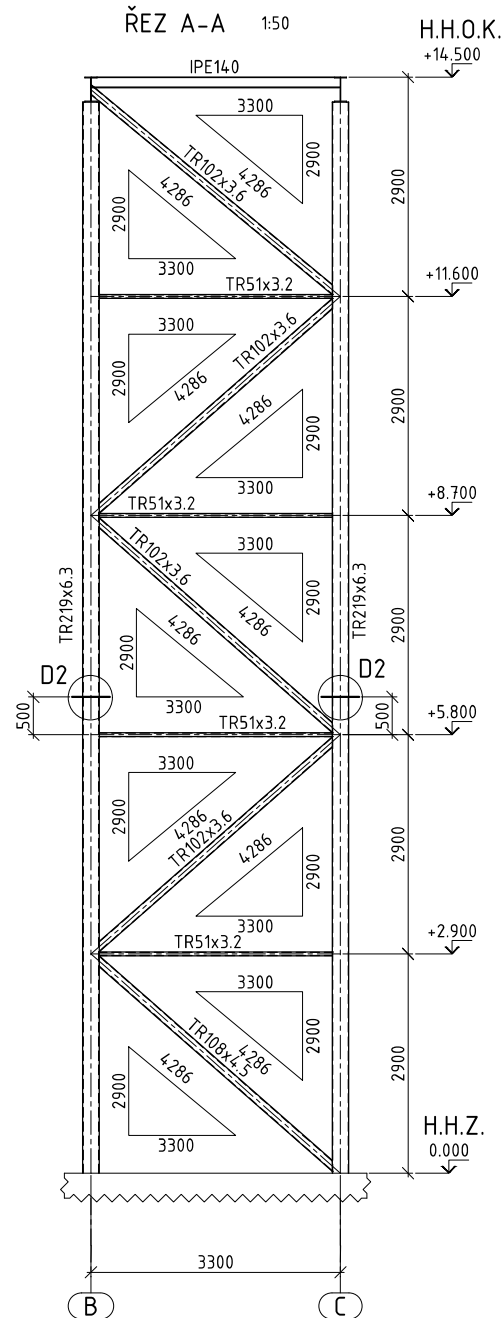
Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Praha, 2024

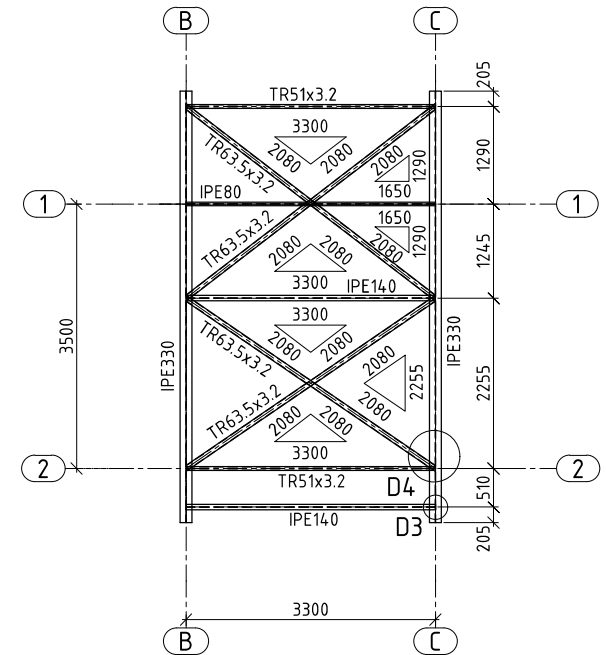
3D POHLED 1:100



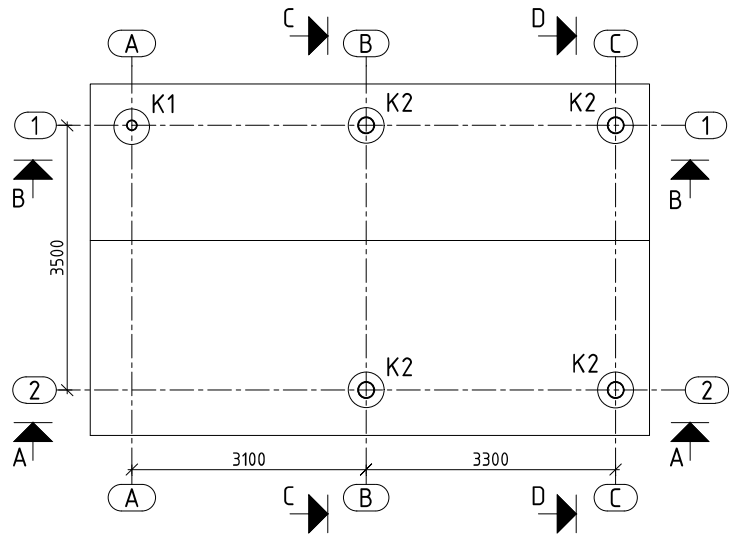
ŘEZ A-A 1:50



PŮDORYS +14,500 1:50



PŮDORYS KOTVENÍ 1:50



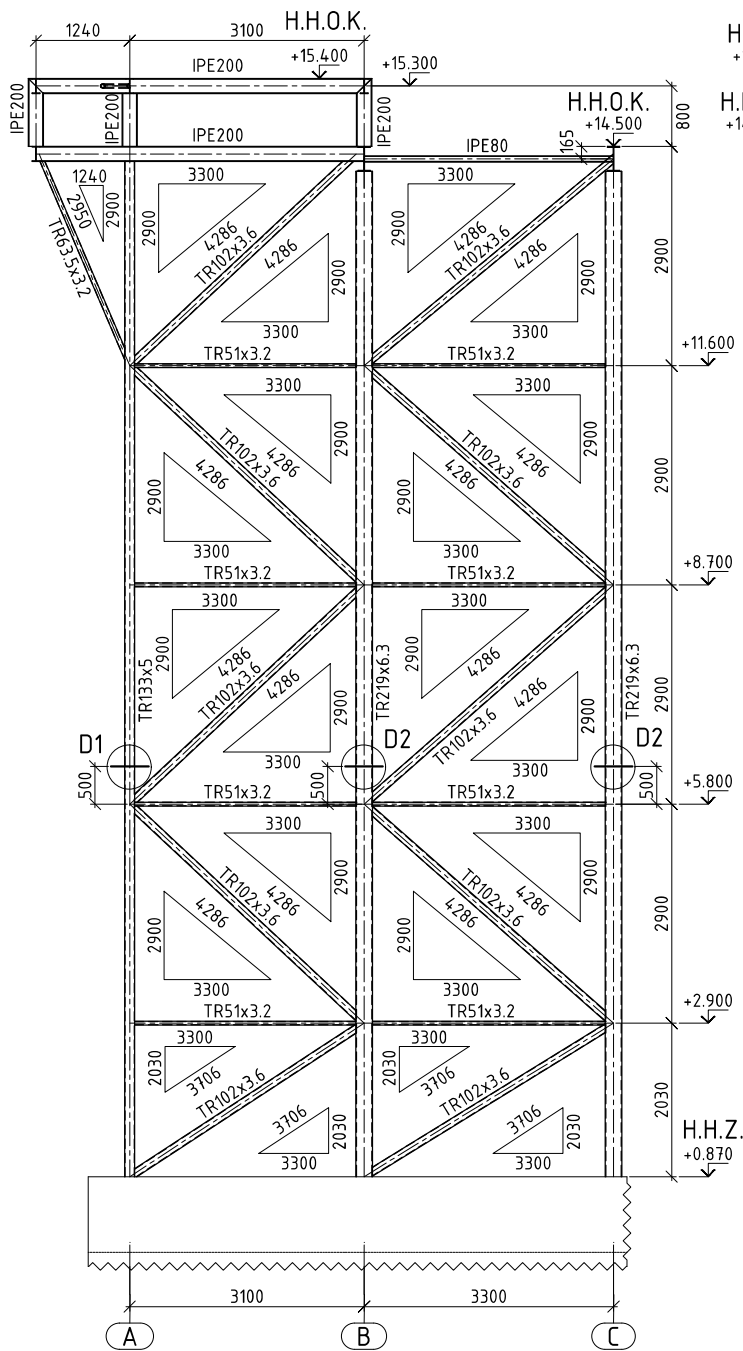
POZNÁMKY

- 1/ Ocel: S235JR
- 2/Třída provedení: EXC2
- 3/Ochrana proti korozi -viz technická zpráva

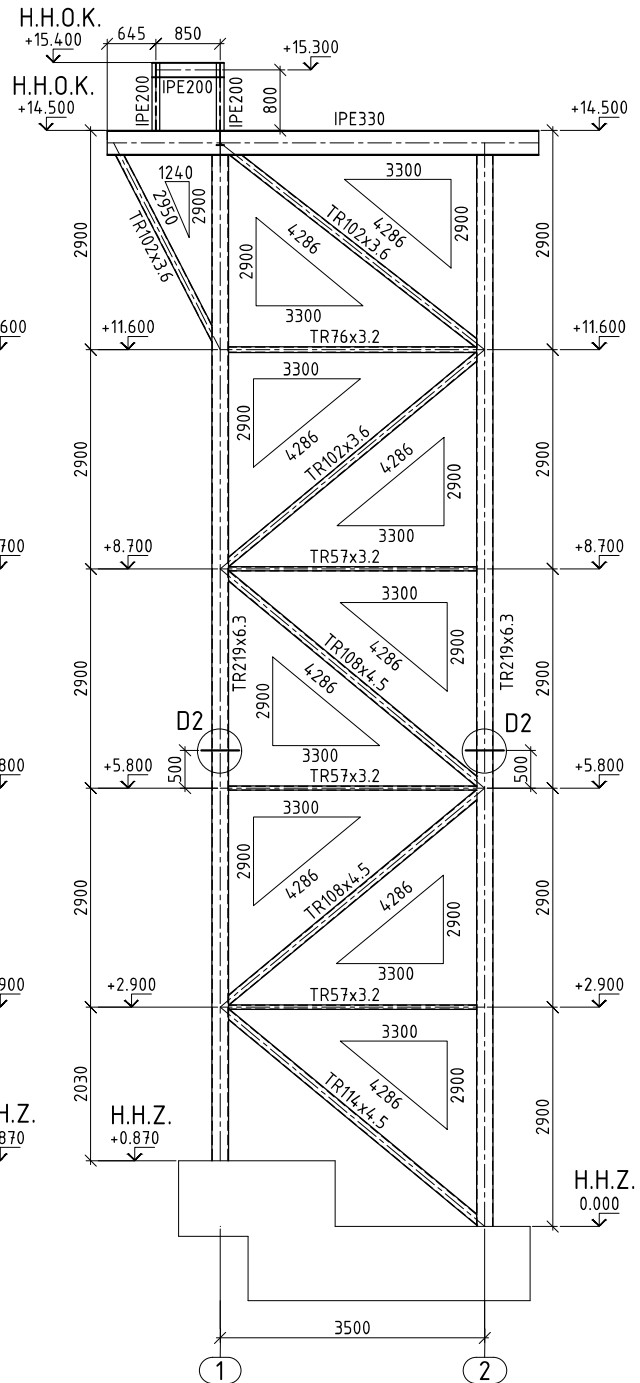
±0,000 = +158.640 m n. m. (BPV)

Zpracoval: Štěpán Rýdl	Vedoucí cvičení: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2023/24	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: Bakalářská práce			
Název úlohy: Podpora technologické konstrukce zásobníku			Datum: 05/2024
Název výkresu: 3D Pohled, Půdorys kotvení, Řez A-A			Meřítko: 1:50, 1:100
			Číslo výkresu: 1

ŘEZ B-B 1:50



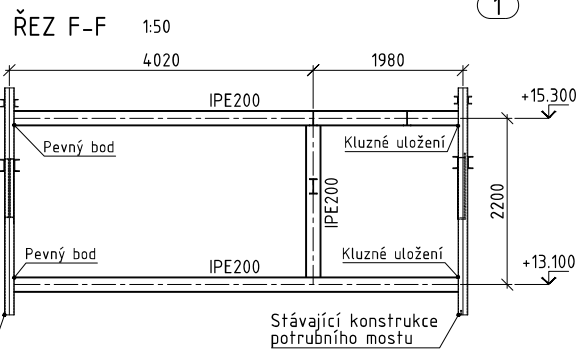
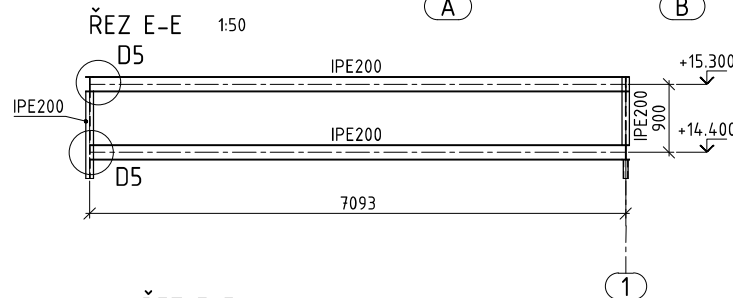
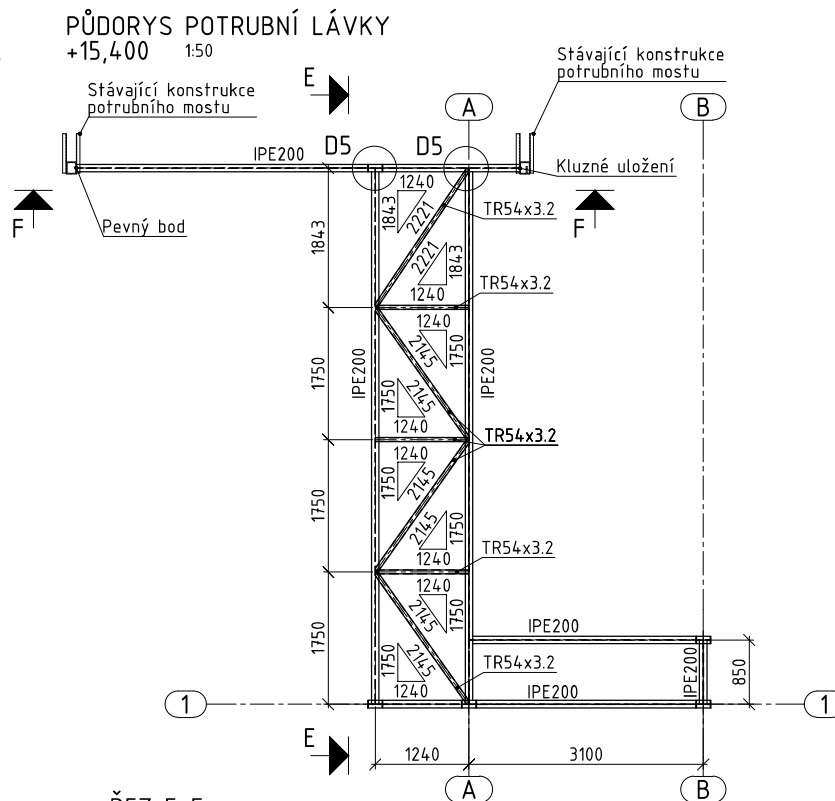
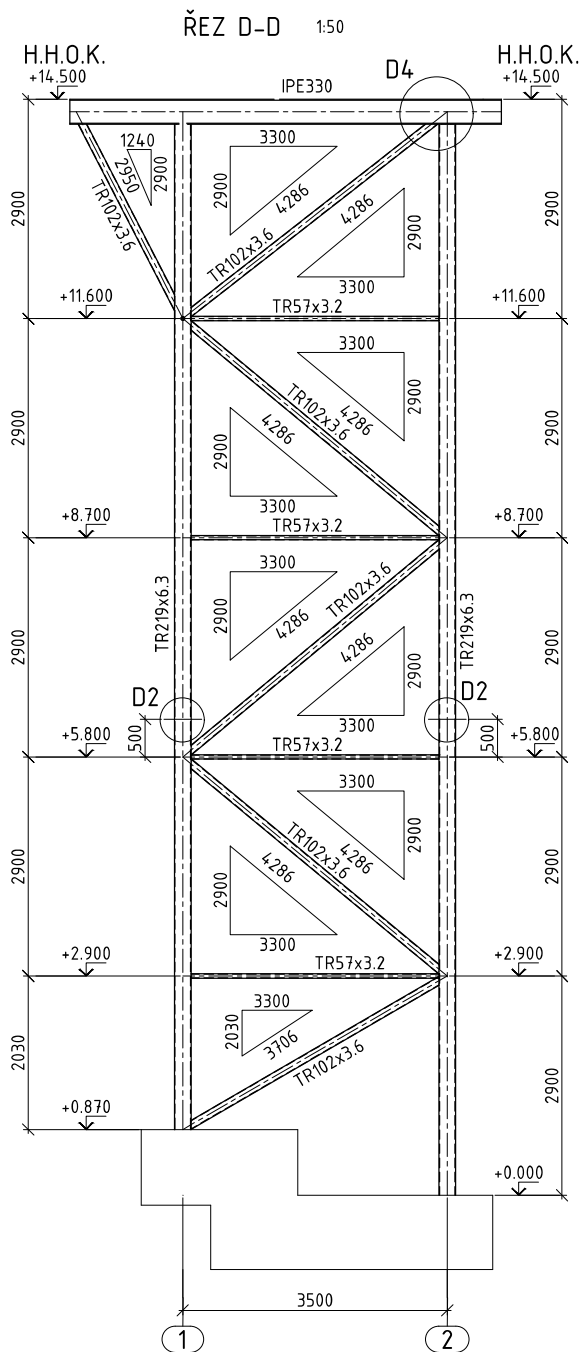
ŘEZ C-C 1:50



POZNÁMKY
 1/ Ocel: S235JR
 2/Třída provedení: EXC2
 3/Ochrana proti korozi
 -viz technická zpráva

±0,000 = +158.640 m n. m. (BPV)

Zpracoval: Štěpán Rýdl	Vedoucí cvičení: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2023/24	Fakulta stavební CVUT
Předmět: Bakalářská práce			Datum: 05/2024
Název úlohy: Podpora technologické konstrukce zásobníku			Meřítko: 1:50
Název výkresu: Řez B-B, Řez C-C			Číslo výkresu: 2

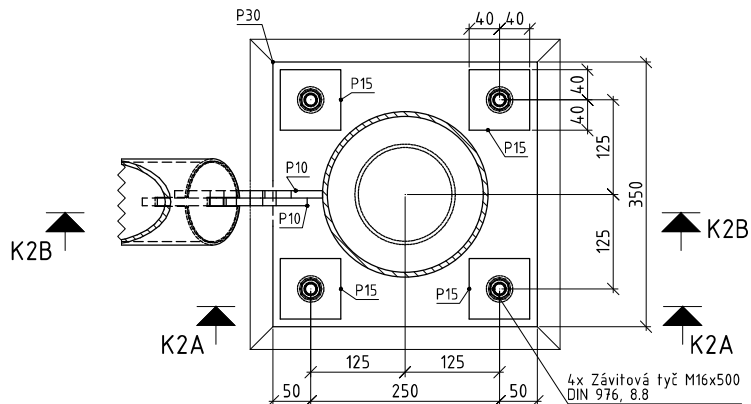


POZNÁMKY
 1/ Ocel: S235JR
 2/Třída provedení: EXC2
 3/Ochrana proti korozi
 -viz technická zpráva

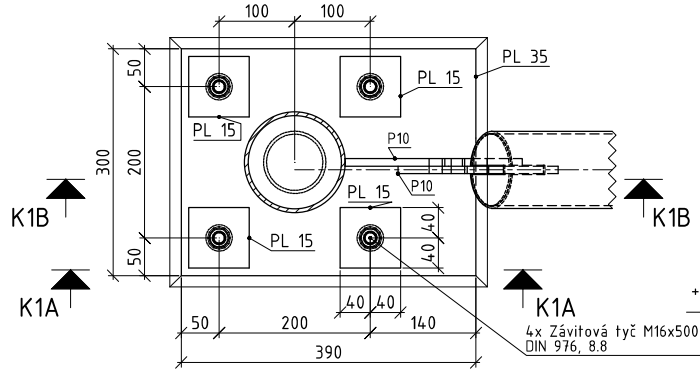
±0,000 = +158.640 m n. m. (BPV)

Zpracoval: Štěpán Rýdl	Vedoucí cvičení: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2023/24	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: Bakalářská práce			Datum: 05/2024
Název úlohy: Podpora technologické konstrukce zásobníku			Meřítko: 1:50
Název výkresu: Půdorys potrubní lávky, Řezy D-D, E-E, F-F			Číslo výkresu: 3

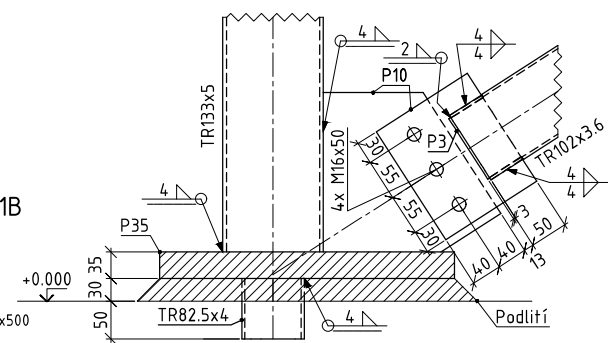
KOTVENÍ K2 1:5



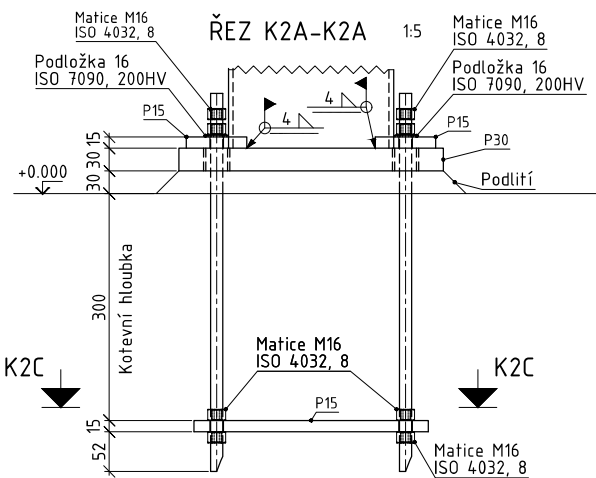
KOTVENÍ K1 1:5



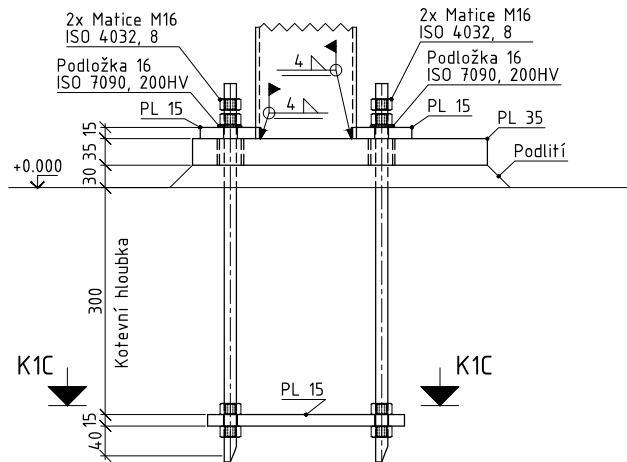
ŘEZ K1B-K1B 1:5



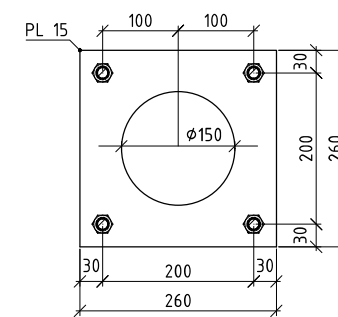
ŘEZ K2A-K2A 1:5



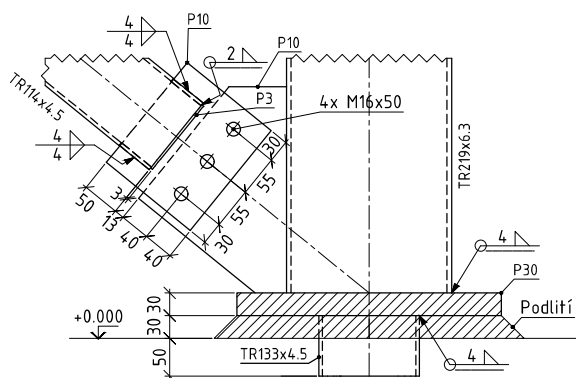
ŘEZ K1A-K1A 1:5



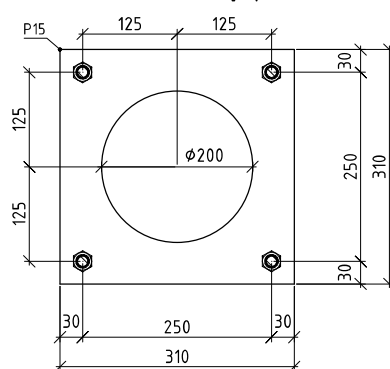
ŘEZ K1C-K1C Zabetonovaný plech 1:5



ŘEZ K2B-K2B 1:5



ŘEZ K2C-K2C Zabetonovaný plech 1:5

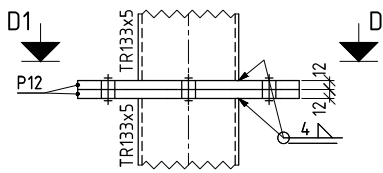


- POZNÁMKY**
 1/ Ocel: S235JR
 2/ Šrouby: 8.8
 3/Třída provedení: EXC2
 4/Ochrana proti korozi
 -viz technická zpráva
 5/ Všechna kotvení budou
 doplněna montážními
 podložkami o skladbě:
 1x P1, 2xP2, 1xP5, 4xP10

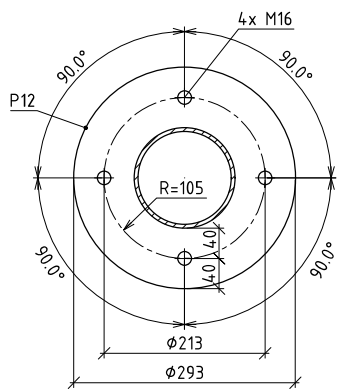
±0,000 = +158.640 m n. m. (BPV)

Zpracoval: Štěpán Rýdl	Vedoucí cvičení: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2023/24	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: Bakalářská práce			Datum: 05/2024
Název úlohy: Podpora technologické konstrukce zásobníku			Meřítko: 1:5
Název výkresu: Detaily kotvení			Číslo výkresu: 4

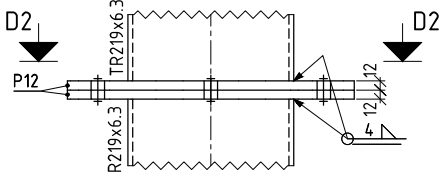
DETAIL D1
Přírubový spoj sloupu 1:5



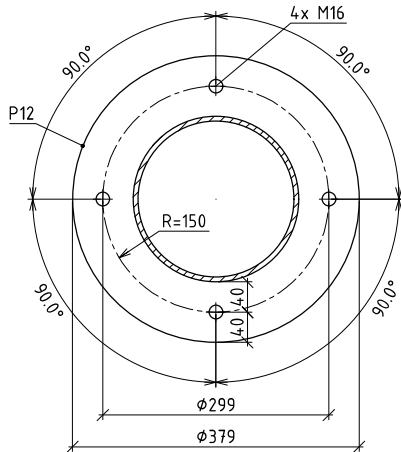
ŘEZ D1-D1 1:5



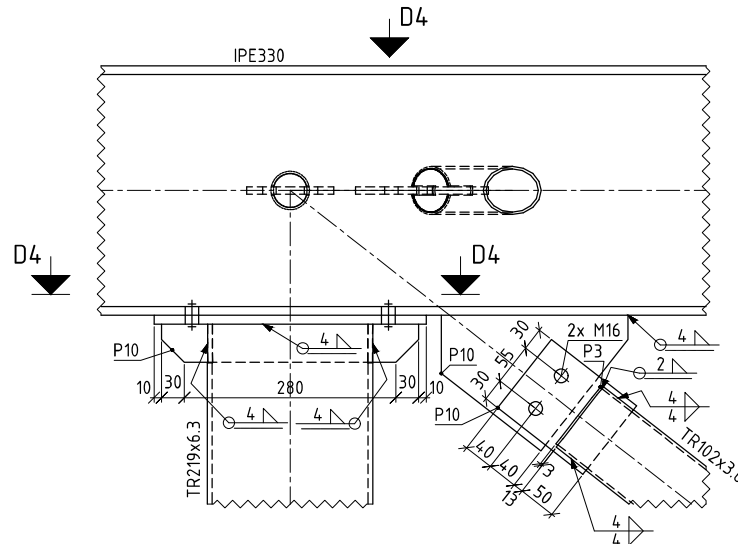
DETAIL D2
Přírubový spoj sloupu 1:5



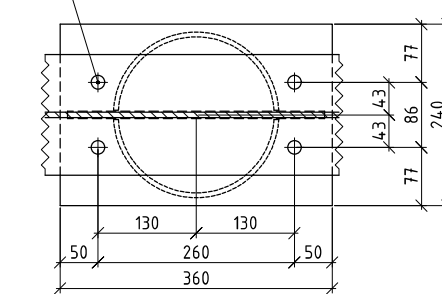
ŘEZ D2-D2 1:5



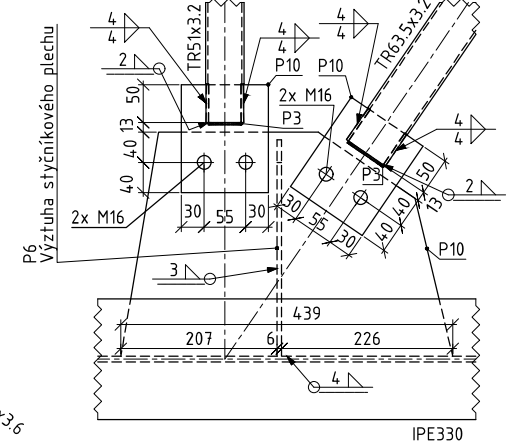
DETAIL D4
Uložení vod. nosníků na sloupy 1:5



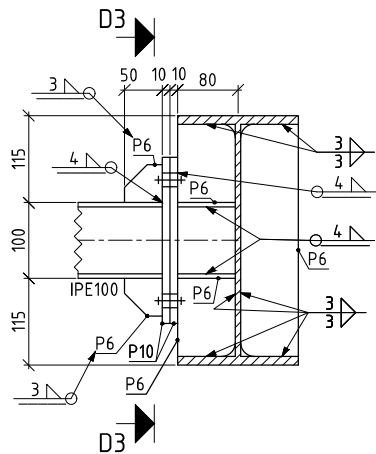
ŘEZ D4-D4 1:5



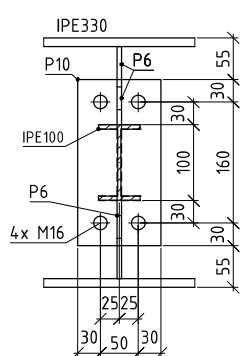
Pohled D4 1:5



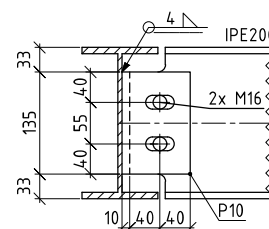
DETAIL D3
Tuhý přípoj příčného nosníku 1:5



ŘEZ D3-D3 1:5



DETAIL D5
Kluzné uložení potrubní lávky 1:5



POZNÁMKY

- 1/ Ocel: S235JR
 - 2/ Šrouby: 8.8
 - 3/ Třída provedení: EXC2
 - 4/ Ochrana proti korozi
- viz technická zpráva

±0,000 = +158.640 m n. m. (BPV)

Zpracoval: Štěpán Rýdl	Vedoucí cvičení: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok: 2023/24	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: Bakalářská práce			Datum: 05/2024
Název úlohy: Podpora technologické konstrukce zásobníku			Meřítko: 1:5
Název výkresu: Vybrané detaily spojů			Číslo výkresu: 5



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Podpůrná konstrukce zásobníku s technologickým mostem
Supporting structure of a silo and its technology

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
PŘÍLOHA 1: ZADÁNÍ DO SCIA ENGINEER 24

Štěpán Rýdl

Studijní program: Stavební inženýrství
Specializace: Pozemní stavby

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

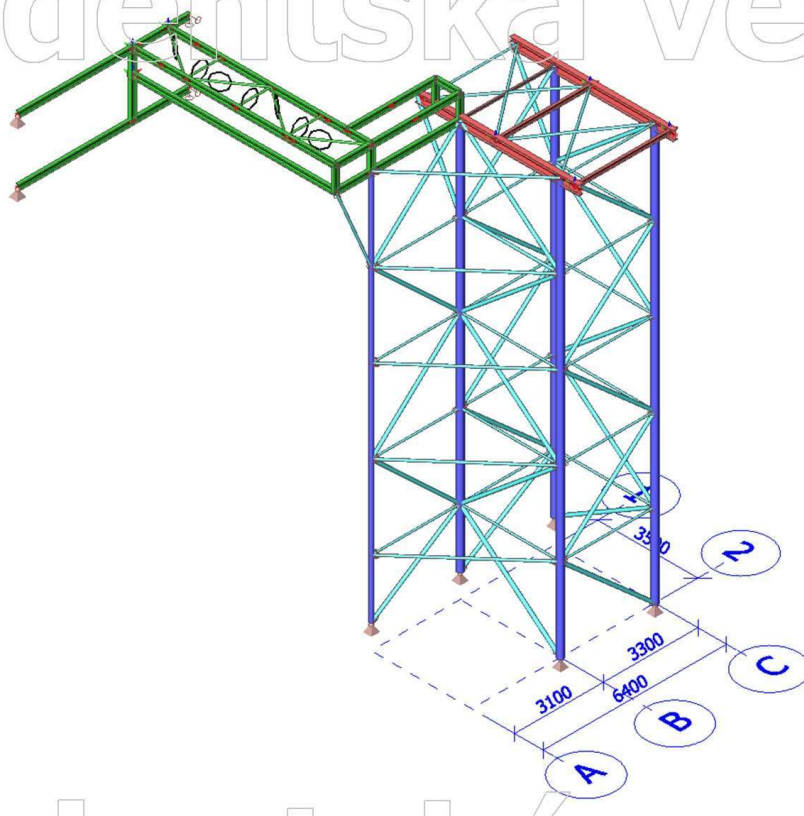
Praha, 2024

Obsah

1. 3D Model	3
2. Prutový model	3
3. ZS2 – Ostatní stálé (plný zásobník).....	4
4. ZS3 – Ostatní stálé (prázdný zásobník)	4
5. ZS4 – Užité zatížení	5
6. ZS5 – Sníh	5
7. ZS6 – Vítr +X	6
8. ZS7 – Vítr -X	6
9. ZS8 – Vítr +Y	7
10. ZS9 – Vítr -Y	7
11. Bodové zatížení v uzlu	8
12. Spojité zatížení	12
13. Globální imperfekce	22
14. Zatěžovací stavy	23
15. Nelineární kombinace	23

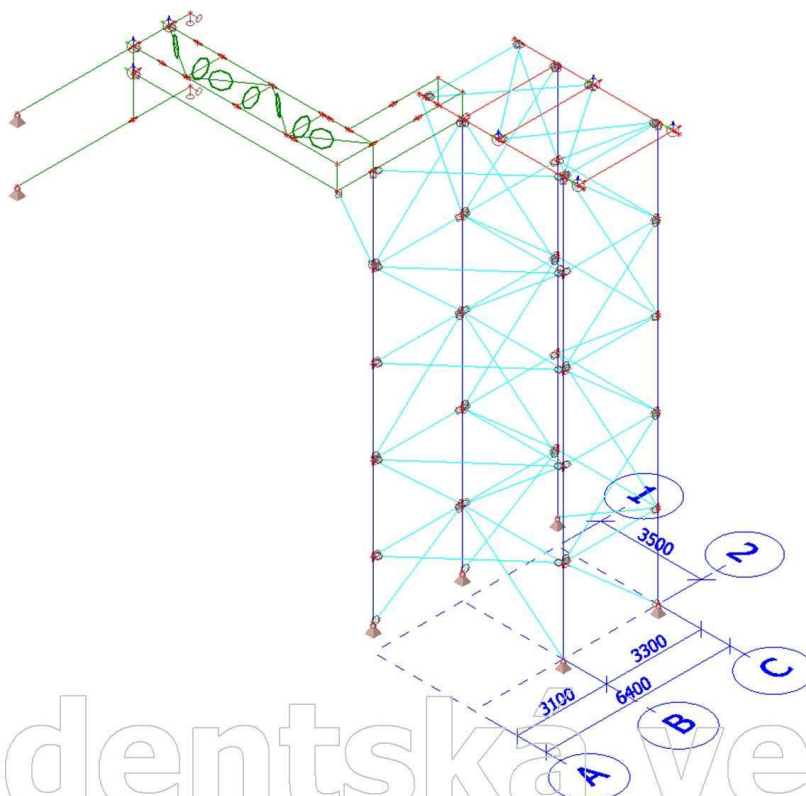
1. 3D Model

Studentská verze



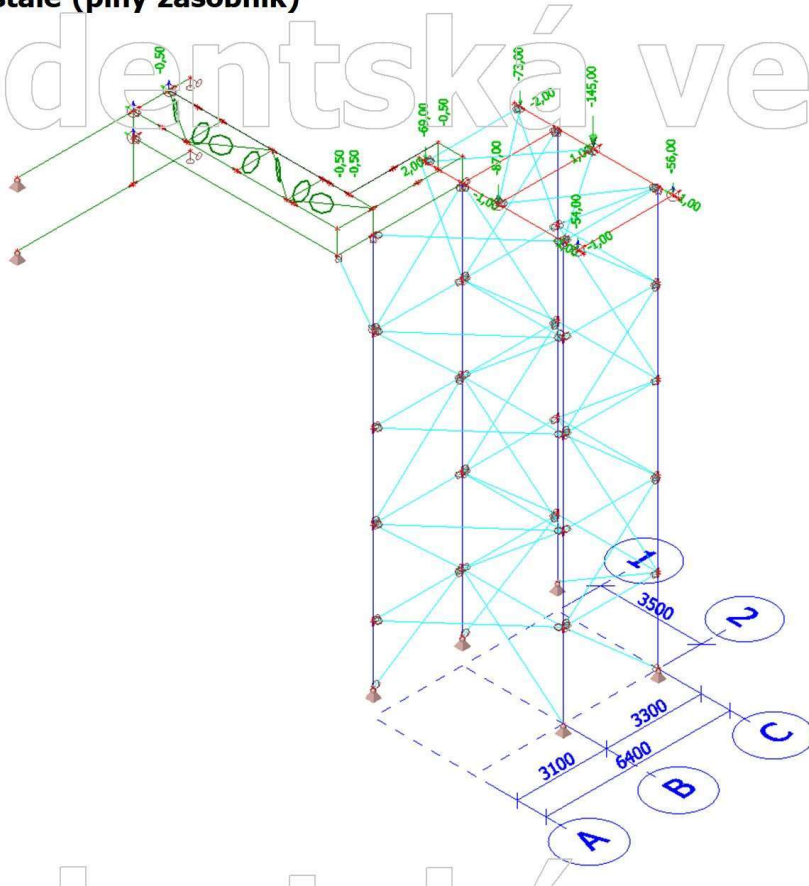
2. Prutový model

Studentská verze

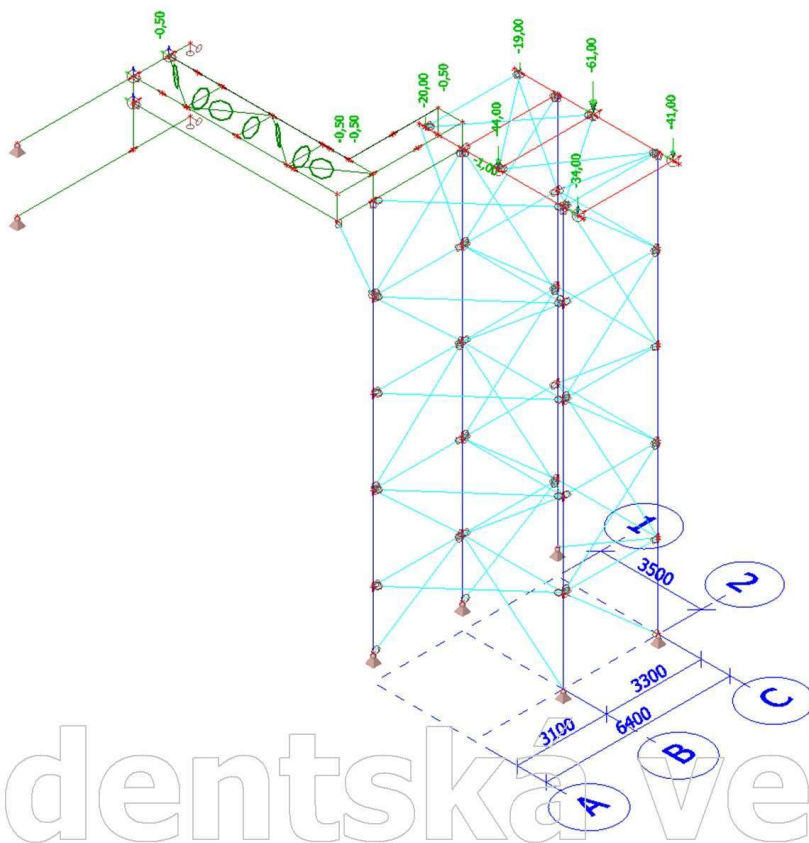


Studentská verze

3. ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)

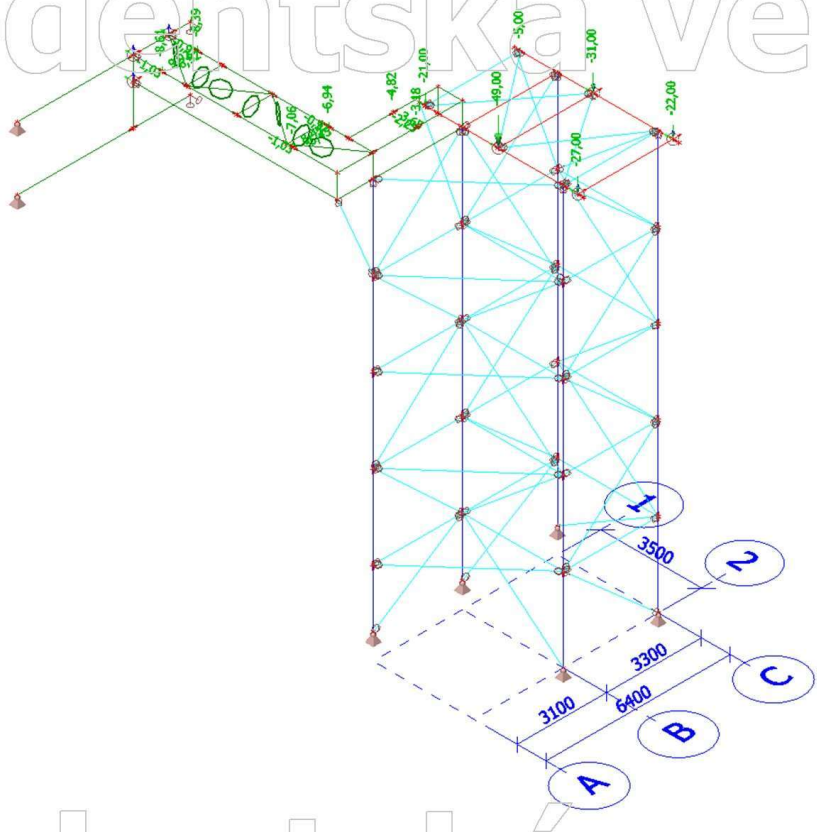


4. ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)



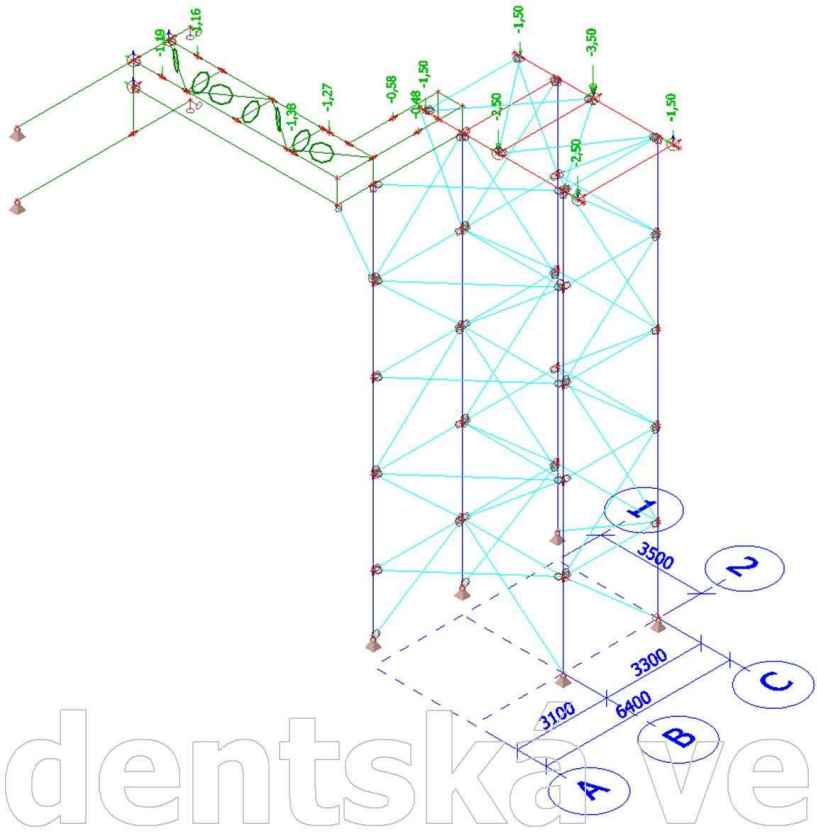
5. ZS4 - Užité zátížení

Studentská verze



6. ZS5 - Sníh

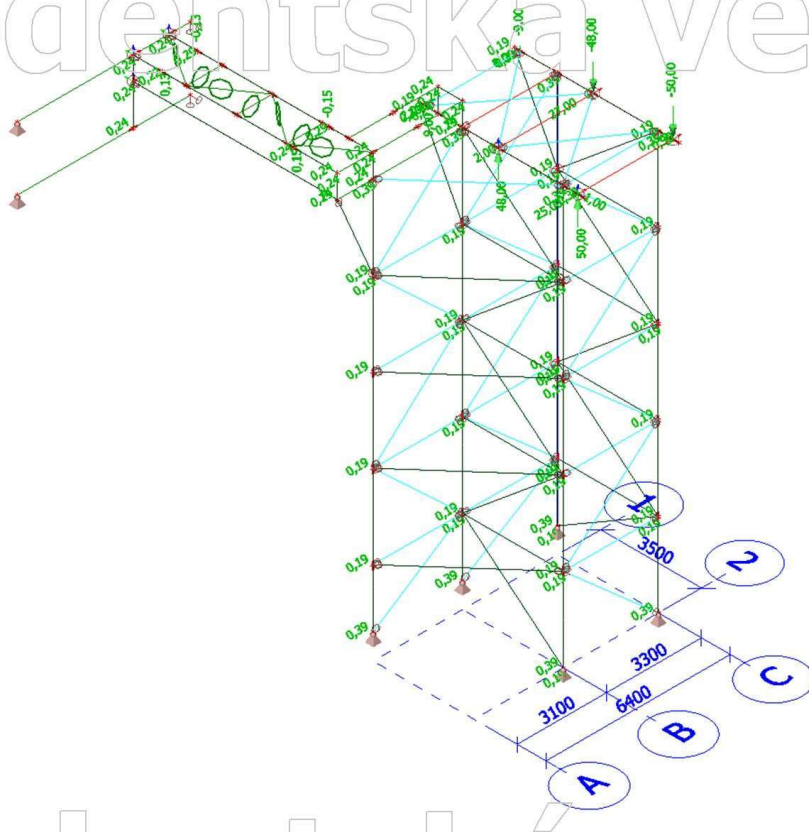
Studentská verze



Studentská verze

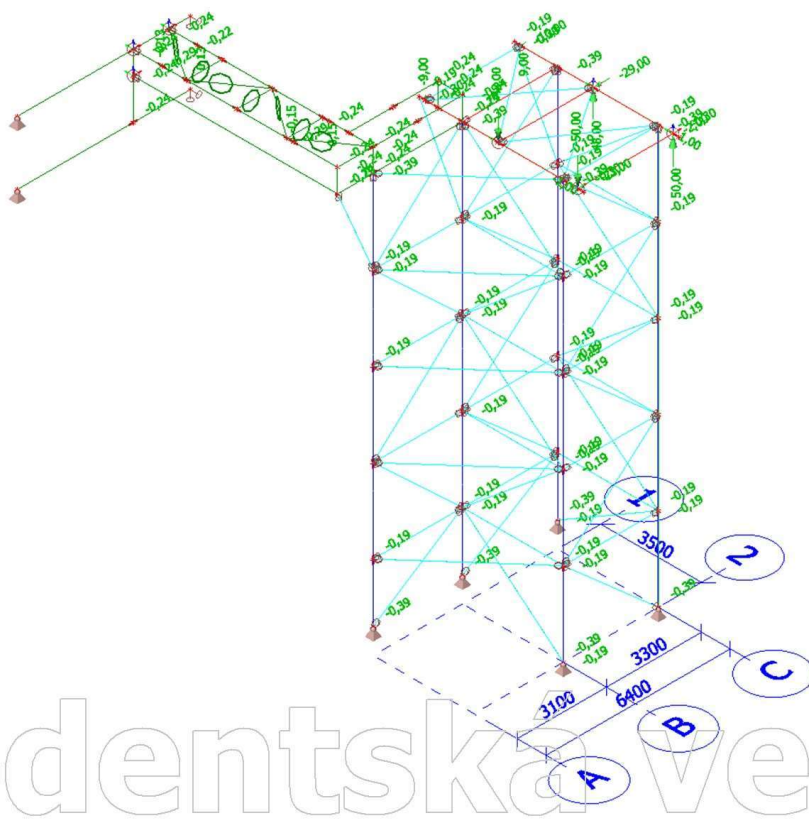
7. ZS6 - Vítr +X

Studentská verze



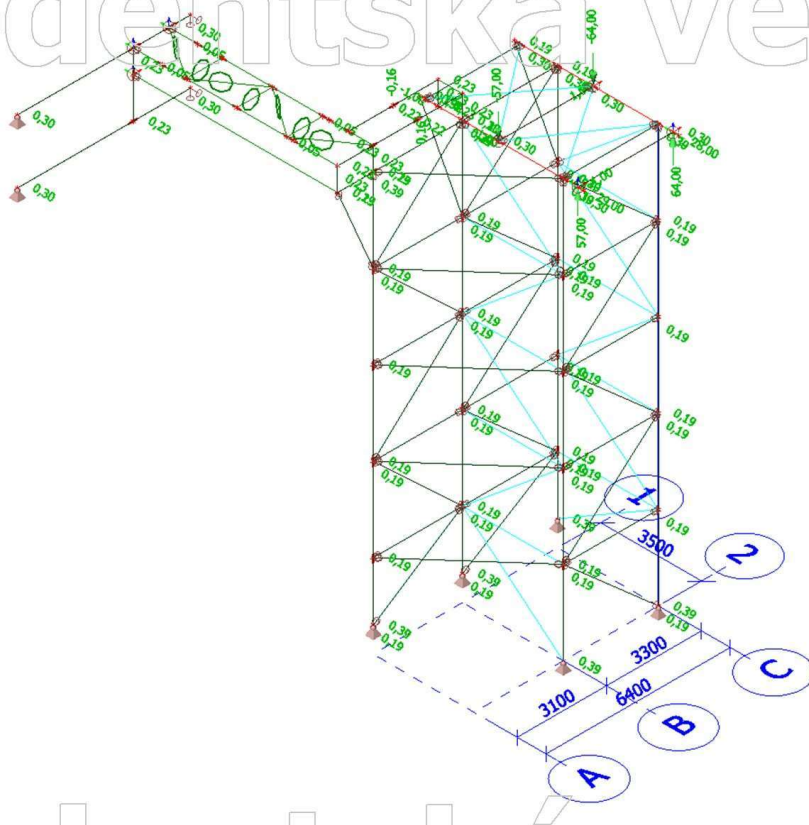
8. ZS7 - Vítr -X

Studentská verze



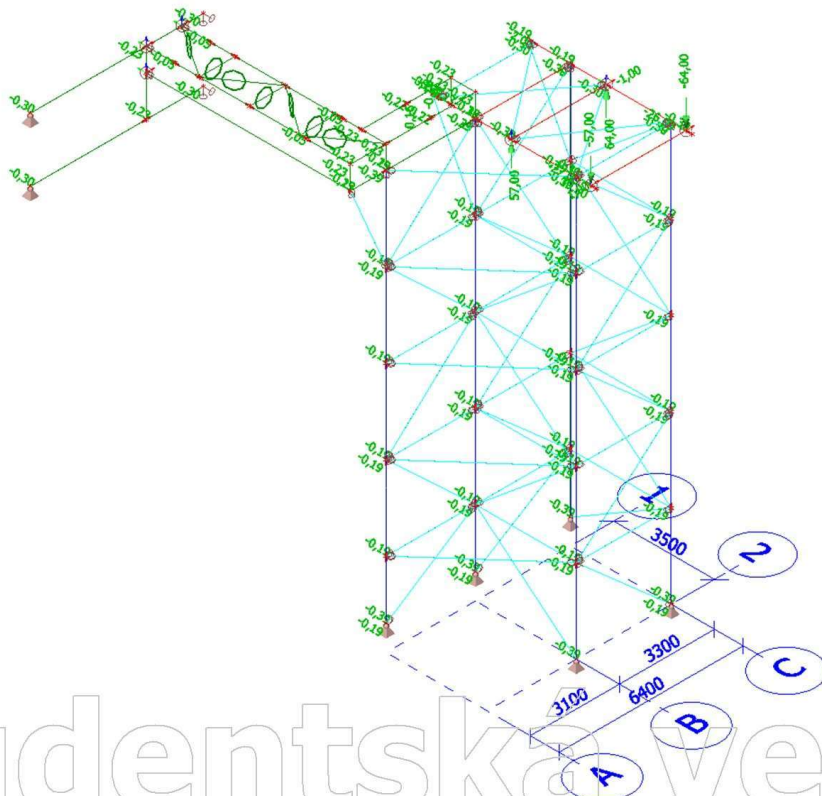
9. ZS8 - Vítr +Y

Studentská verze



10. ZS9 - Vítr -Y

Studentská verze



11. Bodové zatížení v uzlu (seřazeno podle zatěžovacích stavů)

Jméno	Uzel	Zatěžovací stav	Systém	Směr	Typ	Hodnota - F [kN]
F8	N60	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	X	Síla	-2,00
F2	N60	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-73,00
F7	N59	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	X	Síla	2,00
F207	N136	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-145,00
F179	N134	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Y	Síla	-1,00
F208	N136	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	X	Síla	1,00
F196	N135	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Y	Síla	-1,00
F13	N61	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Y	Síla	1,00
F177	N134	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-54,00
F3	N63	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-87,00
F9	N63	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Y	Síla	-1,00
F144	N131	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-69,00
F5	N62	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-54,00
F178	N134	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	X	Síla	-1,00
F10	N64	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	X	Síla	1,00
F153	N132	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-73,00
F4	N64	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-145,00
F12	N62	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Y	Síla	-1,00
F154	N132	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	X	Síla	-2,00
F195	N135	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-87,00
F1	N59	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-69,00
F11	N62	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	X	Síla	-1,00
F164	N133	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Y	Síla	1,00
F145	N131	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	X	Síla	2,00
F163	N133	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-56,00
F6	N61	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	GSS	Z	Síla	-56,00
F48	N61	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-41,00
F146	N131	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-20,00
F197	N135	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-44,00
F209	N136	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-61,00
F43	N59	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-20,00
F44	N60	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-19,00
F198	N135	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Y	Síla	-1,00
F165	N133	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-41,00
F46	N64	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-61,00
F47	N62	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-34,00
F155	N132	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-19,00
F49	N63	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Y	Síla	-1,00
F180	N134	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-34,00
F45	N63	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	GSS	Z	Síla	-44,00
F277	N68	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-8,39
F53	N64	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-31,00
F271	N140	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	-0,97
F261	N140	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-6,94
F283	N72	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-6,94
F269	N138	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	-0,97
F259	N137	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-8,61
F54	N62	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-27,00
F55	N61	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-22,00
F278	N68	ZS4 - Užité	GSS	X	Síla	9,92
F262	N142	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-3,18
F272	N142	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	-2,25
F181	N134	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-27,00
F199	N135	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-49,00
F265	N138	ZS4 - Užité	GSS	X	Síla	9,92
F276	N67	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	-1,03
F281	N70	ZS4 - Užité	GSS	X	Síla	-5,45
F275	N67	ZS4 - Užité	GSS	X	Síla	-6,92
F147	N131	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-21,00
F210	N136	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-31,00
F279	N68	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	-0,97
F50	N59	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-21,00
F51	N60	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-5,00
F268	N137	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	-1,03
F270	N139	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	-1,03
F264	N137	ZS4 - Užité	GSS	X	Síla	-6,92
F267	N140	ZS4 - Užité	GSS	X	Síla	8,45
F284	N72	ZS4 - Užité	GSS	X	Síla	8,45
F285	N72	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	-0,97
F287	N75	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	-2,25
F286	N75	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-3,18
F156	N132	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-5,00
F289	N73	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	3,65
F263	N141	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-4,82
F52	N63	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-49,00

Jméno	Uzel	Zatěžovací stav	Systém	Směr	Typ	Hodnota - F [kN]
F166	N133	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-22,00
F280	N70	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-7,06
F273	N141	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	3,65
F274	N67	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-8,61
F258	N138	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-8,39
F288	N73	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-4,82
F282	N70	ZS4 - Užité	GSS	Y	Síla	-1,03
F266	N139	ZS4 - Užité	GSS	X	Síla	-5,45
F260	N139	ZS4 - Užité	GSS	Z	Síla	-7,06
F60	N62	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-2,50
F227	N138	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,16
F59	N64	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-3,50
F148	N131	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,50
F58	N63	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-2,50
F57	N60	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,50
F253	N142	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-0,48
F241	N140	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,27
F56	N59	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,50
F107	N68	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,16
F234	N139	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,38
F200	N135	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-2,50
F111	N73	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-0,58
F110	N75	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-0,48
F109	N72	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,27
F108	N70	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,38
F182	N134	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-2,50
F220	N137	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,19
F248	N141	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-0,58
F167	N133	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,50
F106	N67	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,19
F211	N136	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-3,50
F61	N61	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,50
F157	N132	ZS5 - Sníh	GSS	Z	Síla	-1,50
F150	N131	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	2,00
F149	N131	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	9,00
F243	N140	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	0,29
F222	N137	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	0,22
F242	N140	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	-0,15
F236	N139	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	0,24
F235	N139	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	0,15
F229	N138	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	0,29
F228	N138	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	-0,13
F221	N137	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	0,13
F116	N67	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	0,22
F213	N136	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	27,00
F212	N136	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	-48,00
F119	N72	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	0,29
F118	N70	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	0,24
F117	N68	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	0,29
F73	N62	ZS6 - Vítr +X	GSS	Y	Síla	1,00
F72	N62	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	25,00
F115	N72	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	-0,15
F201	N135	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	48,00
F114	N70	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	0,15
F71	N64	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	27,00
F113	N68	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	-0,13
F202	N135	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	2,00
F112	N67	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	0,13
F70	N63	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	2,00
F69	N60	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	8,00
F68	N59	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	2,00
F185	N134	ZS6 - Vítr +X	GSS	Y	Síla	1,00
F184	N134	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	25,00
F183	N134	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	50,00
F67	N61	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	-50,00
F74	N61	ZS6 - Vítr +X	GSS	Y	Síla	-1,00
F66	N62	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	50,00
F65	N64	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	-48,00
F64	N63	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	48,00
F169	N133	ZS6 - Vítr +X	GSS	Y	Síla	-1,00
F168	N133	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	-50,00
F63	N60	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	-9,00
F62	N59	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	9,00
F159	N132	ZS6 - Vítr +X	GSS	X	Síla	8,00
F158	N132	ZS6 - Vítr +X	GSS	Z	Síla	-9,00
F151	N131	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	-9,00

Jméno	Uzel	Zatěžovací stav	Systém	Směr	Typ	Hodnota - F [kN]
F86	N61	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-2,00
F85	N61	ZS7 - Vítr -X	GSS	Y	Síla	1,00
F83	N62	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-23,00
F245	N140	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-0,24
F244	N140	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	0,15
F81	N60	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-10,00
F238	N139	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-0,29
F237	N139	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	-0,15
F80	N61	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	50,00
F231	N138	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-0,22
F79	N62	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	-50,00
F230	N138	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	0,13
F127	N72	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-0,24
F78	N64	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	48,00
F224	N137	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-0,29
F126	N70	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-0,29
F223	N137	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	-0,13
F77	N63	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	-48,00
F125	N68	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-0,22
F124	N67	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-0,29
F123	N72	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	0,15
F76	N60	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	9,00
F215	N136	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-29,00
F121	N68	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	0,13
F214	N136	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	48,00
F120	N67	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	-0,13
F84	N62	ZS7 - Vítr -X	GSS	Y	Síla	-1,00
F203	N135	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	-48,00
F75	N59	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	-9,00
F122	N70	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	-0,15
F188	N134	ZS7 - Vítr -X	GSS	Y	Síla	-1,00
F187	N134	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-23,00
F186	N134	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	-50,00
F82	N64	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-29,00
F172	N133	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-2,00
F171	N133	ZS7 - Vítr -X	GSS	Y	Síla	1,00
F170	N133	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	50,00
F161	N132	ZS7 - Vítr -X	GSS	X	Síla	-10,00
F160	N132	ZS7 - Vítr -X	GSS	Z	Síla	9,00
F92	N63	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	-1,00
F91	N59	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	-1,00
F90	N61	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	64,00
F152	N131	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	-1,00
F89	N62	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	57,00
F88	N64	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	-64,00
F87	N63	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	-57,00
F255	N142	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	0,16
F254	N142	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,22
F250	N141	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	-0,16
F249	N141	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,22
F246	N140	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,05
F135	N73	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	-0,16
F134	N75	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	0,16
F239	N139	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,05
F133	N75	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,22
F132	N73	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,22
F131	N70	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,05
F130	N72	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,05
F232	N138	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,05
F129	N67	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,05
F128	N68	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,05
F225	N137	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	0,05
F217	N136	ZS8 - Vítr +Y	GSS	X	Síla	1,00
F216	N136	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	-64,00
F205	N135	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	-1,00
F204	N135	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	-57,00
F191	N134	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	29,00
F190	N134	ZS8 - Vítr +Y	GSS	X	Síla	-1,00
F189	N134	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	57,00
F174	N133	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	28,00
F173	N133	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Z	Síla	64,00
F96	N61	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	28,00
F95	N62	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Y	Síla	29,00
F94	N62	ZS8 - Vítr +Y	GSS	X	Síla	-1,00
F93	N64	ZS8 - Vítr +Y	GSS	X	Síla	1,00
F143	N75	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	-0,16

Jméno	Uzel	Zatěžovací stav	System	Směr	Typ	Hodnota - F [kN]
F257	N142	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	-0,16
F142	N73	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	0,16
F256	N142	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,22
F141	N75	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,22
F252	N141	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	0,16
F140	N73	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,22
F251	N141	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,22
F139	N70	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,05
F138	N72	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,05
F247	N140	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,05
F137	N68	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,05
F136	N67	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,05
F240	N139	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,05
F233	N138	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,05
F226	N137	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-0,05
F219	N136	ZS9 - Vítr -Y	GSS	X	Síla	-1,00
F218	N136	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	64,00
F206	N135	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	57,00
F194	N134	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-27,00
F193	N134	ZS9 - Vítr -Y	GSS	X	Síla	1,00
F192	N134	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	-57,00
F105	N61	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-26,00
F104	N62	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-27,00
F103	N62	ZS9 - Vítr -Y	GSS	X	Síla	1,00
F176	N133	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-26,00
F102	N64	ZS9 - Vítr -Y	GSS	X	Síla	-1,00
F175	N133	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	-64,00
F101	N60	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-2,00
F100	N61	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	-64,00
F99	N62	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	-57,00
F98	N64	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	64,00
F97	N63	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Z	Síla	57,00
F162	N132	ZS9 - Vítr -Y	GSS	Y	Síla	-2,00

Studentská verze

Studentská verze

12. Spojité zatížení (seřazeno podle zatěžovacích stavů)

Jméno	Zatěžovací stav	Typ		Směr		Hodnota - P ₁	Poz x ₁	Souř.
		Systém	Rozložení	[kN/m]	Hodnota - P ₂	Poz x ₂	Poloha	
				[kN/m]				
LF1	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	Síla	Z	0,50		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF382	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	Síla	Z	-0,50		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF360	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	Síla	Z	-0,50		0,850	Abso	
		GSS	Rovnoměrné			7,093	Délka	
LF2	ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	Síla	Z	-0,50		0,850	Abso	
		GSS	Rovnoměrné			7,093	Délka	
LF383	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	Síla	Z	-0,50		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF3	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	Síla	Z	-0,50		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF4	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	Síla	Z	-0,50		0,850	Abso	
		GSS	Rovnoměrné			7,093	Délka	
LF361	ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	Síla	Z	-0,50		0,850	Abso	
		GSS	Rovnoměrné			7,093	Délka	
LF297	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF46	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,24		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF315	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF307	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF35	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF20	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF319	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF370	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,24		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF248	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF88	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,24		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF44	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,24		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF32	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF33	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF311	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF305	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF18	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF79	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,24		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF29	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF355	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,24		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF261	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF250	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF255	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF30	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF41	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF38	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF335	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF40	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,19		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF13	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,39		0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF362	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,24		0,000	Rela	

Jméno	Zatěžovací stav	Typ		Hodnota - P ₁	Poz x ₁	Souř.
		Systém	Rozložení	Hodnota - P ₂ [kN/m]	Poz x ₂	Poloha
LF16	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,30	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF364	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,24	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF252	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF327	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF376	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,24	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF358	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,24	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF26	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF25	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF34	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF214	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF317	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF210	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF19	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF331	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF313	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF17	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,30	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF394	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF293	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,30	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF43	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,24	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF398	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,24	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF14	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF295	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,30	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF42	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,24	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF24	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF12	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF31	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF372	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF47	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF22	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF253	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF406	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,24	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF206	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF202	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF259	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF402	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF27	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
LF45	ZS6 - Vítr +X	Síla	X	0,24	0,000	Rela

Jméno	Zatěžovací stav	Typ		Hodnota - P ₁		Poz x ₁		Souř.
		Systém	Rozložení	[kN/m]	Hodnota - P ₂	Poz x ₂	Poloha	
				[kN/m]				
LF15	ZS6 - Vítr +X	GSS	Rovnoměrné		0,39	1,000	Délka	
		Síla	X			0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF257	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF350	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,24	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF39	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF321	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF323	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF21	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF346	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,24	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF36	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF338	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF28	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF301	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF37	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF309	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF78	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,24	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF23	ZS6 - Vítr +X	Síla	X		0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF71	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF260	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF258	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF69	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF256	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF251	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF249	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF67	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF65	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF63	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF84	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,24	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF61	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF55	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,30	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF83	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,24	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF60	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF215	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,39	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF62	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF59	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF211	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,39	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF82	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,24	0,000	Rela	
		GSS	Rovnoměrné			1,000	Délka	
LF58	ZS7 - Vítr -X	Síla	X		-0,19	0,000	Rela	

Jméno	Zatěžovací stav	Typ		Hodnota - P ₁	Poz x ₁	Souř.
		Systém	Rozložení	[kN/m]	Poz x ₂	Poloha
				Hodnota - P ₂		
				[kN/m]		
LF64	ZS7 - Vitr -X	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	X		0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF407	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,24	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF57	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF66	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF373	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF87	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,24	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF359	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,24	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF53	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,39	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF351	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,24	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF68	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF354	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,24	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF254	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF365	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,24	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF51	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,39	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF363	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,24	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF50	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,39	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF347	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,24	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF339	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF70	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF52	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,39	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF90	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF332	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF72	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF328	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF324	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF322	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF85	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,24	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF320	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF316	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF314	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF312	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF318	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF262	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF310	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF308	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF306	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF81	ZS7 - Vitr -X	Síla	X	-0,24	0,000	Rela

Jméno	Zatěžovací stav	Typ	Směr	Hodnota - P ₁	Poz x ₁	Souř.
				[kN/m]		
		Systém	Rozložení	Hodnota - P ₂	Poz x ₂	Poloha
				[kN/m]		
LF56	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF86	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,24	1,000 0,000	Délka Rela
LF54	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,30	1,000 0,000	Délka Rela
LF80	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,24	1,000 0,000	Délka Rela
LF377	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,24	1,000 0,000	Délka Rela
LF302	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF399	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,24	1,000 0,000	Délka Rela
LF298	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF296	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,30	1,000 0,000	Délka Rela
LF294	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,30	1,000 0,000	Délka Rela
LF203	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,39	1,000 0,000	Délka Rela
LF395	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,39	1,000 0,000	Délka Rela
LF77	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF207	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,39	1,000 0,000	Délka Rela
LF76	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF75	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF403	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,39	1,000 0,000	Délka Rela
LF74	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF371	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,24	1,000 0,000	Délka Rela
LF73	ZS7 - Vitr -X	GSS Síla	Rovnoměrné X	-0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF269	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF137	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,23	1,000 0,000	Délka Rela
LF267	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF265	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF135	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF263	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF134	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF133	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF132	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF131	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF130	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF129	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF128	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF127	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF126	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF244	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela
LF125	ZS8 - Vitr +Y	GSS Síla	Rovnoměrné Y	0,19	1,000 0,000	Délka Rela

Jméno	Zatěžovací stav	Typ		Hodnota - P ₁	Poz x ₁	Souř.
		Systém	Rozložení	Hodnota - P ₂ [kN/m]	Poz x ₂	Poloha
LF242	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF124	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF240	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF123	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF122	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF234	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF121	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF120	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF230	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF119	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF118	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF226	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF117	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF224	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF116	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF222	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF115	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF220	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF114	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF218	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF113	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF112	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF216	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF111	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF228	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF232	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF110	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF212	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF109	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF208	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF108	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF410	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF408	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF107	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF236	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF404	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF106	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela

Jméno	Zatěžovací stav	Typ		Hodnota - P ₁	Poz x ₁	Souř.
		Systém	Rozložení	[kN/m]	Poz x ₂	Poloha
				[kN/m]		
LF400	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF105	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF103	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF246	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF101	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF378	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF99	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF374	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF366	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF97	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF96	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF95	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,39	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF356	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF94	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,39	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF352	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF93	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,39	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF348	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF98	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF92	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,39	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF340	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF336	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF136	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF333	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF100	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF380	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF329	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF138	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF384	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF325	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF388	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF386	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF390	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF102	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF392	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF104	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF303	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF396	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,39	0,000	Rela

Jméno	Zatěžovací stav	Typ		Hodnota - P ₁	Poz x ₁	Souř.
		Systém	Rozložení	[kN/m]	Hodnota - P ₂	Poz x ₂
				[kN/m]		
LF299	ZS8 - Vítr +Y	GSS	Rovnoměrné	0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF204	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,39	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF291	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF289	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF287	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF285	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF145	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF283	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF144	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF281	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF143	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF279	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF142	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF277	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF141	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF275	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF140	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF273	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF139	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,23	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF271	ZS8 - Vítr +Y	Síla	Y	0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF270	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF268	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF266	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF264	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF247	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF245	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF243	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF241	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF237	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,30	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF235	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF233	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF231	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF229	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF227	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF225	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF223	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela
		GSS	Rovnoměrné		1,000	Délka
LF221	ZS9 - Vítr -Y	Síla	Y	-0,19	0,000	Rela

Jméno	Zatěžovací stav	Typ		Hodnota - P ₁	Poz x ₁	Souř.
		Systém	Rozložení	[kN/m]	Poz x ₂	Poloha
				[kN/m]		
LF219	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF217	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF213	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF209	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF411	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF409	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF205	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF405	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF401	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF201	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF397	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF200	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF199	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF393	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF198	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF391	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF197	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF389	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF387	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF195	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF385	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF194	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF193	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF381	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF379	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF191	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF190	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF375	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF189	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF188	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF187	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF367	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF186	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF185	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF184	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF183	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF182	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela

Jméno	Zatěžovací stav	Typ		Hodnota - P ₁	Poz x ₁	Souř.
		Systém	Rozložení	Hodnota - P ₂ [kN/m]	Poz x ₂	Poloha
LF357	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF181	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF180	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF353	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF179	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF178	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF349	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF177	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF176	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF341	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF175	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF174	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF337	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF173	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF172	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF334	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF171	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF192	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF170	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF330	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF169	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF168	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF326	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF167	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF166	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF165	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF196	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,23	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF164	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF163	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF162	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF161	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF160	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF159	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF158	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF157	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF304	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF156	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela

Jméno	Zatěžovací stav	Typ		Hodnota - P ₁	Poz x ₁	Souř.
		Systém	Rozložení	Hodnota - P ₂	Poz x ₂	Poloha
LF155	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF300	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF154	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF153	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF152	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,30	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF151	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF292	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF150	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF290	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF149	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF288	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF148	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,39	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF286	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF284	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF282	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF280	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF278	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF276	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF274	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela
LF272	ZS9 - Vitr -Y	GSS	Rovnoměrné	-0,19	1,000	Délka
		Síla	Y		0,000	Rela

13. Globální imperfekce

Jméno	GI
Typ	Jednoduchý náklon
dx [mm/m]	2,3
dy [mm/m]	2,3

Studentská verze

14. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis Spec	Typ působení Typ zatížení	Skupina zatížení	Šměr	Působení	Řídicí zat. stav
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	Ostatní stálé (plný zásobník)	Stálé Standard	SZ1			
ZS3	Ostatní stálé (prázdný zásobník)	Stálé Standard	SZ1			
ZS4	Užitné	Stálé Standard	SZ1			
ZS5	Sníh Standard	Proměnné Statické	Vše MSÚ		Krátkodobé	Žádný
ZS6	Vítr +X Standard	Proměnné Statické	Vše MSÚ		Krátkodobé	Žádný
ZS7	Vítr -X Standard	Proměnné Statické	Vše MSÚ		Krátkodobé	Žádný
ZS8	Vítr +Y Standard	Proměnné Statické	Vše MSÚ		Krátkodobé	Žádný
ZS9	Vítr -Y Standard	Proměnné Statické	Vše MSÚ		Krátkodobé	Žádný

15. Nelineární kombinace

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_MSÚ - KZS1	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,350
		ZS4 - Užitné	1,500
		ZS5 - Sníh	0,750
NK_MSÚ - KZS2	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,350
		ZS4 - Užitné	1,050
		ZS5 - Sníh	1,500
NK_MSÚ - KZS3	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,350
		ZS4 - Užitné	1,050
		ZS5 - Sníh	0,750
		ZS6 - Vítr +X	1,500
NK_MSÚ - KZS4	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,350
		ZS4 - Užitné	1,050
		ZS5 - Sníh	0,750
		ZS7 - Vítr -X	1,500
NK_MSÚ - KZS5	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,350
		ZS4 - Užitné	1,050
		ZS5 - Sníh	0,750
		ZS8 - Vítr +Y	1,500
NK_MSÚ - KZS6	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,350
		ZS4 - Užitné	1,050
		ZS5 - Sníh	0,750
		ZS9 - Vítr -Y	1,500
NK_MSÚ - KZS7	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,350
		ZS4 - Užitné	1,500
		ZS5 - Sníh	0,750
		ZS6 - Vítr +X	0,900
NK_MSÚ - KZS8	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,350
		ZS4 - Užitné	1,500
		ZS5 - Sníh	0,750
		ZS7 - Vítr -X	0,900
NK_MSÚ - KZS9	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,350
		ZS4 - Užitné	1,500
		ZS5 - Sníh	0,750
		ZS8 - Vítr +Y	0,900
NK_MSÚ - KZS10	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,350
		ZS4 - Užitné	1,500
		ZS5 - Sníh	0,750
		ZS9 - Vítr -Y	0,900

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_MSÚ - KZS11	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	1,000
		ZS6 - Vítr +X	1,500
NK_MSÚ - KZS12	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	1,000
		ZS7 - Vítr -X	1,500
NK_MSÚ - KZS13	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	1,000
		ZS8 - Vítr +Y	1,500
NK_MSÚ - KZS14	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	1,000
		ZS9 - Vítr -Y	1,500
NK_MSP - KZS15	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,000
		ZS4 - Užité	1,000
		ZS5 - Sníh	1,000
NK_MSP - KZS16	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,000
		ZS4 - Užité	1,000
		ZS5 - Sníh	1,000
NK_MSP - KZS17	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,000
		ZS4 - Užité	1,000
		ZS5 - Sníh	1,000
		ZS6 - Vítr +X	1,000
NK_MSP - KZS18	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,000
		ZS4 - Užité	1,000
		ZS5 - Sníh	1,000
		ZS7 - Vítr -X	1,000
NK_MSP - KZS19	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,000
		ZS4 - Užité	1,000
		ZS5 - Sníh	1,000
		ZS8 - Vítr +Y	1,000
NK_MSP - KZS20	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,000
		ZS4 - Užité	1,000
		ZS5 - Sníh	1,000
		ZS9 - Vítr -Y	1,000
NK_MSP - KZS21	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,000
		ZS4 - Užité	1,000
		ZS5 - Sníh	1,000
		ZS6 - Vítr +X	1,000
NK_MSP - KZS22	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,000
		ZS4 - Užité	1,000
		ZS5 - Sníh	1,000
		ZS7 - Vítr -X	1,000
NK_MSP - KZS23	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,000
		ZS4 - Užité	1,000
		ZS5 - Sníh	1,000
		ZS8 - Vítr +Y	1,000
NK_MSP - KZS24	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatní stálé (plný zásobník)	1,000
		ZS4 - Užité	1,000
		ZS5 - Sníh	1,000
		ZS9 - Vítr -Y	1,000
NK_MSP - KZS25	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	1,000
		ZS6 - Vítr +X	1,000
NK_MSP - KZS26	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	1,000
		ZS7 - Vítr -X	1,000
NK_MSP - KZS27	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	1,000
		ZS8 - Vítr +Y	1,000
NK_MSP - KZS28	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS3 - Ostatní stálé (prázdný zásobník)	1,000
		ZS9 - Vítr -Y	1,000



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Podpůrná konstrukce zásobníku s technologickým mostem

Supporting structure of a silo and its technology

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

PŘÍLOHA 2: VÝSTUPY Z LTBEAMN 1.0.3

Štěpán Rýdl

Studijní program: Stavební inženýrství

Specializace: Pozemní stavby

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Praha, 2024

Obsah

1. Sloup S1	3
2. Sloup S2	13
3. Nosníky PO1, PO2	23
4. Nosníky PR2, PR3.....	33
5. Nosník LV3.....	44
6. Nosník LV5.....	54
7. Sloupek LS4.....	65

SLOUP S1

I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 2,9 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

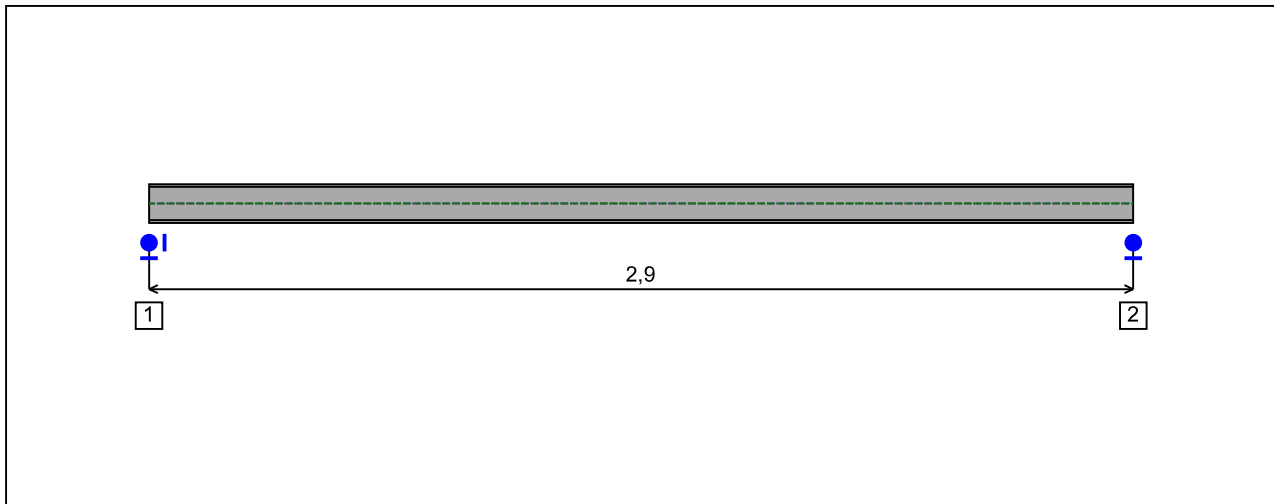


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : HEA 120

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Type : In catalogue (OTUA)

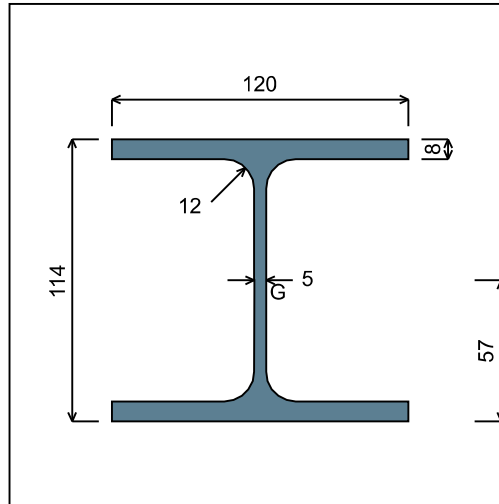


Figure 2 : Section No. 1 (HEA 120).

Main geometrical properties :

- z_S = 0 cm
- z_G = 5,7 cm
- I_y = 606,15 cm⁴
- I_z = 230,9 cm⁴
- I_t = 5,938 cm⁴ (Villette)
- I_w = 6485,9 cm⁶

Other geometrical properties :

- | | |
|---|------------------------------------|
| A = 25,34 cm ² | $A_{v,z}$ = 8,456 cm ² |
| $A_{v,y}$ = 19,2 cm ² | |
| $W_{el,y,sup}$ = 106,34 cm ³ | $W_{el,z}$ = 38,48 cm ³ |
| $W_{el,y,inf}$ = 106,34 cm ³ | $W_{pl,z}$ = 58,85 cm ³ |
| $W_{pl,y}$ = 119,49 cm ³ | |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

- Section No. 2 : HEA 120

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,9 \text{ m}$

Type : In catalogue (OTUA)

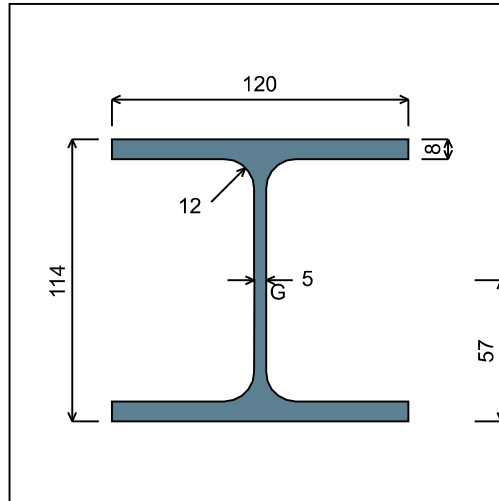


Figure 3 : Section No. 2 (HEA 120).

Main geometrical properties :

z_S	= 0 cm
z_G	= 5,7 cm
I_y	= 606,15 cm ⁴
I_z	= 230,9 cm ⁴
I_t	= 5,938 cm ⁴ (Villette)
I_w	= 6485,9 cm ⁶

Other geometrical properties :

A	= 25,34 cm ²	$A_{v,z}$	= 8,456 cm ²
$A_{v,y}$	= 19,2 cm ²	$W_{el,z}$	= 38,48 cm ³
$W_{el,y,sup}$	= 106,34 cm ³	$W_{pl,z}$	= 58,85 cm ³
$W_{el,y,inf}$	= 106,34 cm ³		
$W_{pl,y}$	= 119,49 cm ³		

Stiffness relaxations :

θ	: Continuous
v'	: Continuous
θ'	: Continuous
w'	: Continuous

I.4 - Lateral restraints

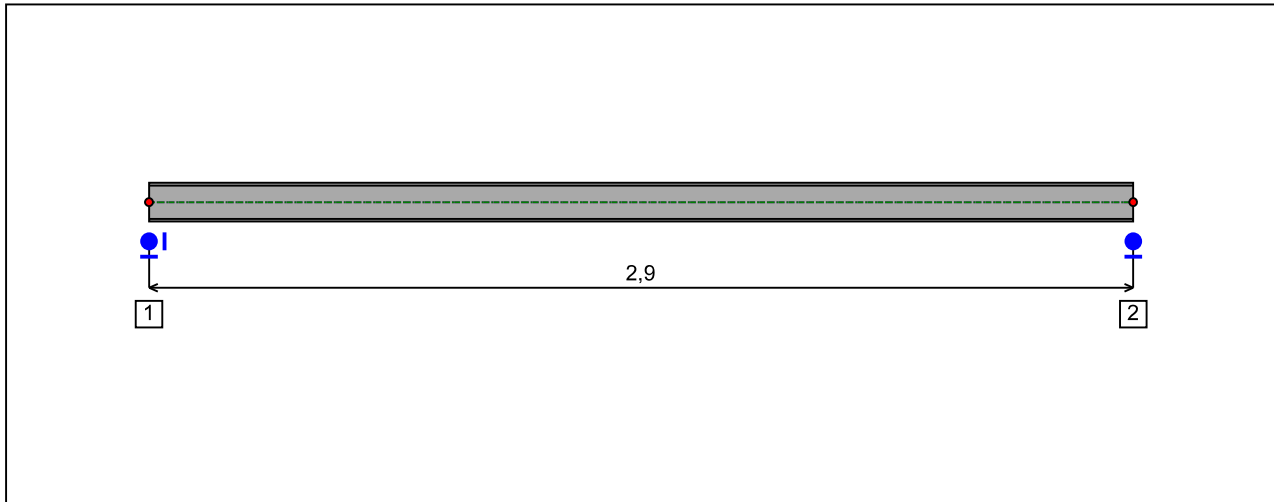


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,9$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

1.5 - Supports

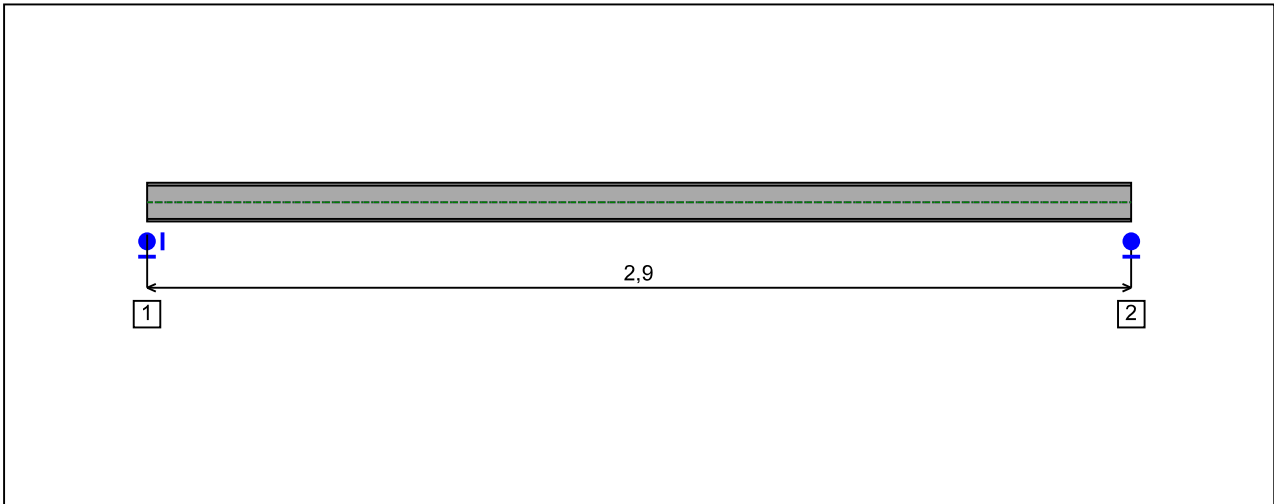


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Fixed
- w : Fixed
- w' : Free

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,9 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Free
- w : Fixed
- w' : Free

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- **Moment diagram :**

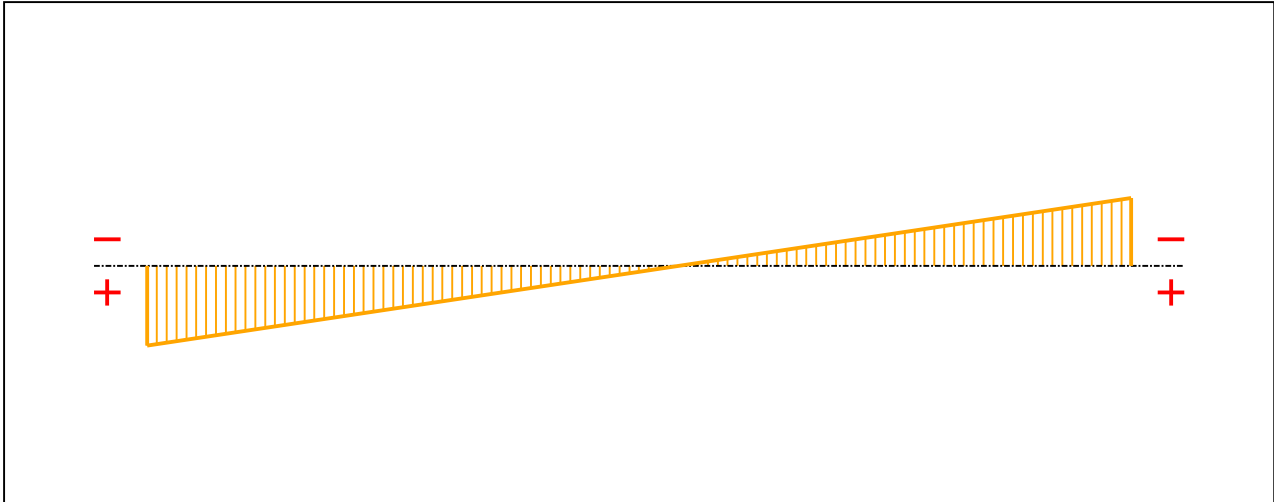


Figure 6 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	1,29
2,9	-1,1

- **Axial force diagram :**

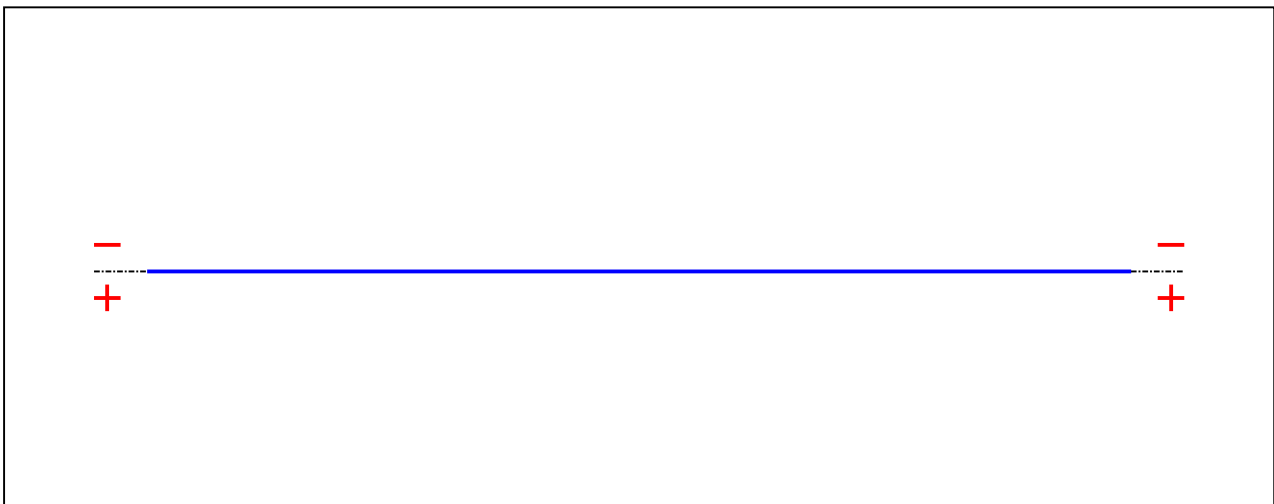


Figure 7 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
2,9	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1

Blocked moment diagram : No

Blocked axial force diagram : Yes

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	131,13	169,16	0	0	0

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	131,13	169,16	0	0	0

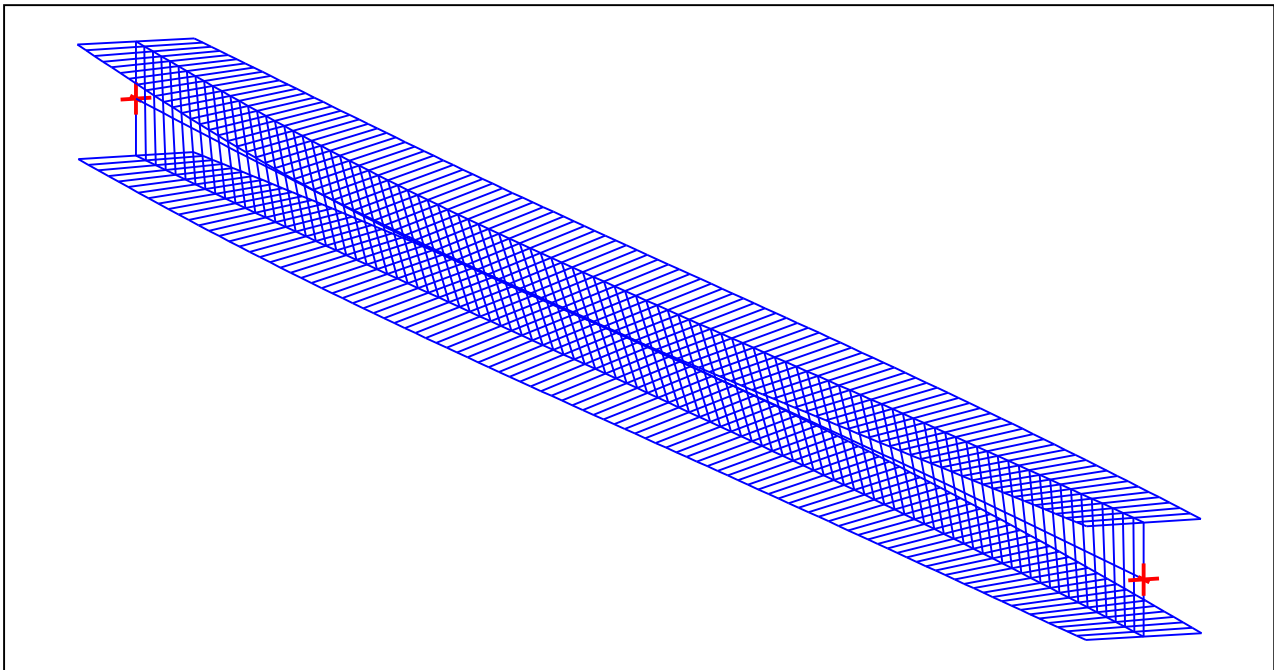


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

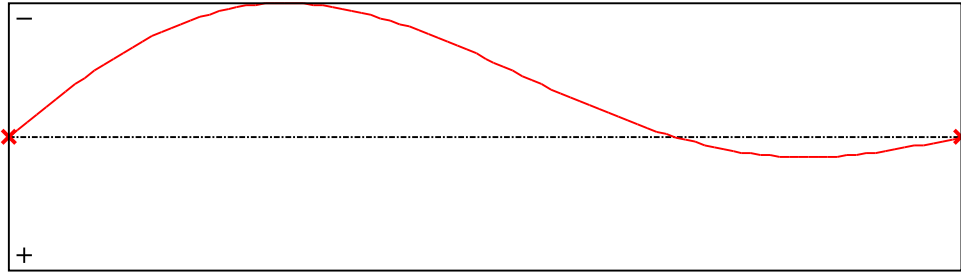


Figure 9 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

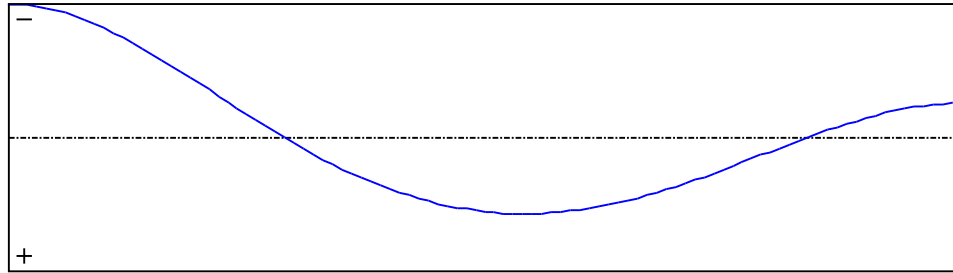


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

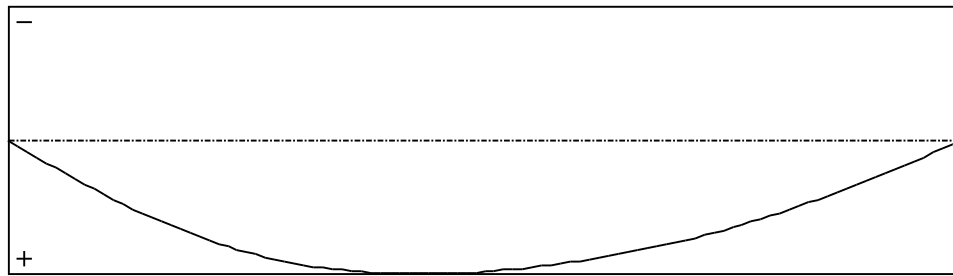


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

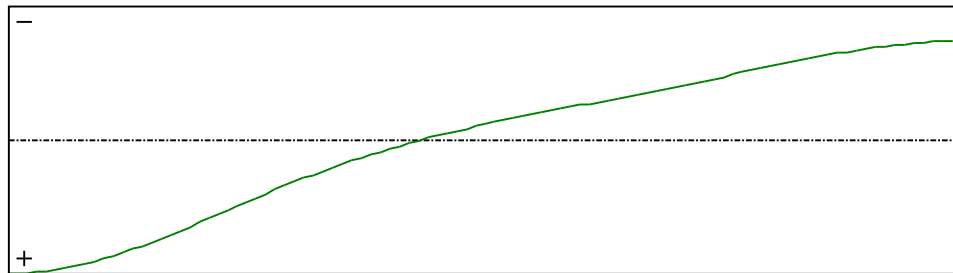


Figure 12 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

SLOUP S2

I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 2,9 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

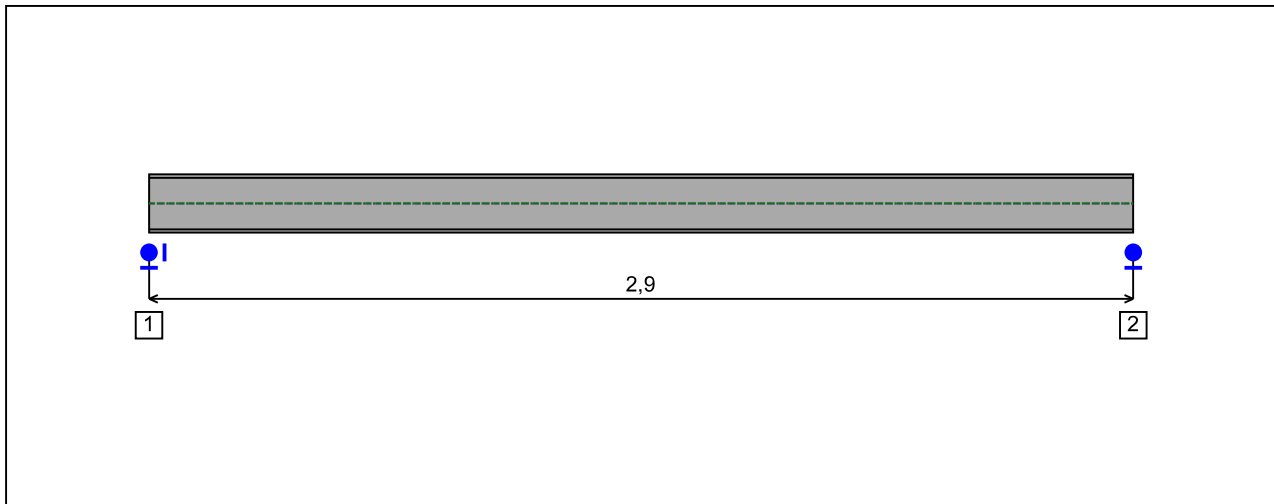


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : HEA 180

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Type : In catalogue (OTUA)

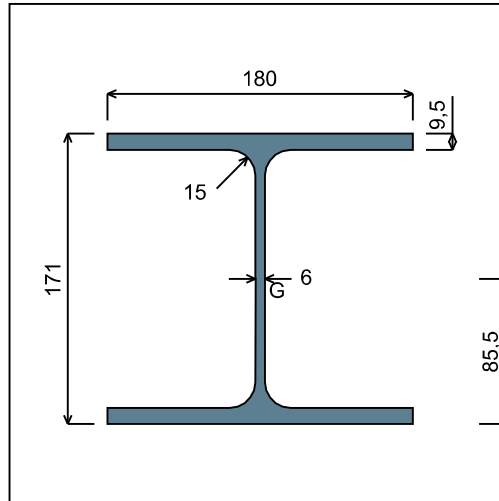


Figure 2 : Section No. 1 (HEA 180).

Main geometrical properties :

z_S	= 0 cm
z_G	= 8,55 cm
I_y	= 2510,3 cm ⁴
I_z	= 924,61 cm ⁴
I_t	= 14,6 cm ⁴ (Villette)
I_w	= 60289 cm ⁶

Other geometrical properties :

A	= 45,25 cm ²	$A_{v,z}$	= 14,47 cm ²
$A_{v,y}$	= 34,2 cm ²	$W_{el,z}$	= 102,73 cm ³
$W_{el,y,sup}$	= 293,6 cm ³	$W_{pl,z}$	= 156,49 cm ³
$W_{el,y,inf}$	= 293,6 cm ³		
$W_{pl,y}$	= 324,85 cm ³		

Stiffness relaxations :

θ	: Continuous
v'	: Continuous
θ'	: Continuous
w'	: Continuous

- Section No. 2 : HEA 180

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,9 \text{ m}$

Type : In catalogue (OTUA)

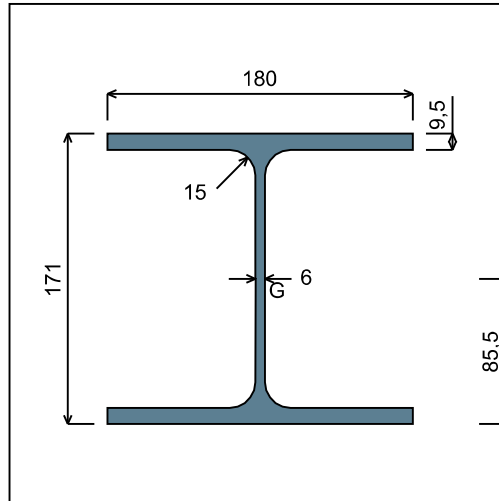


Figure 3 : Section No. 2 (HEA 180).

Main geometrical properties :

z_S	= 0 cm
z_G	= 8,55 cm
I_y	= 2510,3 cm ⁴
I_z	= 924,61 cm ⁴
I_t	= 14,6 cm ⁴ (Villette)
I_w	= 60289 cm ⁶

Other geometrical properties :

A	= 45,25 cm ²	$A_{v,z}$	= 14,47 cm ²
$A_{v,y}$	= 34,2 cm ²	$W_{el,z}$	= 102,73 cm ³
$W_{el,y,sup}$	= 293,6 cm ³	$W_{pl,z}$	= 156,49 cm ³
$W_{el,y,inf}$	= 293,6 cm ³		
$W_{pl,y}$	= 324,85 cm ³		

Stiffness relaxations :

θ	: Continuous
v'	: Continuous
θ'	: Continuous
w'	: Continuous

I.4 - Lateral restraints

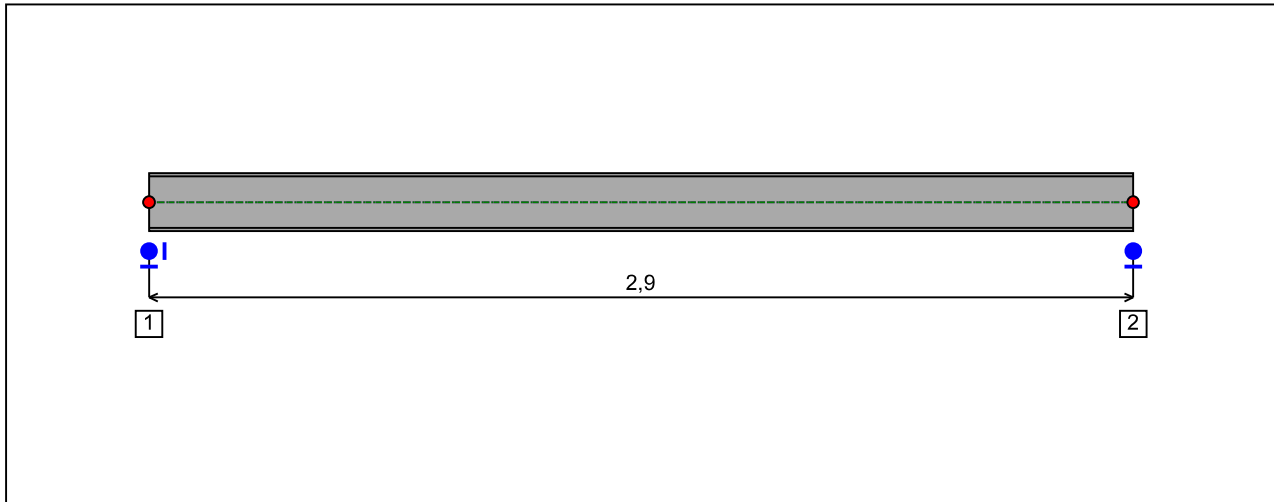


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,9$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

1.5 - Supports

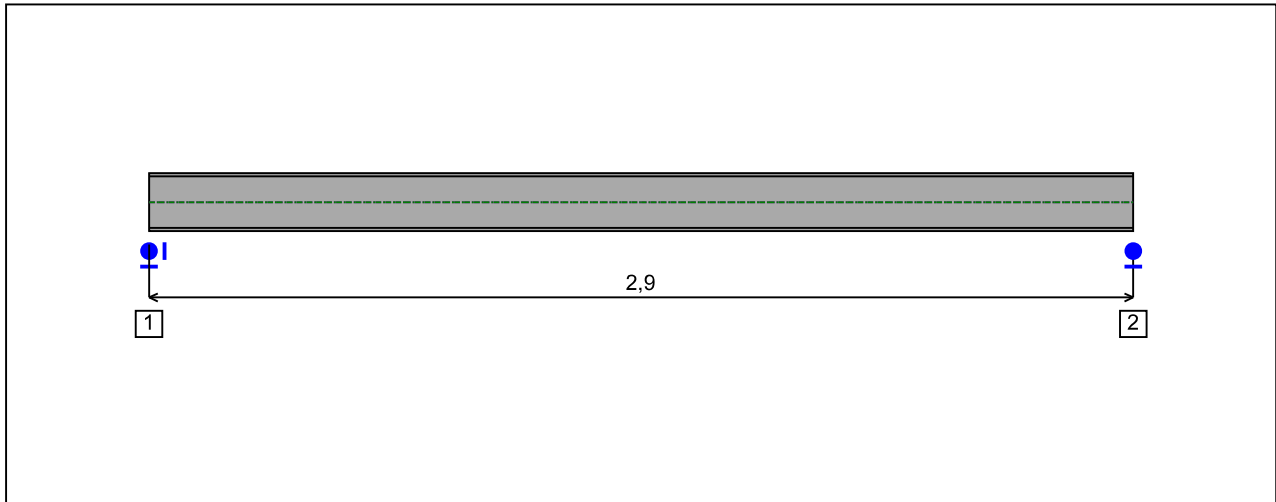


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Fixed
- w : Fixed
- w' : Free

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,9 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Free
- w : Fixed
- w' : Free

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

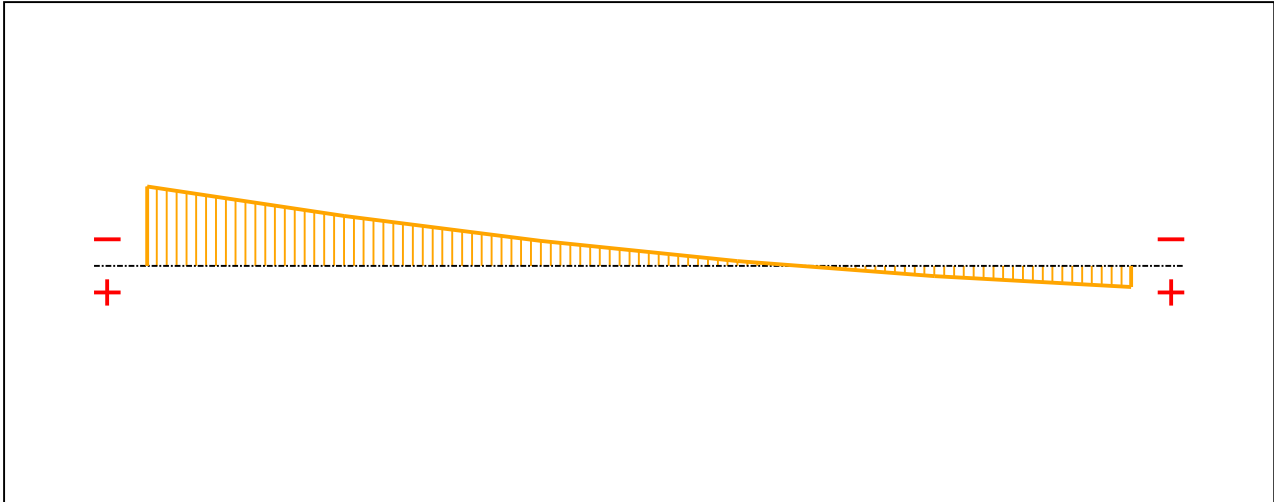


Figure 6 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-3,27
0,58	-2,05
1,16	-1,03
1,74	-0,2
2,32	0,42
2,9	0,86

- Axial force diagram :

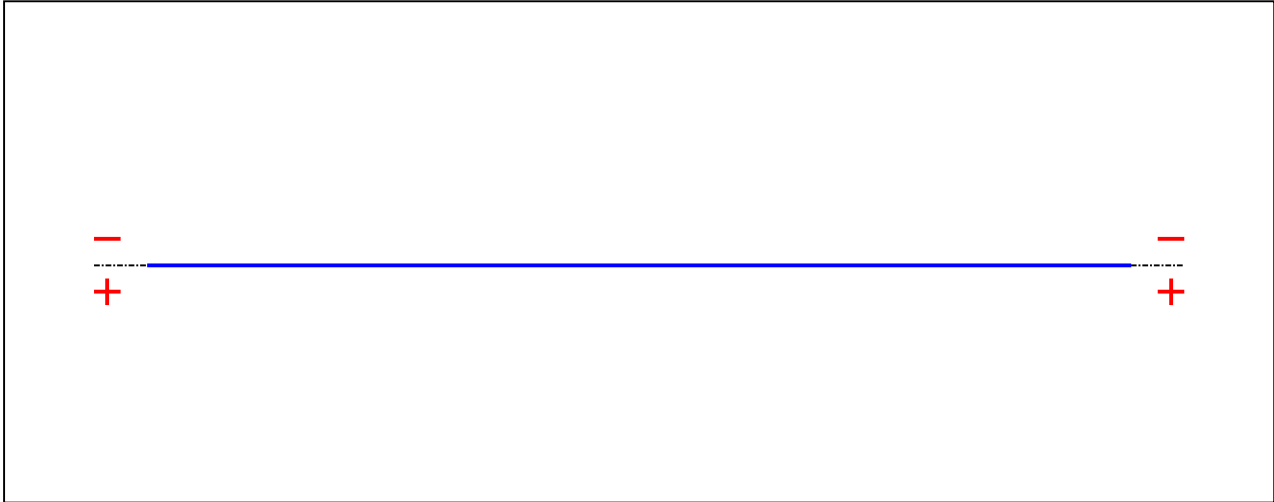


Figure 7 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
2,9	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : Yes

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	226,54	-740,8	0	0	0

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	226,54	-740,8	0	0	0

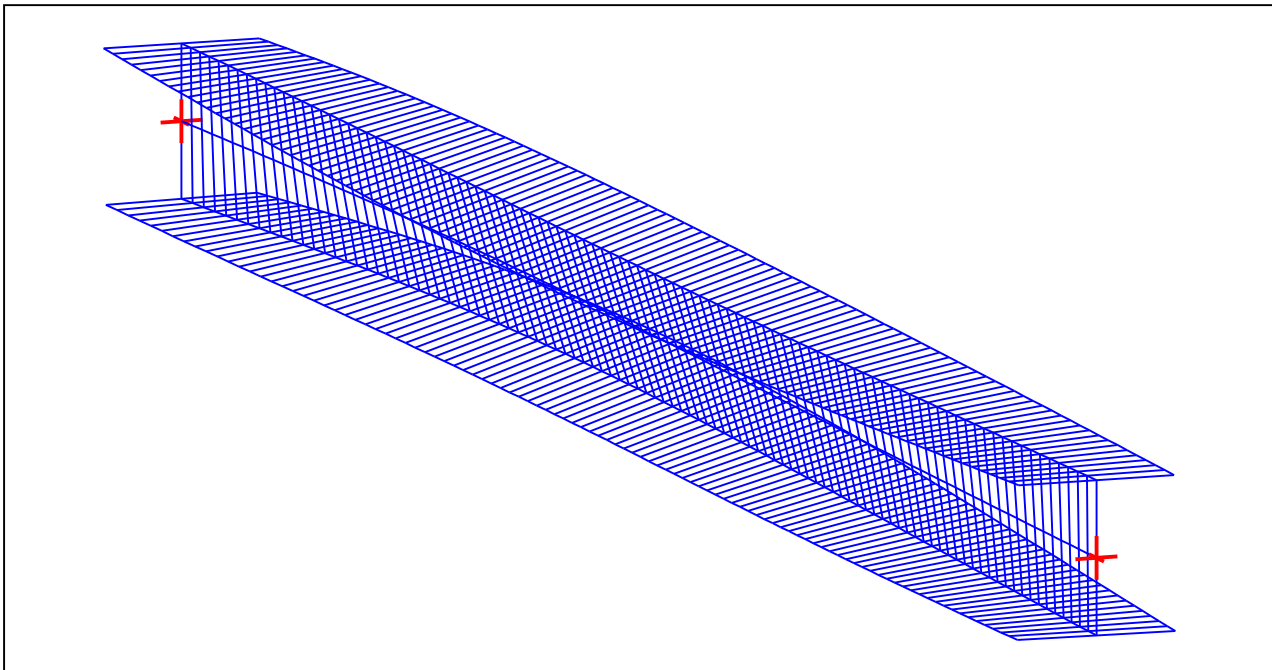


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

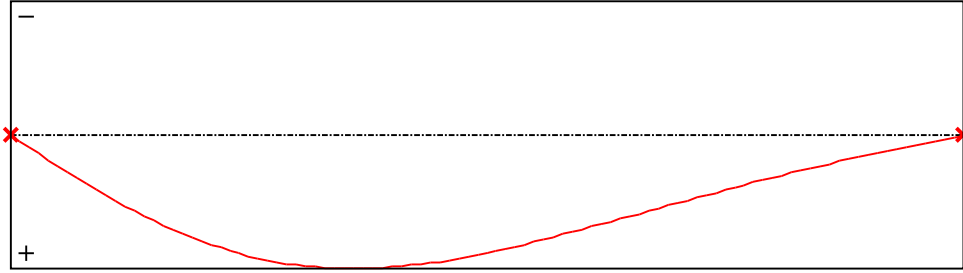


Figure 9 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

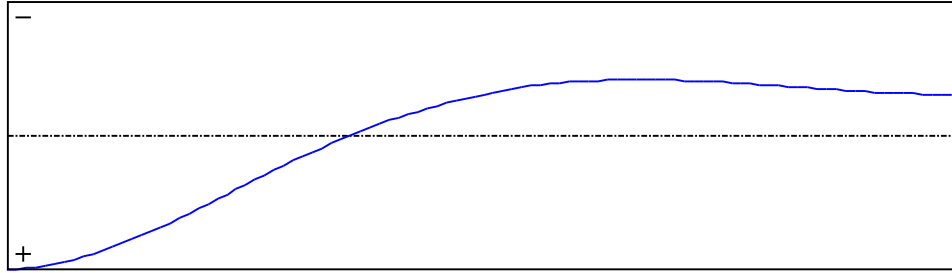


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

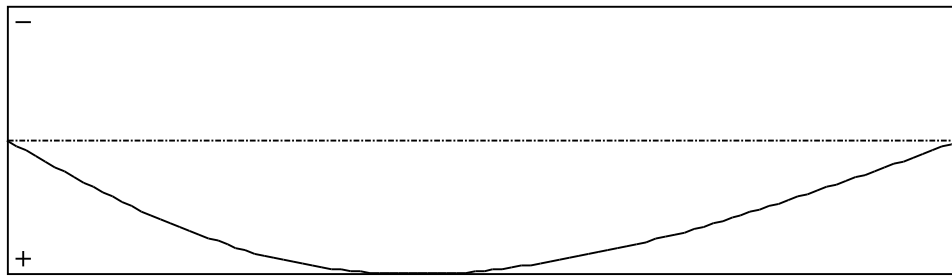


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

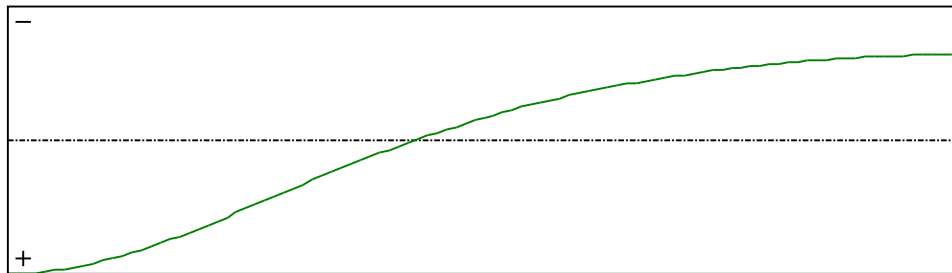


Figure 12 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

NOSNÍKY PO1, PO2

I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 5,71 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections : Top

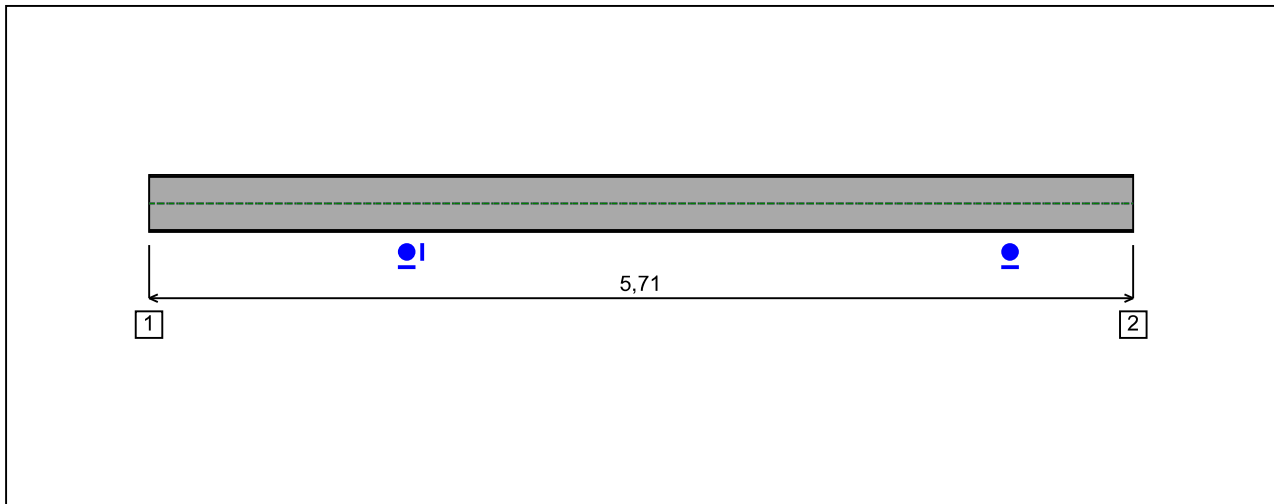


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 330

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Type : In catalogue (OTUA)

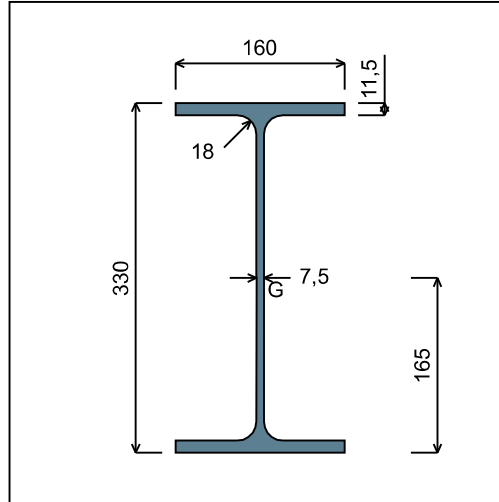


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 330).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$ cm
- $z_G = 16,5$ cm
- $I_y = 11767$ cm⁴
- $I_z = 788,14$ cm⁴
- $I_t = 27,58$ cm⁴ (Villette)
- $I_w = 199877$ cm⁶

Other geometrical properties :

- | | |
|---|-------------------------------------|
| $A = 62,61$ cm ² | |
| $A_{v,y} = 36,8$ cm ² | $A_{v,z} = 30,81$ cm ² |
| $W_{el,y,sup} = 713,15$ cm ³ | |
| $W_{el,y,inf} = 713,15$ cm ³ | $W_{el,z} = 98,52$ cm ³ |
| $W_{pl,y} = 804,33$ cm ³ | $W_{pl,z} = 153,68$ cm ³ |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

- Section No. 2 : IPE 330

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 5,71 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

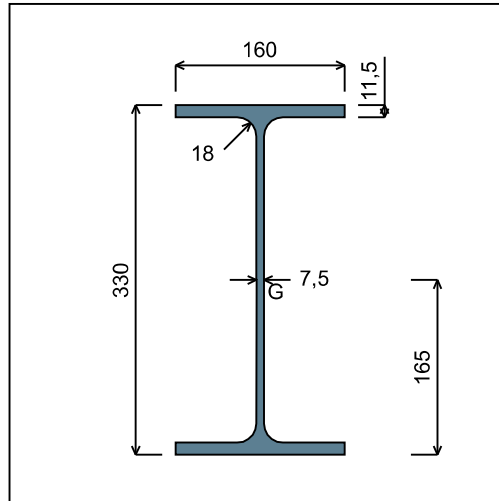


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 330).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0 \text{ cm}$
- $z_G = 16,5 \text{ cm}$
- $I_y = 11767 \text{ cm}^4$
- $I_z = 788,14 \text{ cm}^4$
- $I_t = 27,58 \text{ cm}^4$ (Villette)
- $I_w = 199877 \text{ cm}^6$

Other geometrical properties :

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| $A = 62,61 \text{ cm}^2$ | |
| $A_{v,y} = 36,8 \text{ cm}^2$ | $A_{v,z} = 30,81 \text{ cm}^2$ |
| $W_{el,y,sup} = 713,15 \text{ cm}^3$ | |
| $W_{el,y,inf} = 713,15 \text{ cm}^3$ | $W_{el,z} = 98,52 \text{ cm}^3$ |
| $W_{pl,y} = 804,33 \text{ cm}^3$ | $W_{pl,z} = 153,68 \text{ cm}^3$ |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

I.4 - Lateral restraints

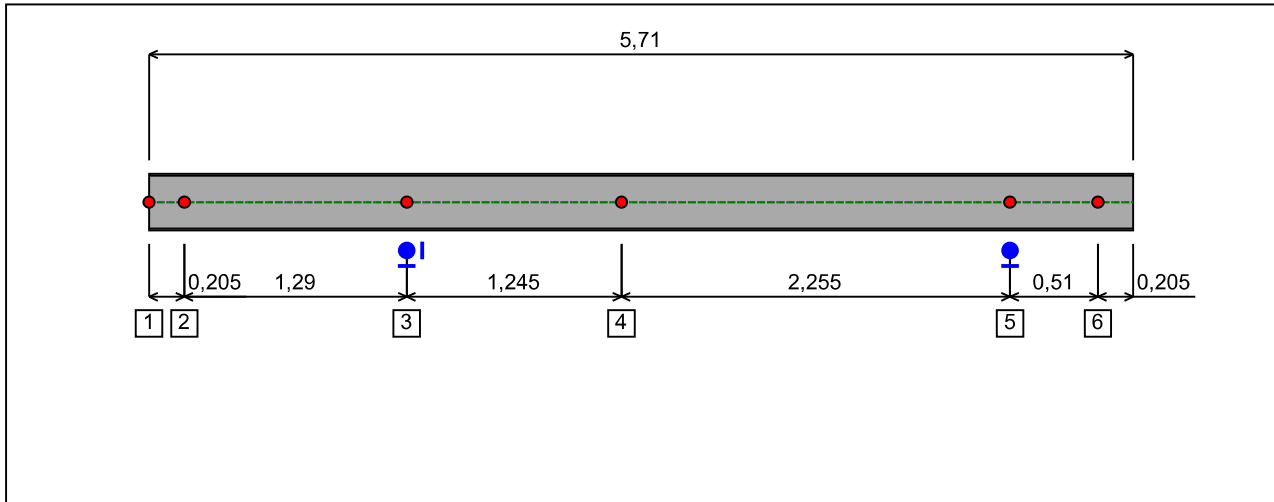


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0,205$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Free
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 1,495$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 4 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,74 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 5 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 4,995 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Free
 v' : Free
 θ' : Free

- Restraint No. 6 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 5,505 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

v : Fixed
 θ : Fixed
 v' : Free
 θ' : Free

I.5 - Supports

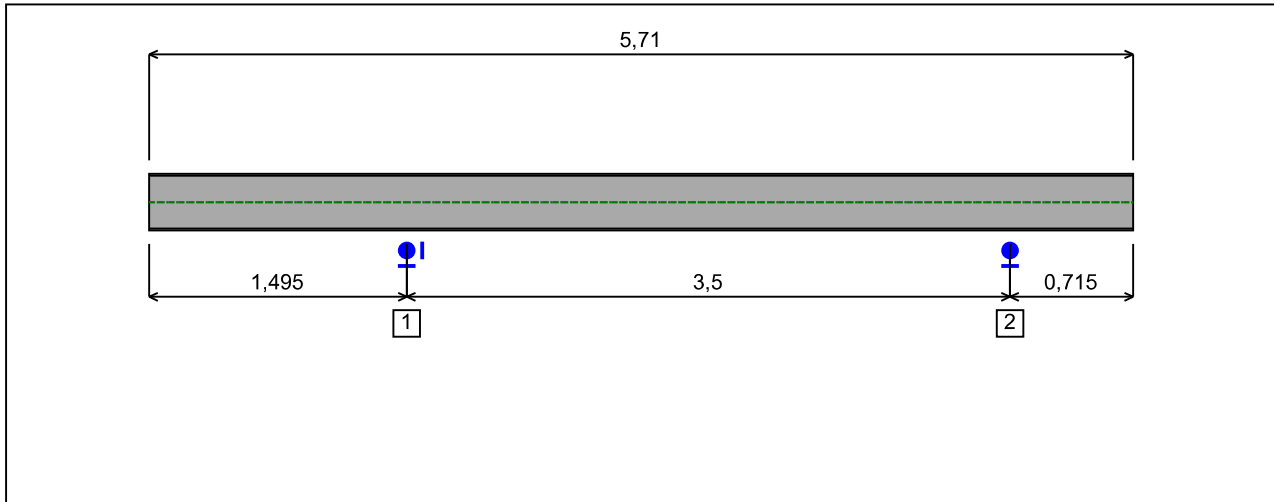


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 1,495 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Fixed
- w : Fixed
- w' : Free

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 4,995 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Free
- w : Fixed
- w' : Free

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

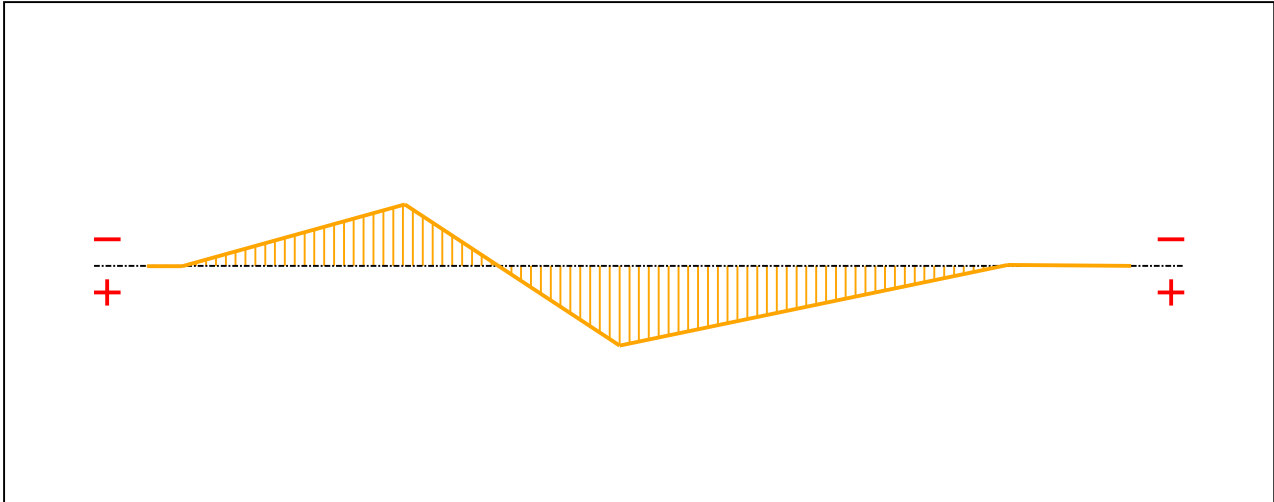


Figure 6 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	0,22
0,205	0,33
1,495	-135,43
2,74	175,42
4,995	-2,23
5,71	0

- Axial force diagram :

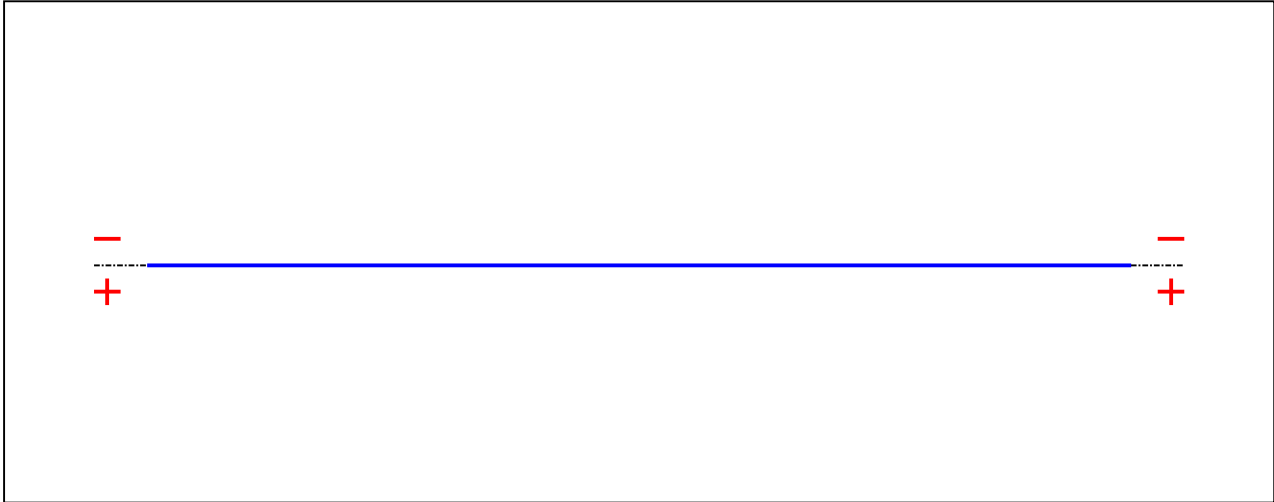


Figure 7 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
5,71	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : Yes

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	7,396	1296,9	2,741	0	2,741

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	7,396	1296,9	2,741	0	2,741

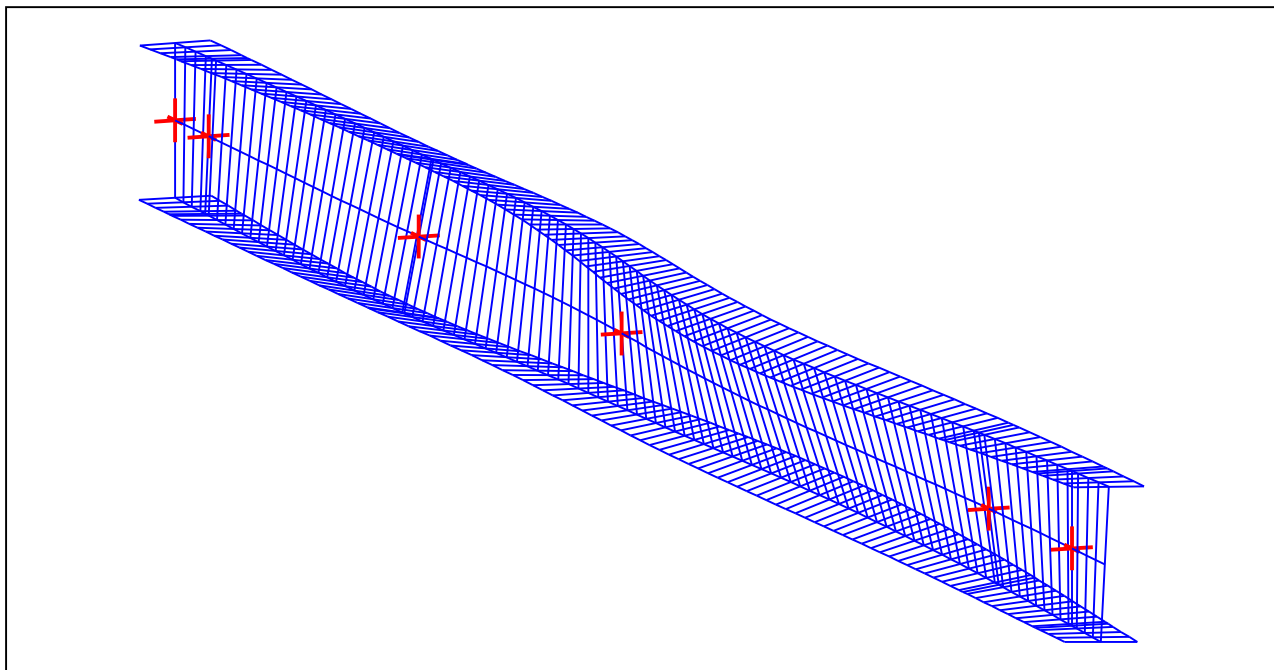


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

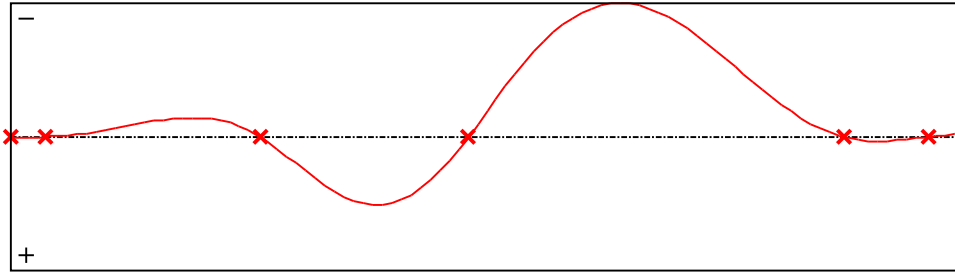


Figure 9 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

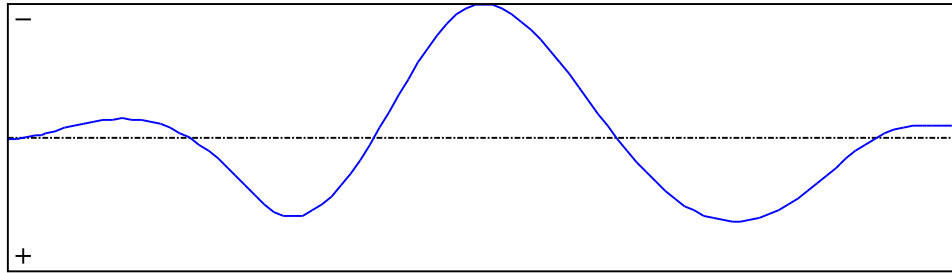


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

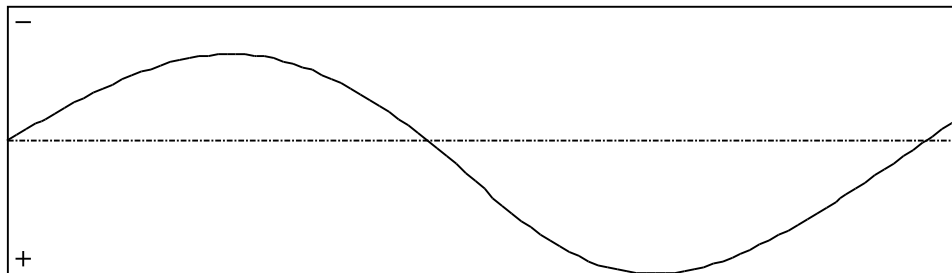


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

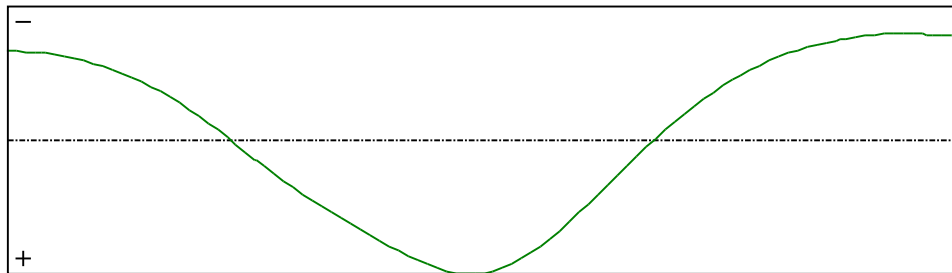


Figure 12 : Warping compoment of the shear centre (Mode 1).

NOSNÍKY PR2, PR3

I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 3,3 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections : Top

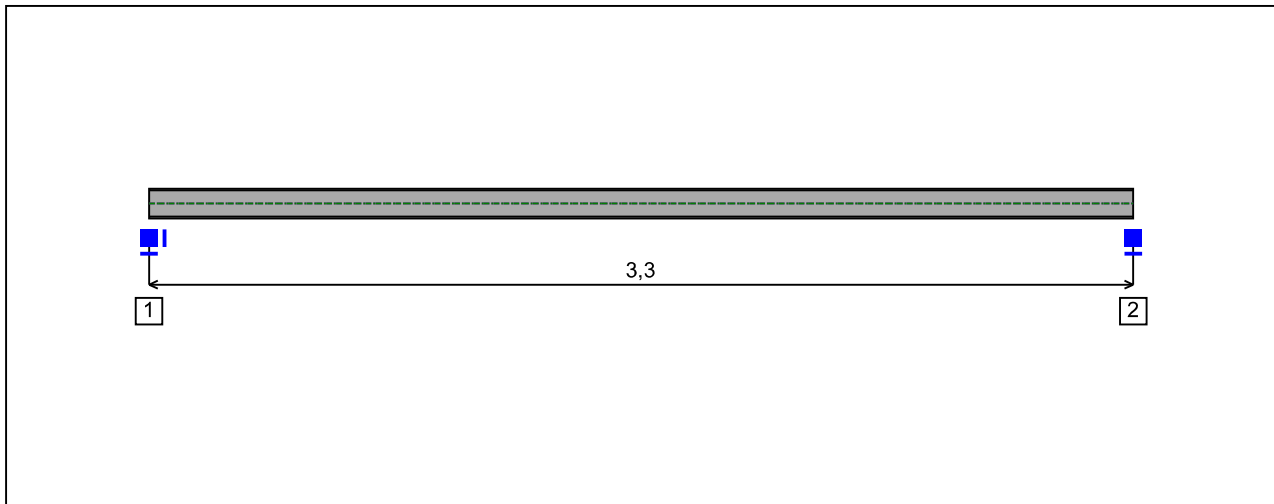


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 100

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$ m

Type :

In catalogue (OTUA)

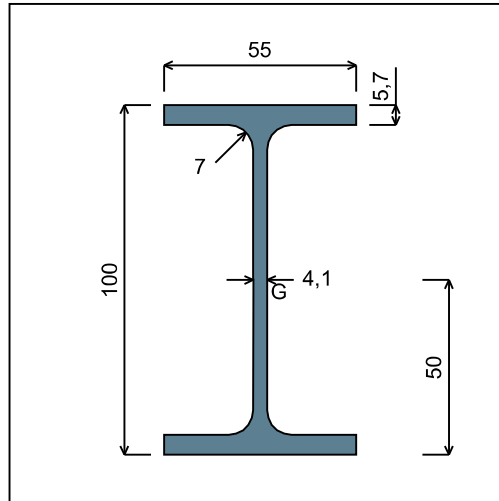


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 100).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$ cm
- $z_G = 5$ cm
- $I_y = 171,01$ cm⁴
- $I_z = 15,92$ cm⁴
- $I_t = 1,179$ cm⁴ (Villette)
- $I_w = 353,89$ cm⁶

Other geometrical properties :

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| $A = 10,32$ cm ² | |
| $A_{v,y} = 6,27$ cm ² | $A_{v,z} = 5,085$ cm ² |
| $W_{el,y,sup} = 34,2$ cm ³ | |
| $W_{el,y,inf} = 34,2$ cm ³ | $W_{el,z} = 5,789$ cm ³ |
| $W_{pl,y} = 39,41$ cm ³ | $W_{pl,z} = 9,146$ cm ³ |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

- Section No. 2 : IPE 100

Abscissa from the left end of the beam : $x = 3,3 \text{ m}$

Type : In catalogue (OTUA)

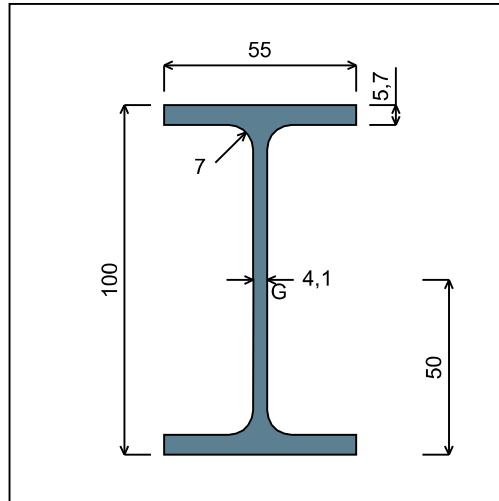


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 100).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0 \text{ cm}$
- $z_G = 5 \text{ cm}$
- $I_y = 171,01 \text{ cm}^4$
- $I_z = 15,92 \text{ cm}^4$
- $I_t = 1,179 \text{ cm}^4$ (Villette)
- $I_w = 353,89 \text{ cm}^6$

Other geometrical properties :

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| $A = 10,32 \text{ cm}^2$ | |
| $A_{v,y} = 6,27 \text{ cm}^2$ | $A_{v,z} = 5,085 \text{ cm}^2$ |
| $W_{el,y,sup} = 34,2 \text{ cm}^3$ | |
| $W_{el,y,inf} = 34,2 \text{ cm}^3$ | $W_{el,z} = 5,789 \text{ cm}^3$ |
| $W_{pl,y} = 39,41 \text{ cm}^3$ | $W_{pl,z} = 9,146 \text{ cm}^3$ |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

I.4 - Lateral restraints

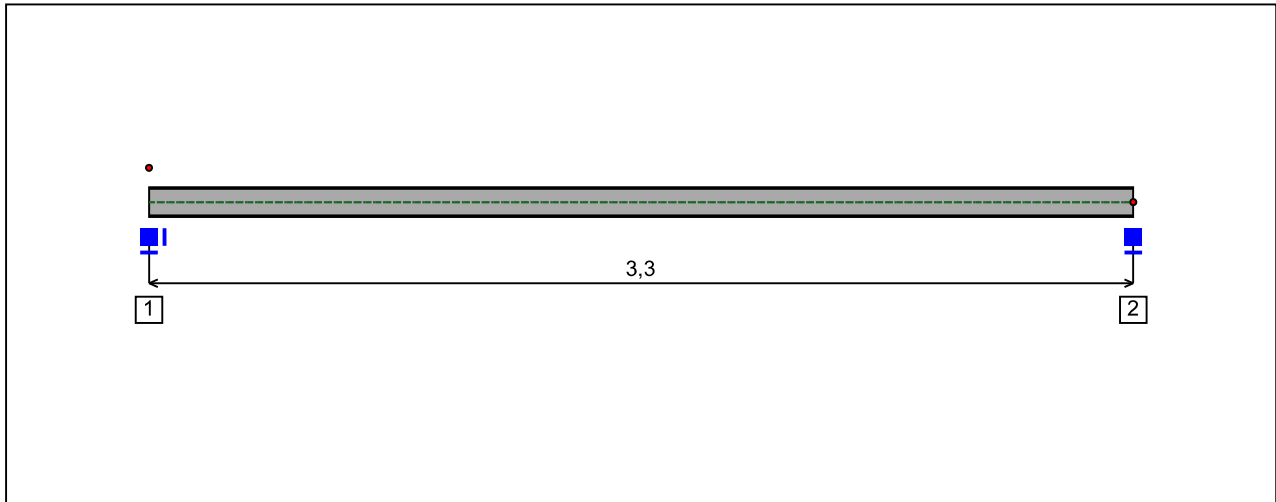


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 11,5 \text{ cm}$

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Fixed
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 3,3 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre : $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Fixed
- θ' : Free

I.5 - Supports

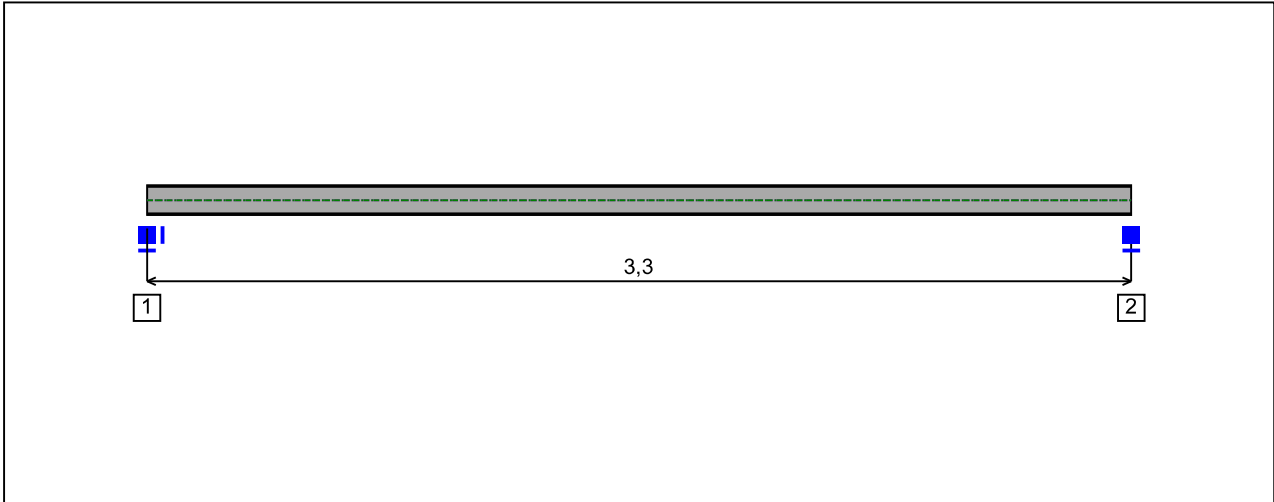


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Fixed
- w : Fixed
- w' : Fixed

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 3,3 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Free
- w : Fixed
- w' : Fixed

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

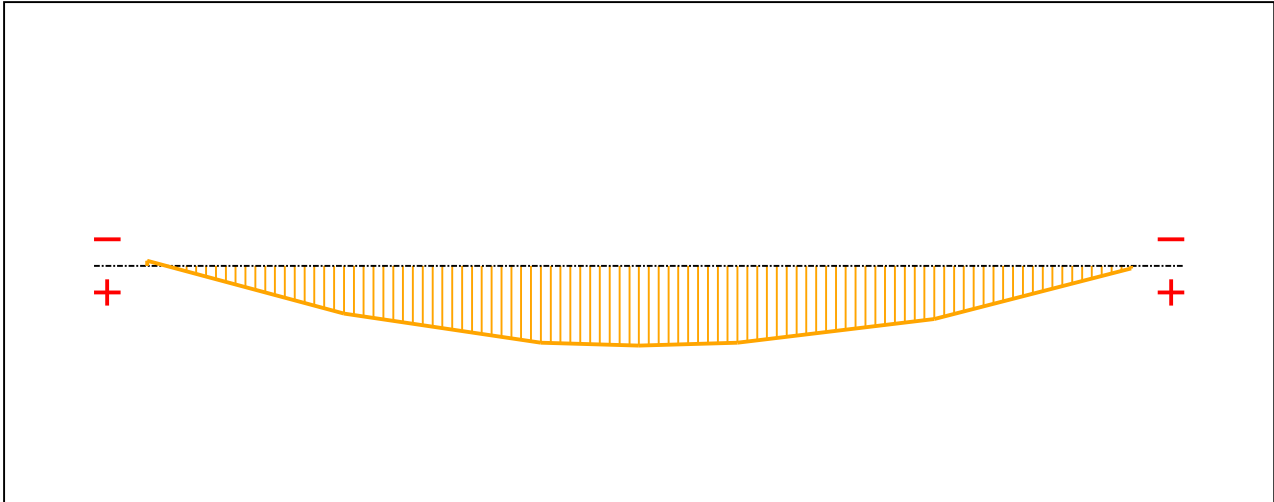


Figure 6 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-0,02
0,66	0,18
1,32	0,29
1,65	0,3
1,98	0,29
2,64	0,2
3,3	0,01

- Axial force diagram :

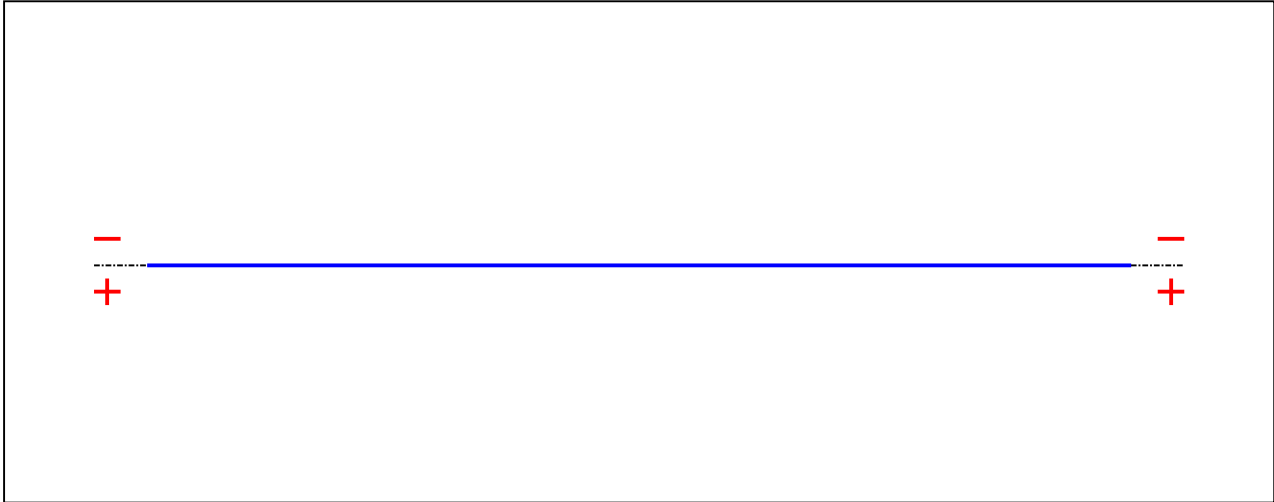


Figure 7 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
3,3	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : Yes

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	36,65	10,99	1,65	0	1,65

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	36,65	10,99	1,65	0	1,65

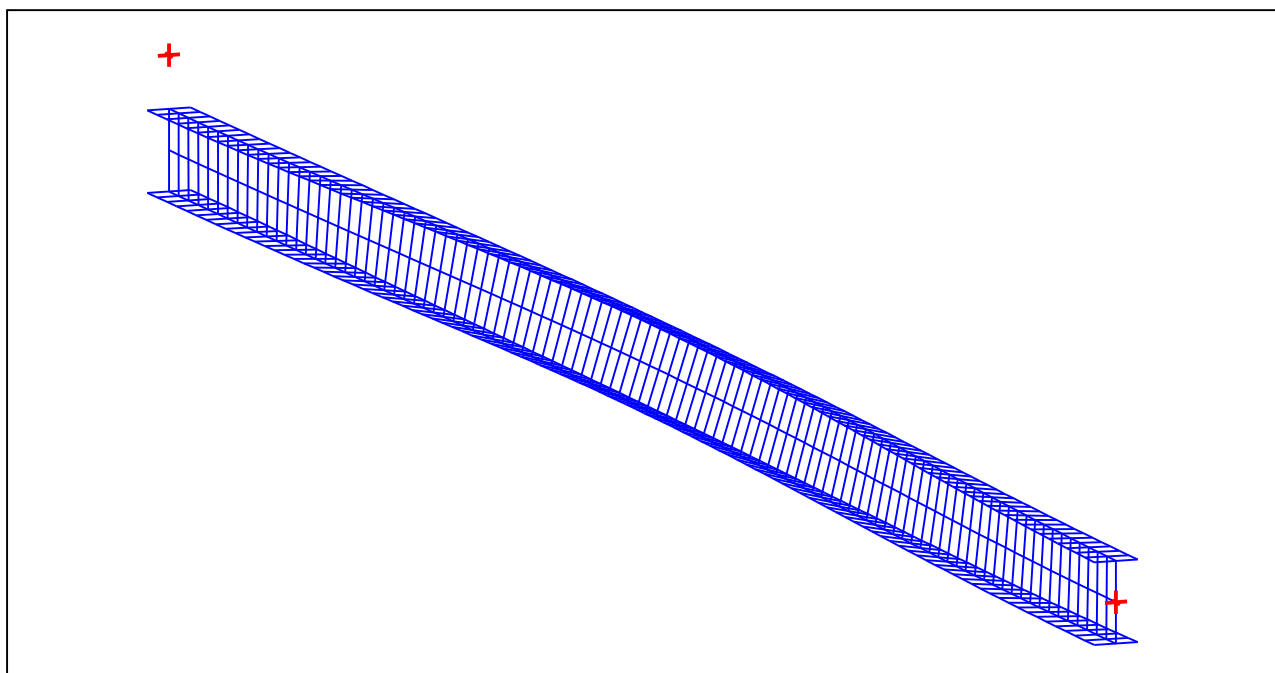


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

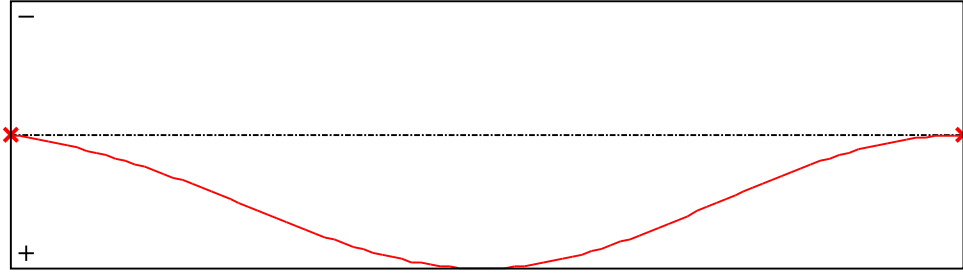


Figure 9 : Lateral displacement compopent of the shear centre (Mode 1).

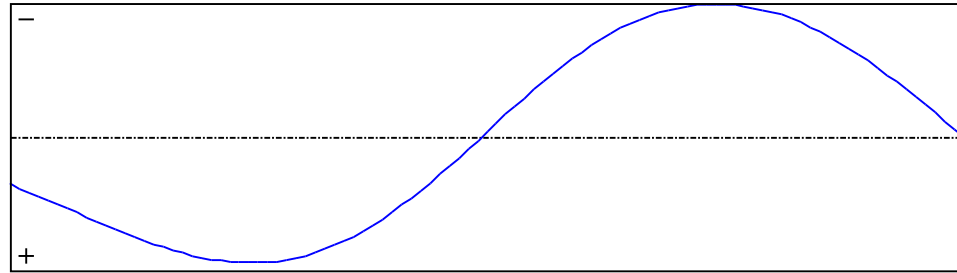


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

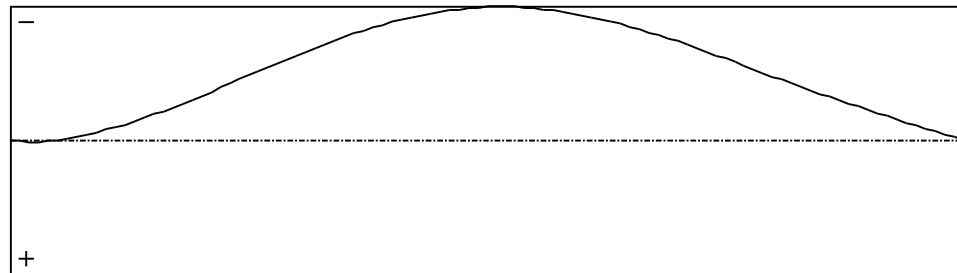


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

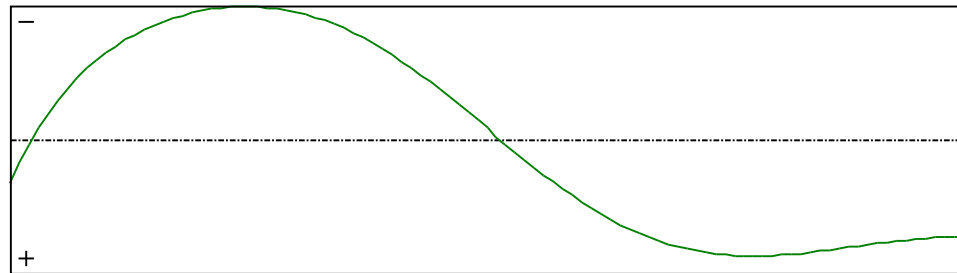


Figure 12 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

NOSNÍK LV3

I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 3,1 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections : Top

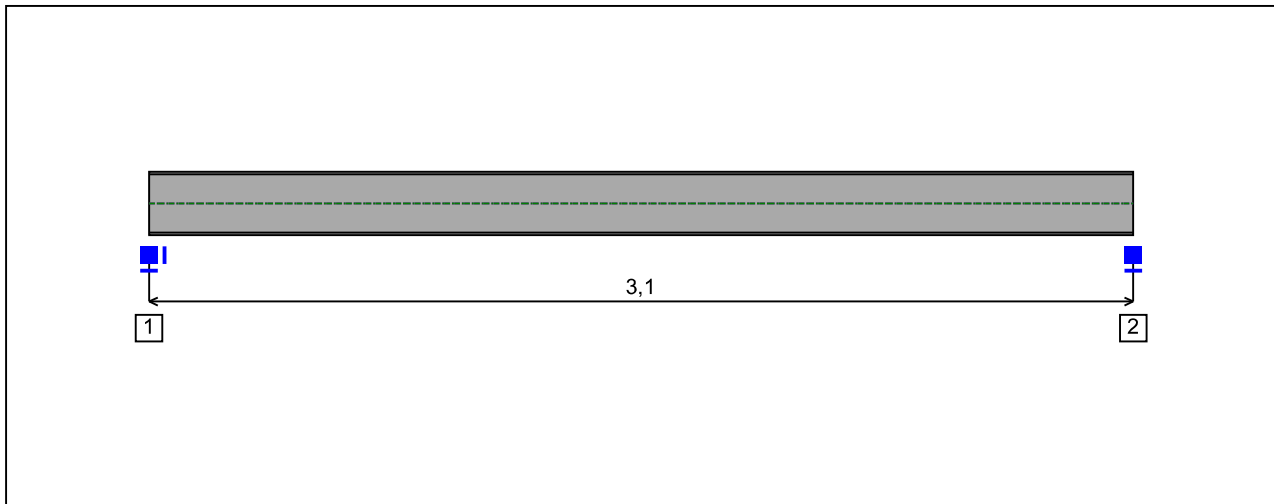


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 200

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$ m

Type :

In catalogue (OTUA)

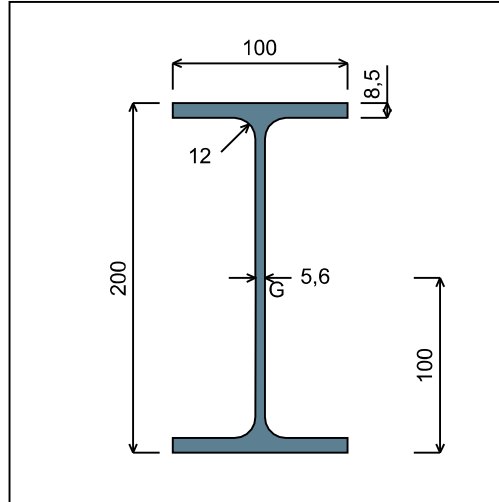


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 200).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$ cm
- $z_G = 10$ cm
- $I_y = 1943,2$ cm⁴
- $I_z = 142,37$ cm⁴
- $I_t = 6,884$ cm⁴ (Villette)
- $I_w = 13052$ cm⁶

Other geometrical properties :

- | | |
|---|------------------------------------|
| $A = 28,48$ cm ² | |
| $A_{v,y} = 17$ cm ² | $A_{v,z} = 14$ cm ² |
| $W_{el,y,sup} = 194,32$ cm ³ | |
| $W_{el,y,inf} = 194,32$ cm ³ | $W_{el,z} = 28,47$ cm ³ |
| $W_{pl,y} = 220,64$ cm ³ | $W_{pl,z} = 44,61$ cm ³ |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

- Section No. 2 : IPE 200

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 3,1 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

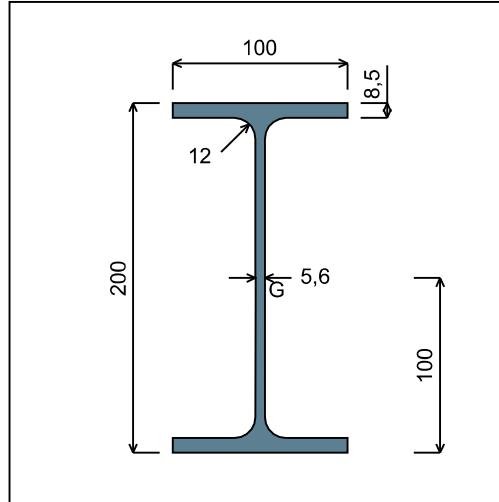


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 200).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0 \text{ cm}$
- $z_G = 10 \text{ cm}$
- $I_y = 1943,2 \text{ cm}^4$
- $I_z = 142,37 \text{ cm}^4$
- $I_t = 6,884 \text{ cm}^4$ (Villette)
- $I_w = 13052 \text{ cm}^6$

Other geometrical properties :

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| $A = 28,48 \text{ cm}^2$ | |
| $A_{v,y} = 17 \text{ cm}^2$ | $A_{v,z} = 14 \text{ cm}^2$ |
| $W_{el,y,sup} = 194,32 \text{ cm}^3$ | |
| $W_{el,y,inf} = 194,32 \text{ cm}^3$ | $W_{el,z} = 28,47 \text{ cm}^3$ |
| $W_{pl,y} = 220,64 \text{ cm}^3$ | $W_{pl,z} = 44,61 \text{ cm}^3$ |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

I.4 - Lateral restraints

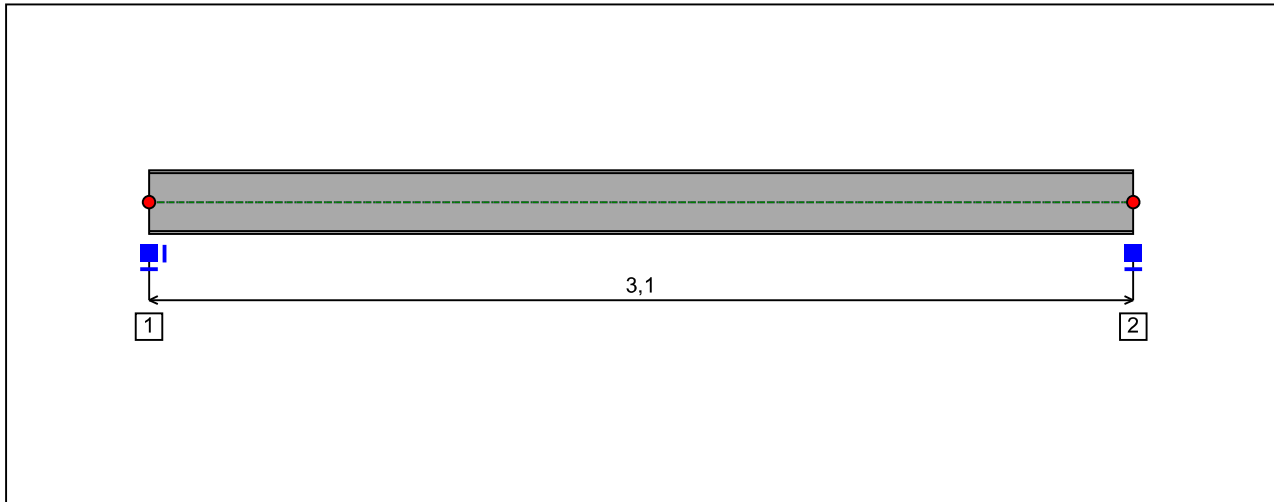


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Fixed
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 3,1$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Fixed
- θ' : Free

1.5 - Supports

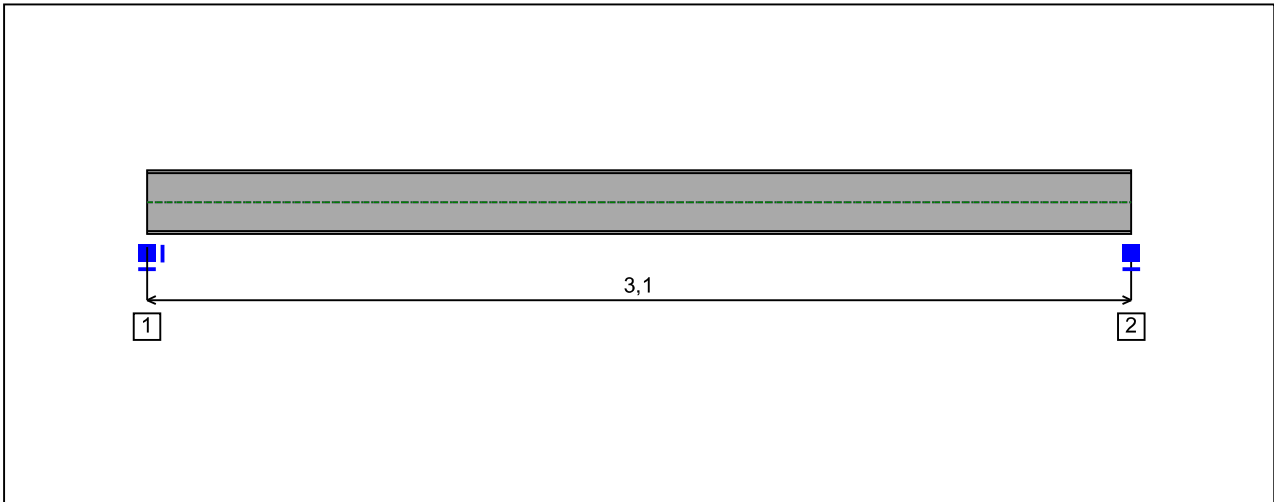


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Fixed
- w : Fixed
- w' : Fixed

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 3,1 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Free
- w : Fixed
- w' : Fixed

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- *Moment diagram :*

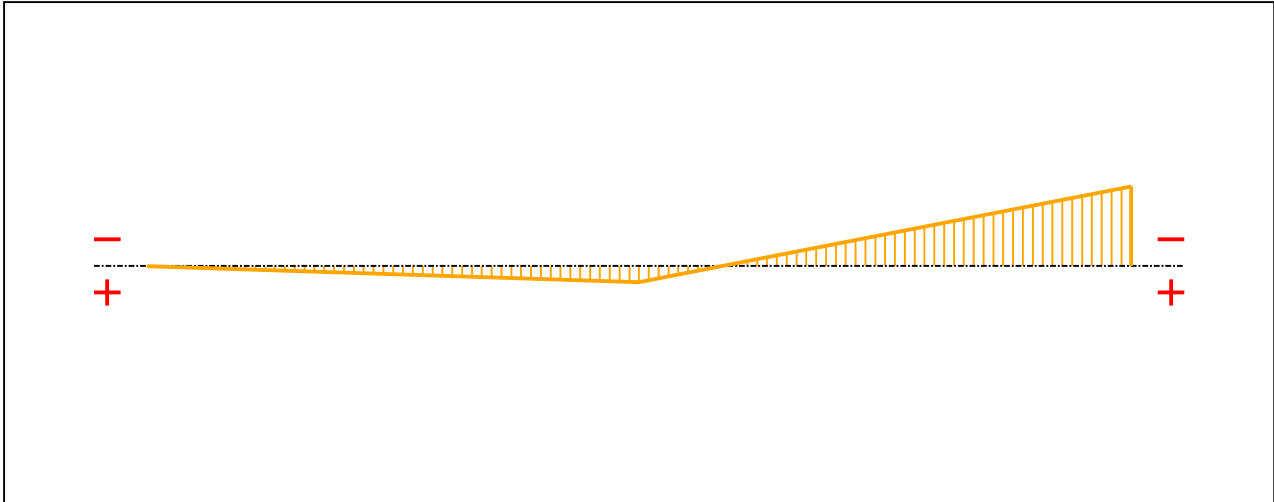


Figure 6 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	0,02
1,55	2,03
3,1	-9,96

- *Axial force diagram :*

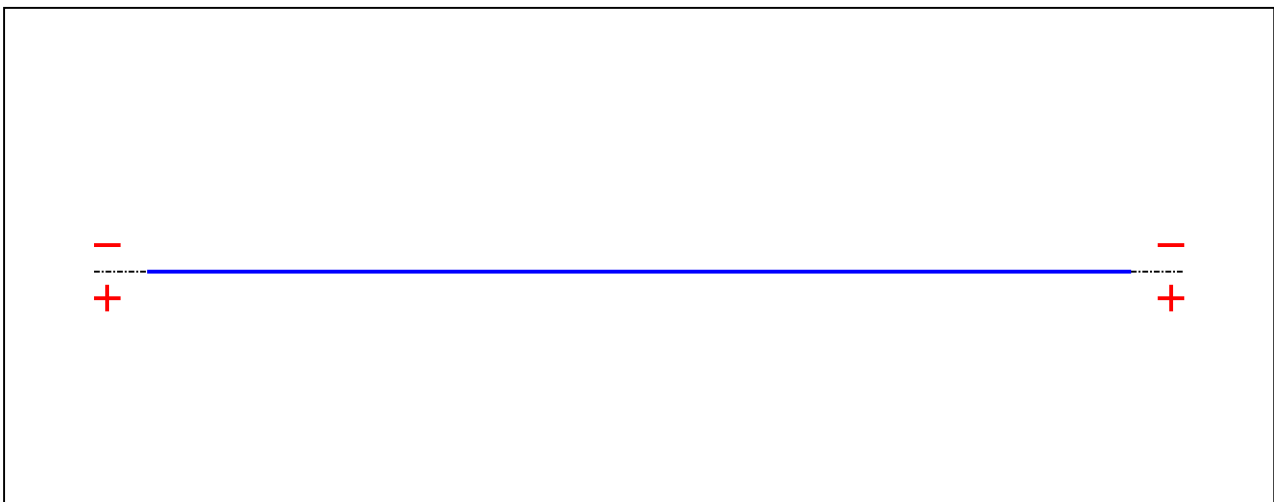


Figure 7 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
3,1	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : Yes

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	28,42	-283,08	3,1	0	3,1

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	28,42	-283,08	3,1	0	3,1

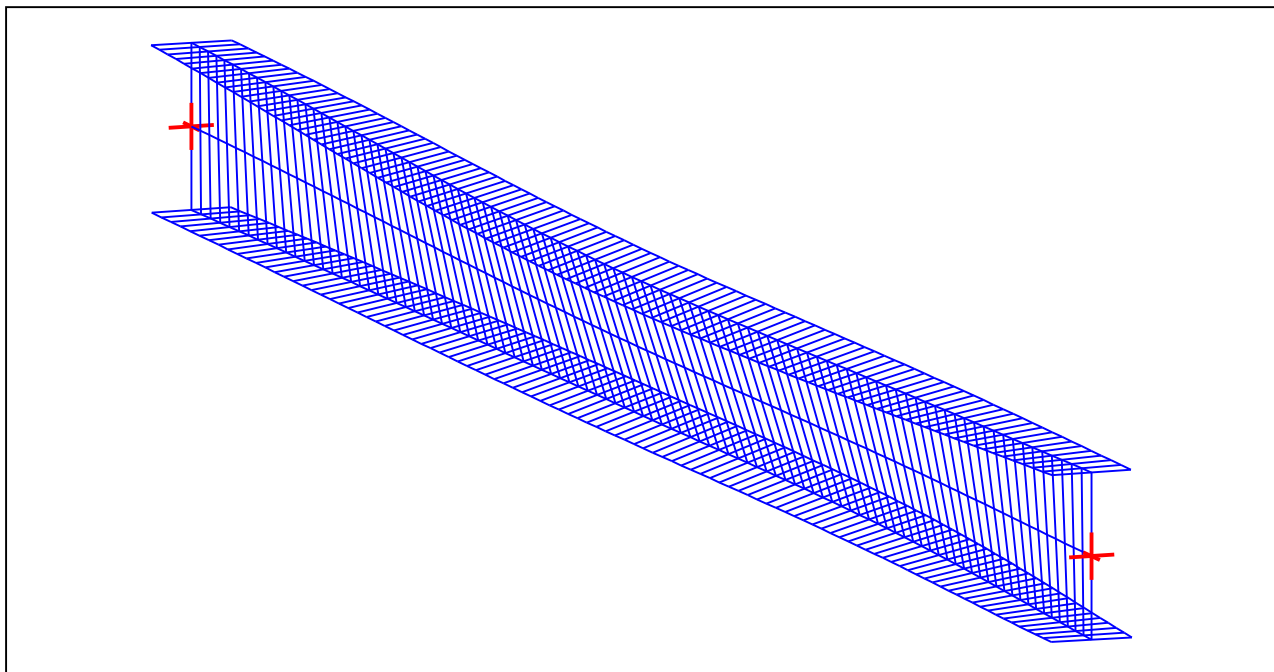


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

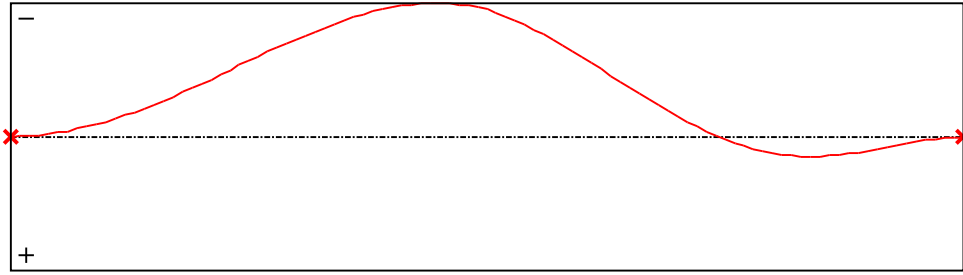


Figure 9 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

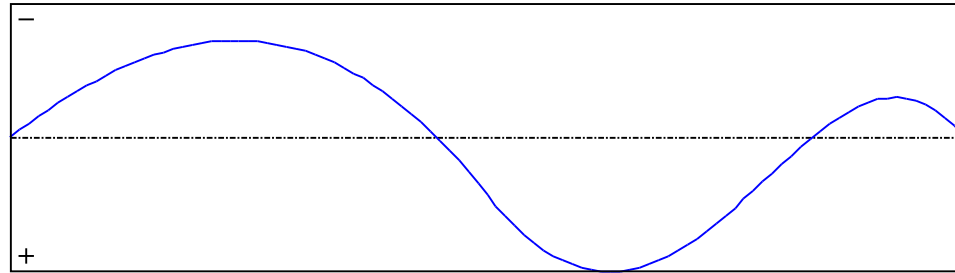


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

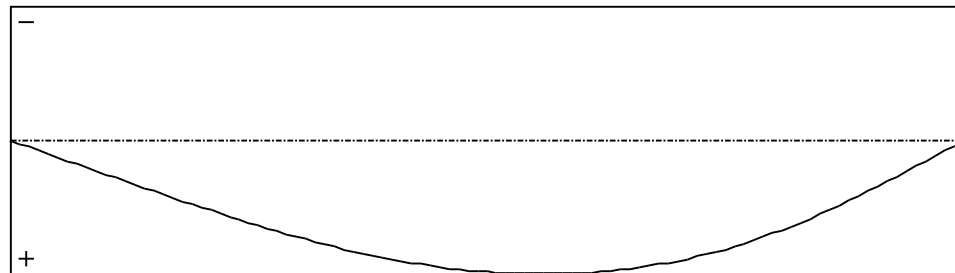


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

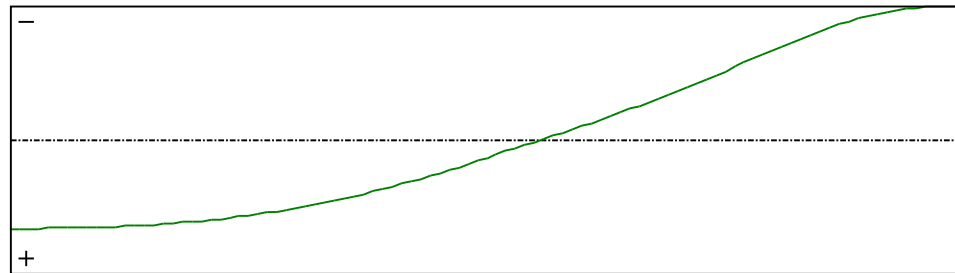


Figure 12 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

NOSNÍK LV5

I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 7,093 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

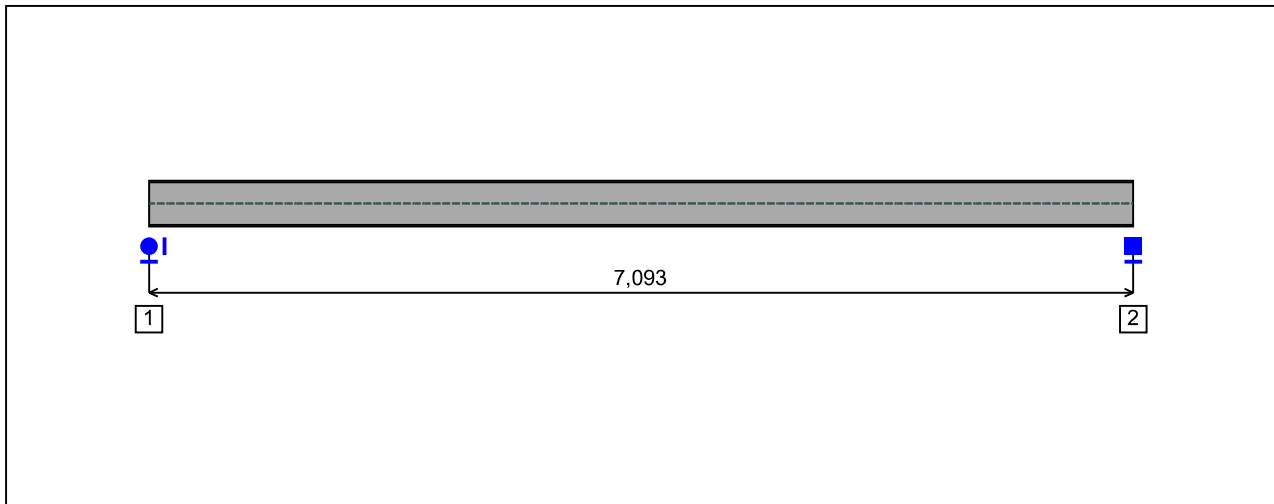


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 330

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$ m

Type :

In catalogue (OTUA)

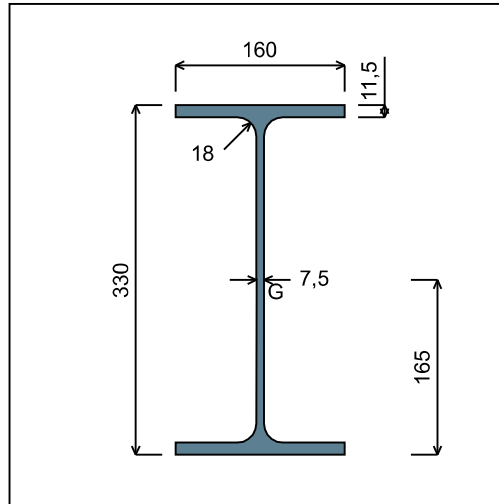


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 330).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$ cm
- $z_G = 16,5$ cm
- $I_y = 11767$ cm⁴
- $I_z = 788,14$ cm⁴
- $I_t = 27,58$ cm⁴ (Villette)
- $I_w = 199877$ cm⁶

Other geometrical properties :

- | | |
|---|-------------------------------------|
| $A = 62,61$ cm ² | |
| $A_{v,y} = 36,8$ cm ² | $A_{v,z} = 30,81$ cm ² |
| $W_{el,y,sup} = 713,15$ cm ³ | |
| $W_{el,y,inf} = 713,15$ cm ³ | $W_{el,z} = 98,52$ cm ³ |
| $W_{pl,y} = 804,33$ cm ³ | $W_{pl,z} = 153,68$ cm ³ |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

- Section No. 2 : IPE 330

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 7,093 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

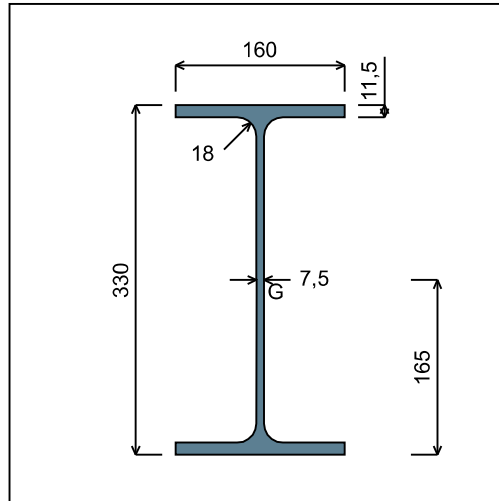


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 330).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0 \text{ cm}$
- $z_G = 16,5 \text{ cm}$
- $I_y = 11767 \text{ cm}^4$
- $I_z = 788,14 \text{ cm}^4$
- $I_t = 27,58 \text{ cm}^4$ (Villette)
- $I_w = 199877 \text{ cm}^6$

Other geometrical properties :

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| $A = 62,61 \text{ cm}^2$ | |
| $A_{v,y} = 36,8 \text{ cm}^2$ | $A_{v,z} = 30,81 \text{ cm}^2$ |
| $W_{el,y,sup} = 713,15 \text{ cm}^3$ | |
| $W_{el,y,inf} = 713,15 \text{ cm}^3$ | $W_{el,z} = 98,52 \text{ cm}^3$ |
| $W_{pl,y} = 804,33 \text{ cm}^3$ | $W_{pl,z} = 153,68 \text{ cm}^3$ |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

I.4 - Lateral restraints

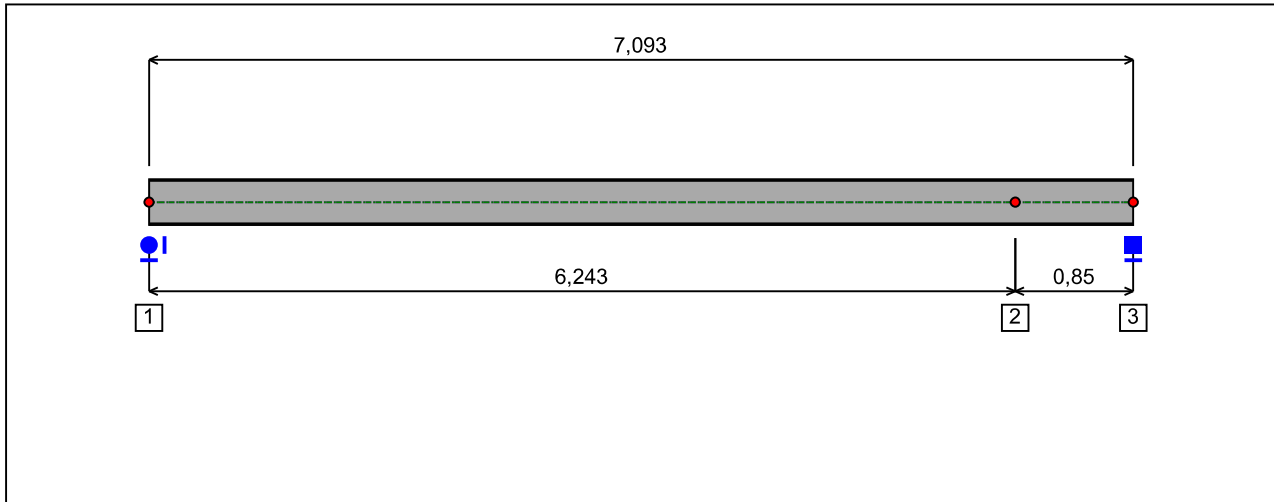


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 6,243$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Free
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 7,093$ m

Vertical position from the shear centre :

 $z = 0$ cm

Restraint conditions :

 v : Fixed θ : Fixed v' : Fixed θ' : Free

1.5 - Supports

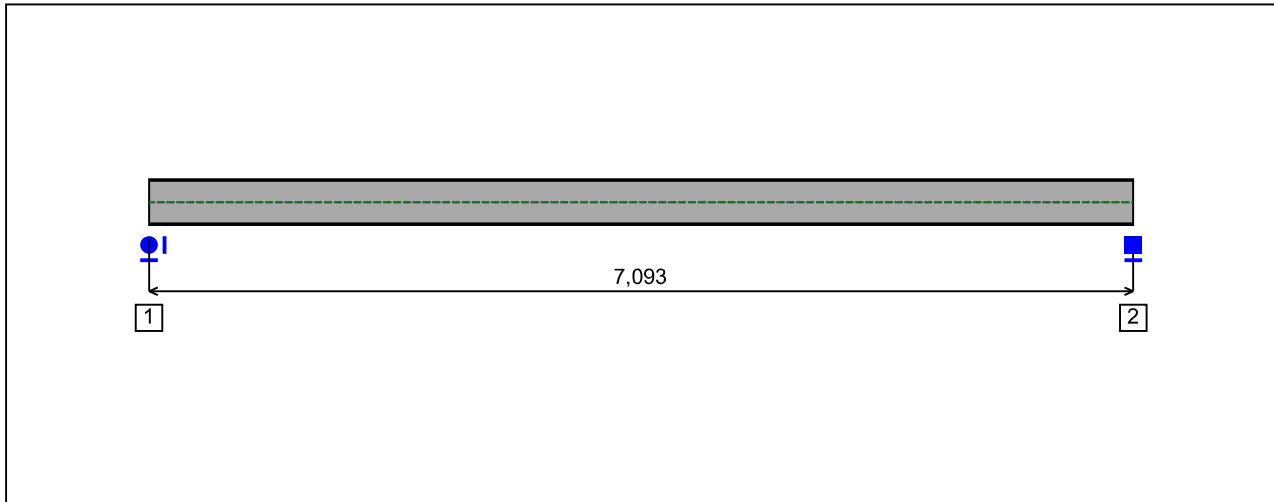


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Fixed
- w : Fixed
- w' : Free

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 7,093 \text{ m}$

Support conditions :

- u : Free
- w : Fixed
- w' : Fixed

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

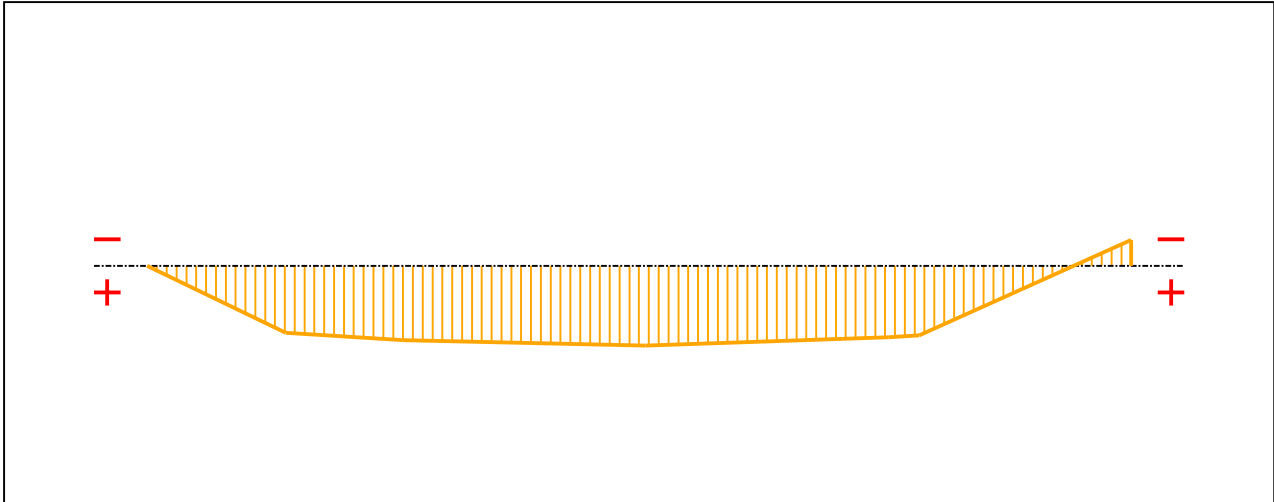


Figure 6 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	0
1	16,43
1,843	18,18
3,593	19,52
5,343	17,52
5,565	17,04
7,093	-6,41

- Axial force diagram :

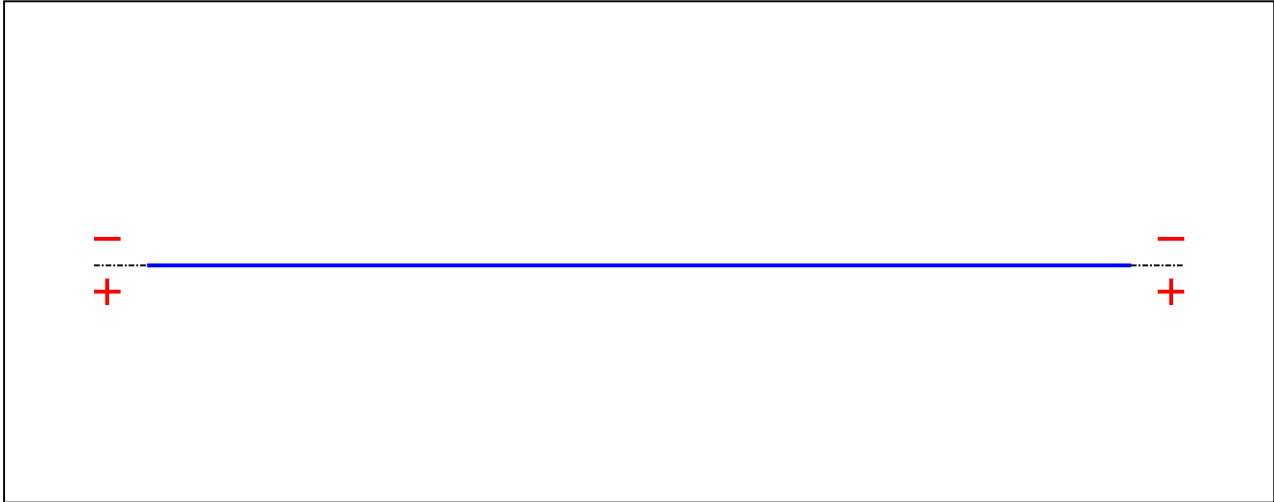


Figure 7 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
7,093	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : Yes

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	8,991	175,24	3,617	0	3,617

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	8,991	175,24	3,617	0	3,617

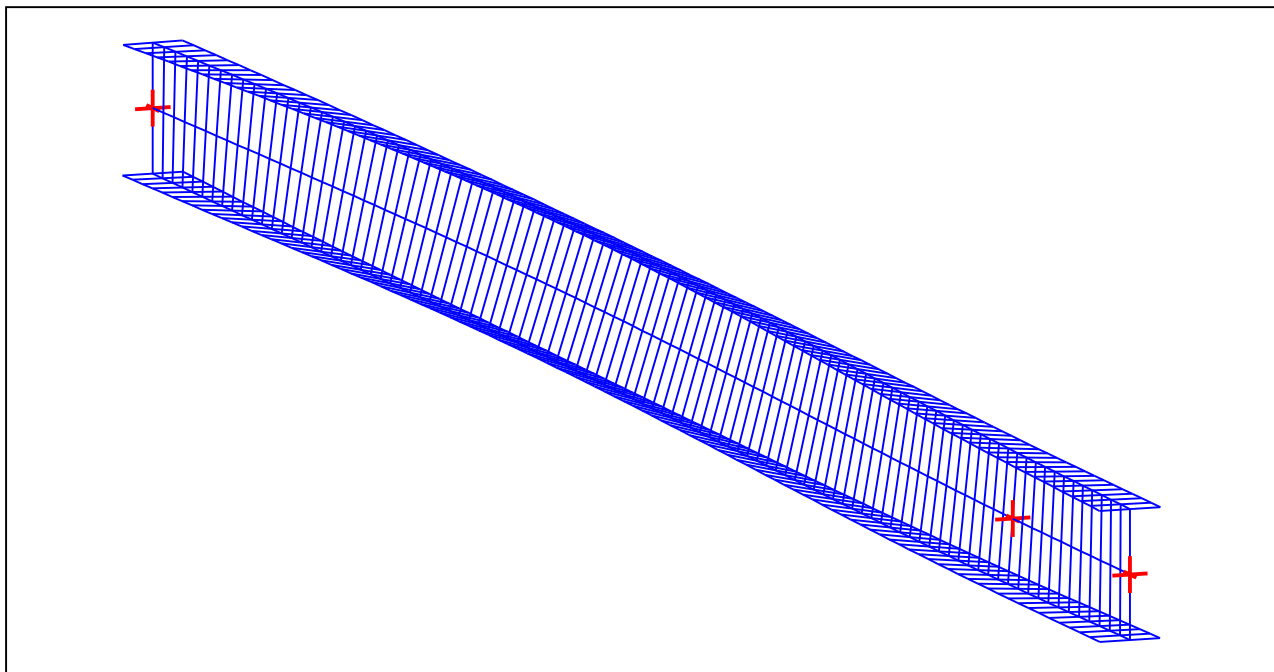


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

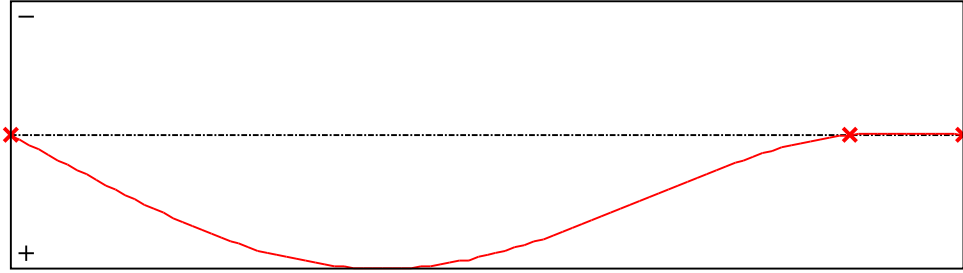


Figure 9 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

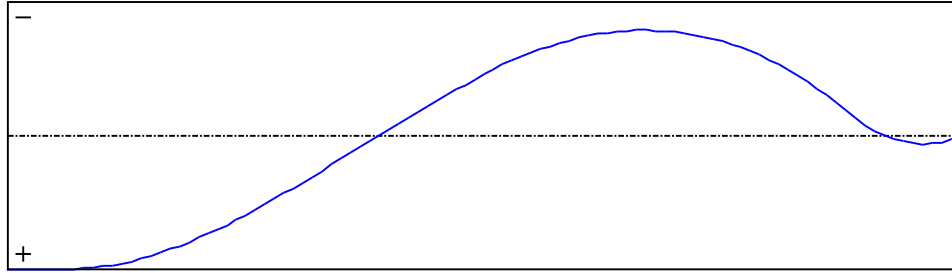


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

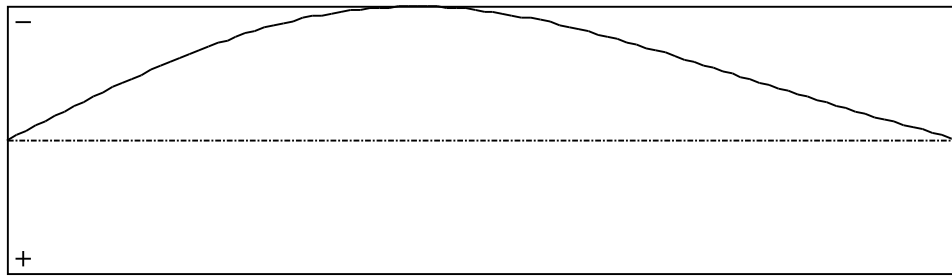


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

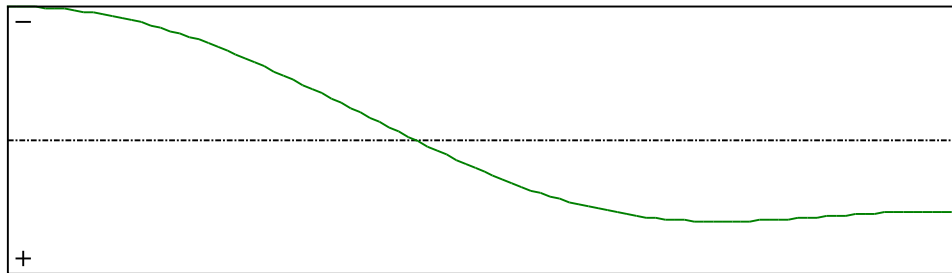


Figure 12 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

SLOUPEK LS4

I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	$L = 2,2 \text{ m}$
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100 \text{ elements}$

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	$E = 210000 \text{ MPa}$
Shear modulus :	$G = 80769 \text{ MPa}$
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

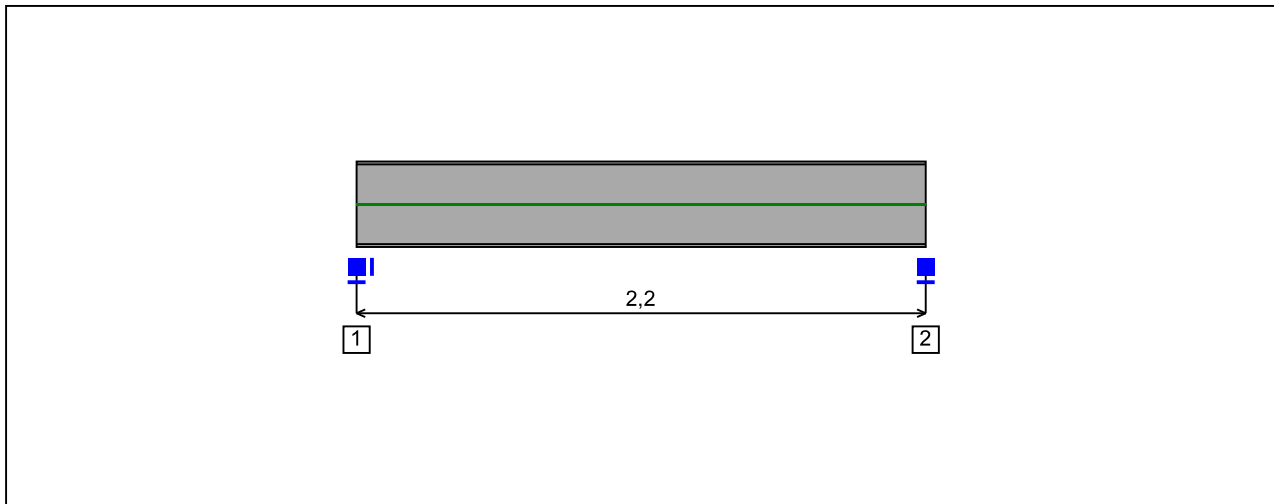


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 330

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Type : In catalogue (OTUA)

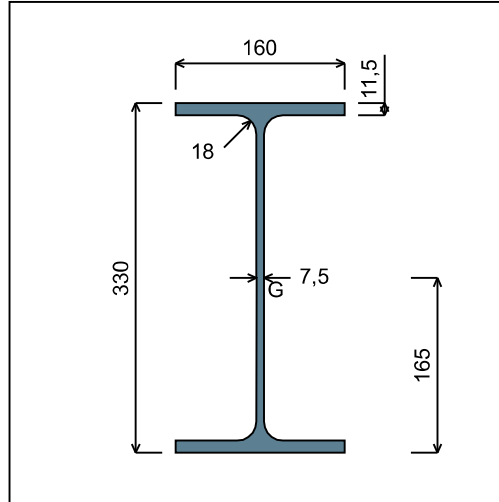


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 330).

Main geometrical properties :

z_S	= 0 cm
z_G	= 16,5 cm
I_y	= 11767 cm ⁴
I_z	= 788,14 cm ⁴
I_t	= 27,58 cm ⁴ (Villette)
I_w	= 199877 cm ⁶

Other geometrical properties :

A	= 62,61 cm ²	$A_{v,z}$	= 30,81 cm ²
$A_{v,y}$	= 36,8 cm ²	$W_{el,z}$	= 98,52 cm ³
$W_{el,y,sup}$	= 713,15 cm ³	$W_{pl,z}$	= 153,68 cm ³
$W_{el,y,inf}$	= 713,15 cm ³		
$W_{pl,y}$	= 804,33 cm ³		

Stiffness relaxations :

θ	: Continuous
v'	: Continuous
θ'	: Continuous
w'	: Continuous

- Section No. 2 : IPE 330

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 2,2 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

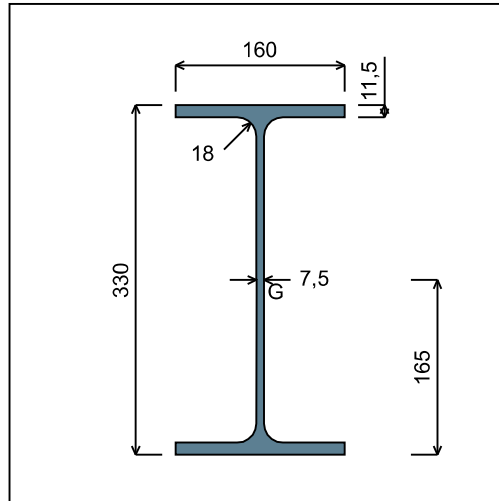


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 330).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0 \text{ cm}$
- $z_G = 16,5 \text{ cm}$
- $I_y = 11767 \text{ cm}^4$
- $I_z = 788,14 \text{ cm}^4$
- $I_t = 27,58 \text{ cm}^4$ (Villette)
- $I_w = 199877 \text{ cm}^6$

Other geometrical properties :

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| $A = 62,61 \text{ cm}^2$ | |
| $A_{v,y} = 36,8 \text{ cm}^2$ | $A_{v,z} = 30,81 \text{ cm}^2$ |
| $W_{el,y,sup} = 713,15 \text{ cm}^3$ | |
| $W_{el,y,inf} = 713,15 \text{ cm}^3$ | $W_{el,z} = 98,52 \text{ cm}^3$ |
| $W_{pl,y} = 804,33 \text{ cm}^3$ | $W_{pl,z} = 153,68 \text{ cm}^3$ |

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

I.4 - Lateral restraints

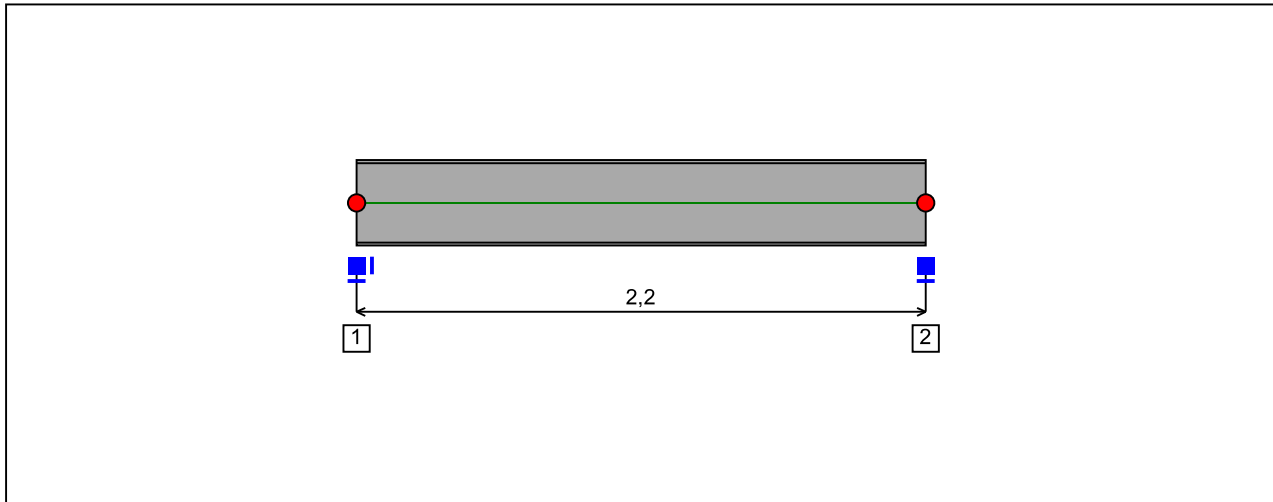


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Fixed

v' : Fixed

θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,2$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

v : Fixed

θ : Fixed

v' : Fixed

θ' : Free

1.5 - Supports

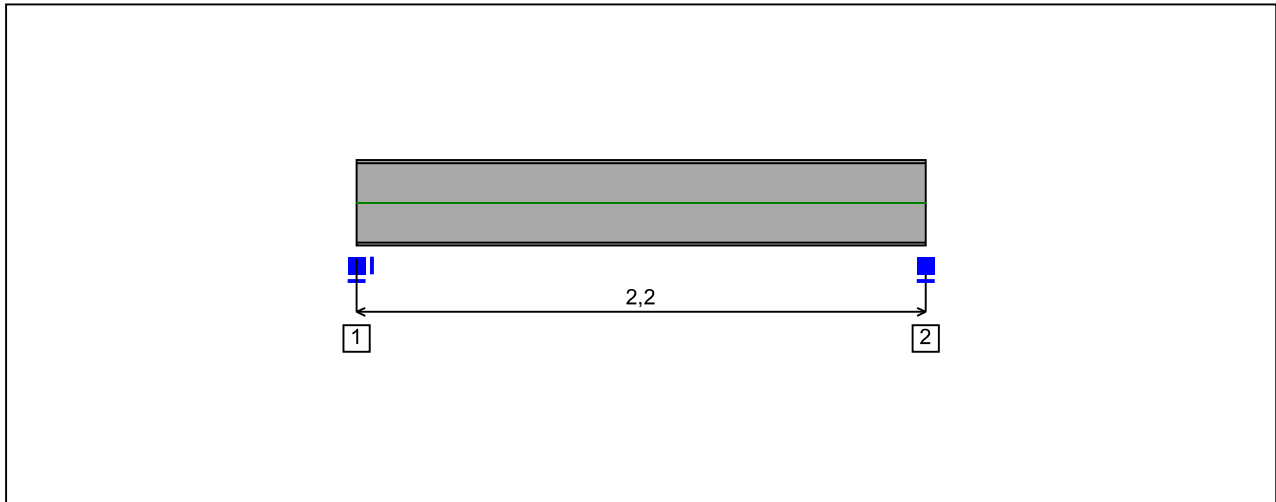


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Support conditions :

u : Fixed

w : Fixed

w' : Fixed

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 2,2$ m

Support conditions :

u : Free

w : Fixed

w' : Fixed

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

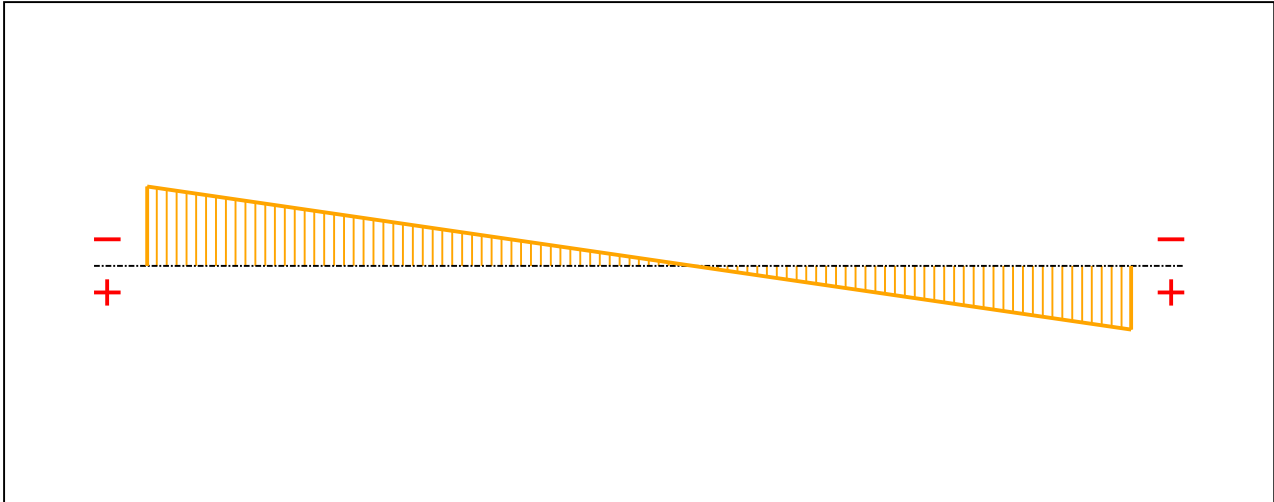


Figure 6 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-14,02
2,2	11,22

- Axial force diagram :

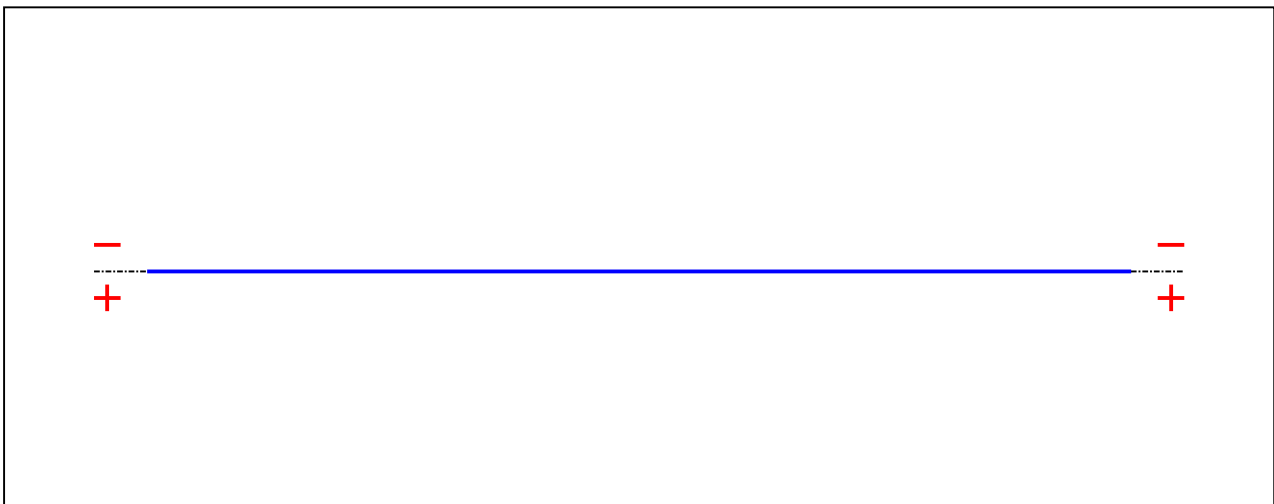


Figure 7 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
2,2	0

- Eccentric concentrated loads :

No load has been defined.

- Eccentric distributed loads :

No load has been defined.

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : Yes

II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	222,21	-3115,4	0	0	0

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	222,21	-3115,4	0	0	0

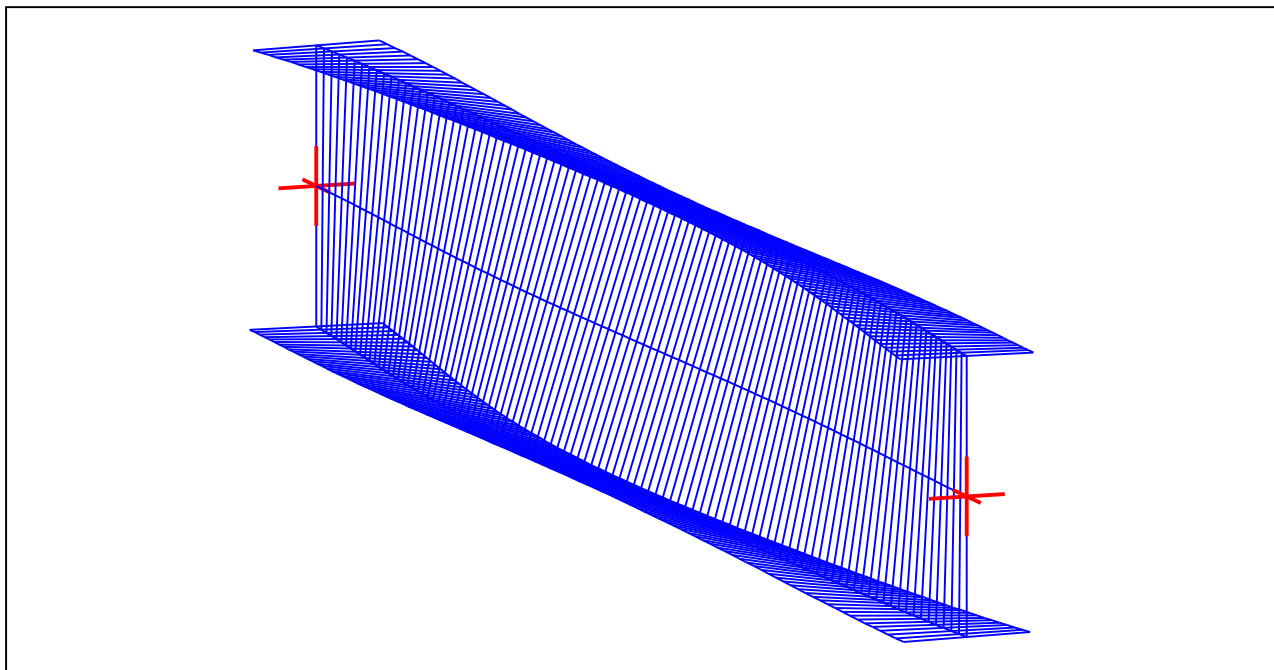


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

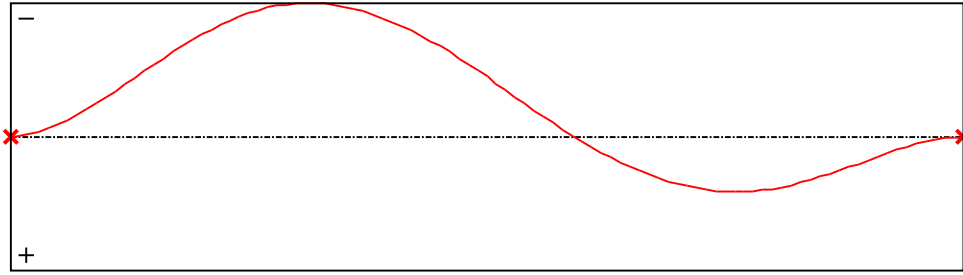


Figure 9 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

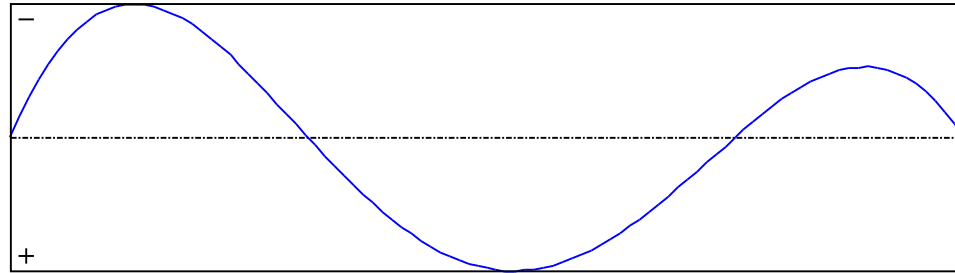


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

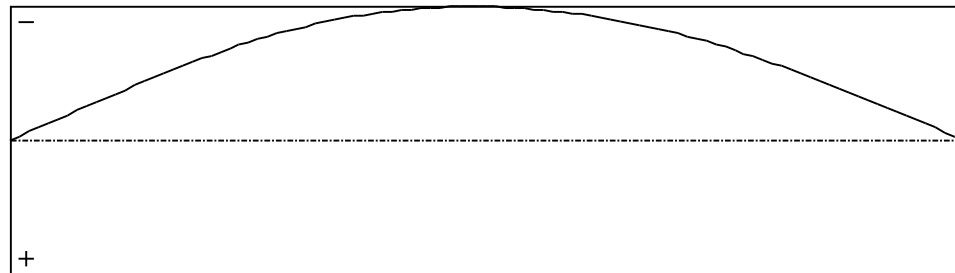


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

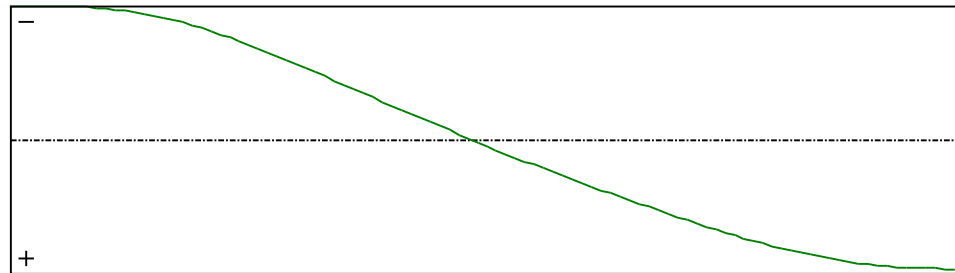


Figure 12 : Warping component of the shear centre (Mode 1).