



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

B2 - STATICKÝ VÝPOČET VARIANTA B

STRUCTURAL DESIGN REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Poláček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Pilgr Ph.D.

BRNO 2019

OBSAH

1.	GEOMETRIE	4
1.1.	ROZMĚRY	4
1.2.	PŮDORYS 1. - 5. PODLAŽÍ	4
1.3.	PŮDORYS 6. - 10. PODLAŽÍ	5
1.4.	POHLED	5
1.5.	MODEL	6
2.	ZATÍŽENÍ	7
2.1.	ZATÍŽENÍ STÁLÉ	7
2.1.1.	VLASTNÍ TÍHA - ZS1	7
2.1.2.	OSTATNÍ STÁLÉ - ZS2	7
2.2.	ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ	8
2.2.1.	UŽITNÉ ZATÍŽENÍ - BĚŽNÉ PODLAŽÍ - ZS3	8
2.2.3.	UŽITNÉ ZATÍŽENÍ - STŘECHA- ZS4	8
2.2.4.	ZATÍŽENÍ SNĚHEM - ZS5	8
2.2.5.	ZATÍŽENÍ VĚTREM ZS6 - ZS9	9
2.2.5.1.	ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STĚNY	10
2.2.5.2.	ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU	11
3.	ZATĚŽOVACÍ STAVY A KOMBINACE	12
3.1.	ZATĚŽOVACÍ STAVY	12
3.2.	KOMBINACE	12
4.	ANALÝZA A VÝPOČET KONSTRUKCE	13
4.1.	POČÍTAČOVÝ VÝPOČET	13
4.2.	RUČNÍ OVĚŘENÍ VNITŘNÍCH SIL NA STROPNICI	16
4.2.1.	ZATÍŽENÍ	16
4.1.2.	VNITŘNÍ SÍLY	16
4.3.	RUČNÍ OVĚŘENÍ VNITŘNÍCH SIL NA PRŮVLAKU	18
4.3.1.	ZATÍŽENÍ	18
4.3.2.	VNITŘNÍ SÍLY	18
5.	POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ NA MSÚ A MSP	20
5.1.	POSOUZENÍ TRAPÉZOVÉHO PLECHU JAKO BEDNĚNÍ V DOBĚ MONTÁŽE	20
5.1.1.	ZATÍŽENÍ	20
5.1.2.	VNITŘNÍ SÍLY	20
5.1.3.	POSOUZENÍ NA MSÚ	21
5.1.4.	POSOUZENÍ NA MSP	22
5.2.	ORIENTAČNÍ POSOUZENÍ BETONOVÉ DESKY	23
5.2.1.	ZATÍŽENÍ	23
5.2.2.	VNITŘNÍ SÍLY	23
5.2.3.	POSOUZENÍ NA MSÚ	23

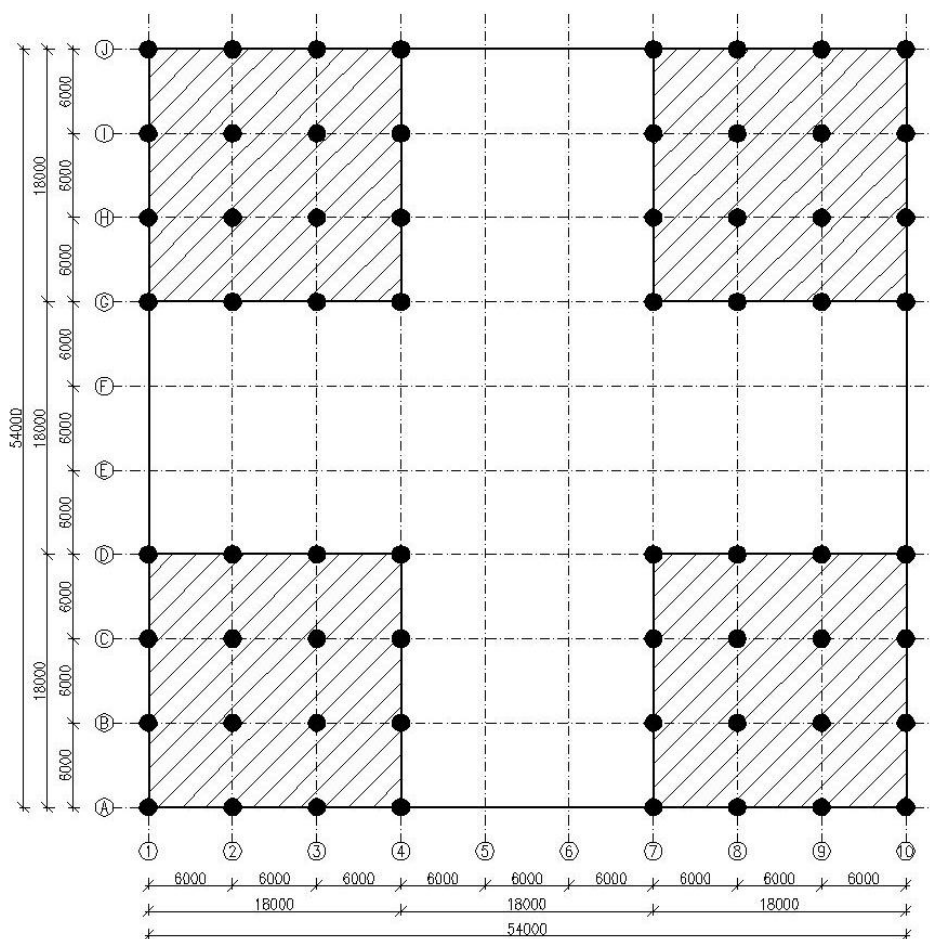
5.3.	POSOUZENÍ SPŘAŽENÉ STROPNICE	25
5.3.1.	POSOUZENÍ STROPNICE A	26
5.3.2.	POSOUZENÍ STROPNICE B.....	30
5.3.3.	POSOUZENÍ STROPNICE C.....	34
5.3.4.	POSOUZENÍ STROPNICE D	38
5.3.5.	POSOUZENÍ STROPNICE SHRUTÍ	42
5.4.	POSOUZENÍ PRŮVLAKŮ - PROLAMOVANÝ NOSNÍK.....	43
5.4.1.	PARAMETRY PRŮŘEZU.....	44
5.4.2.	POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA MSÚ	47
5.4.3.	POSOUZENÍ NA MSP	54
5.5.	POSOUZENÍ SLOUPŮ	55
5.5.1.	POSOUZENÍ SLOUPŮ NA MSÚ	56
5.5.2.	POSOUZENÍ SLOUPU NA MSP.....	71
5.5.3.	POSOUZENÍ SLOUPŮ SHRUTÍ	72
5.6.	POSOUZENÍ ZTUŽIDLA.....	73
5.6.1.	PARAMETRY PRŮŘEZU.....	73
5.6.2.	POSOUZENÍ NA VZPĚR.....	74
5.6.3.	POSOUZENÍ ZTUŽIDLA NA TAH.....	74
5.6.4.	RUČNÍ OVĚŘENÍ	74
5.7.	POSOUZENÍ ZÁVĚSU	76
5.7.1.	PARAMETRY PRŮŘEZU.....	76
5.7.2.	POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA TAH	77

1. GEOMETRIE

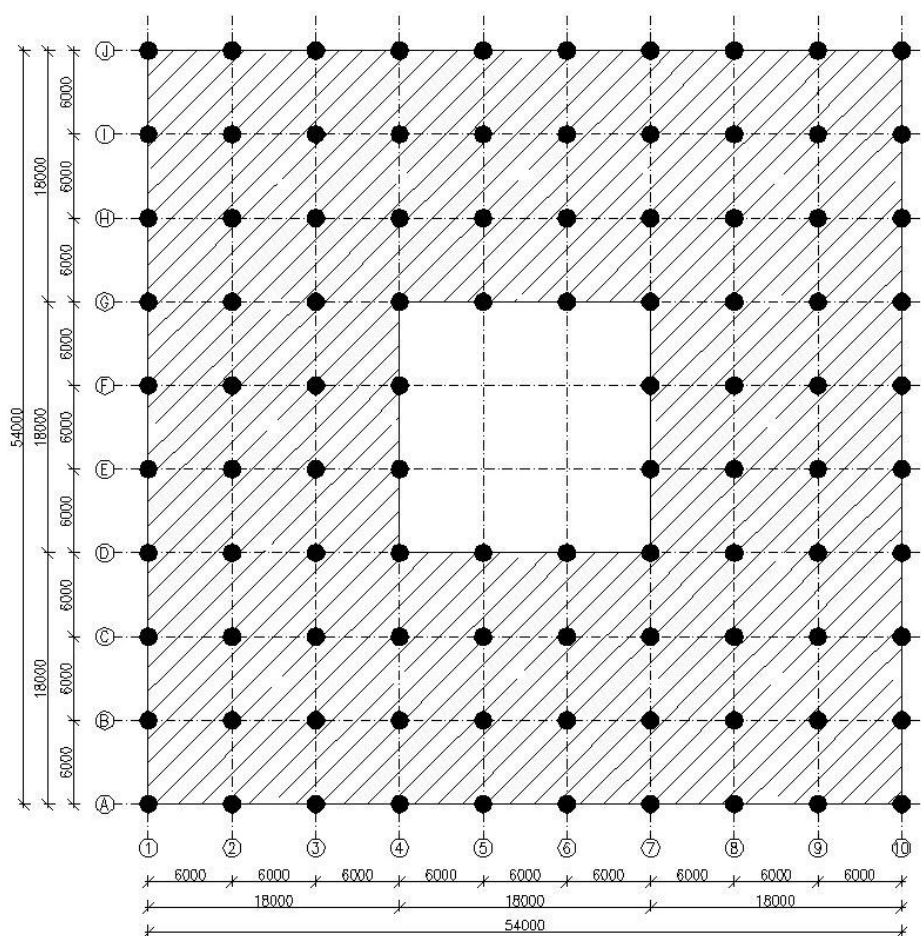
1.1. ROZMĚRY

Délka konstrukce	54,0 m
Šířka konstrukce	54,0 m
Osová vzdálenost sloupů	6,0 m
Výška konstrukce	40,0 m

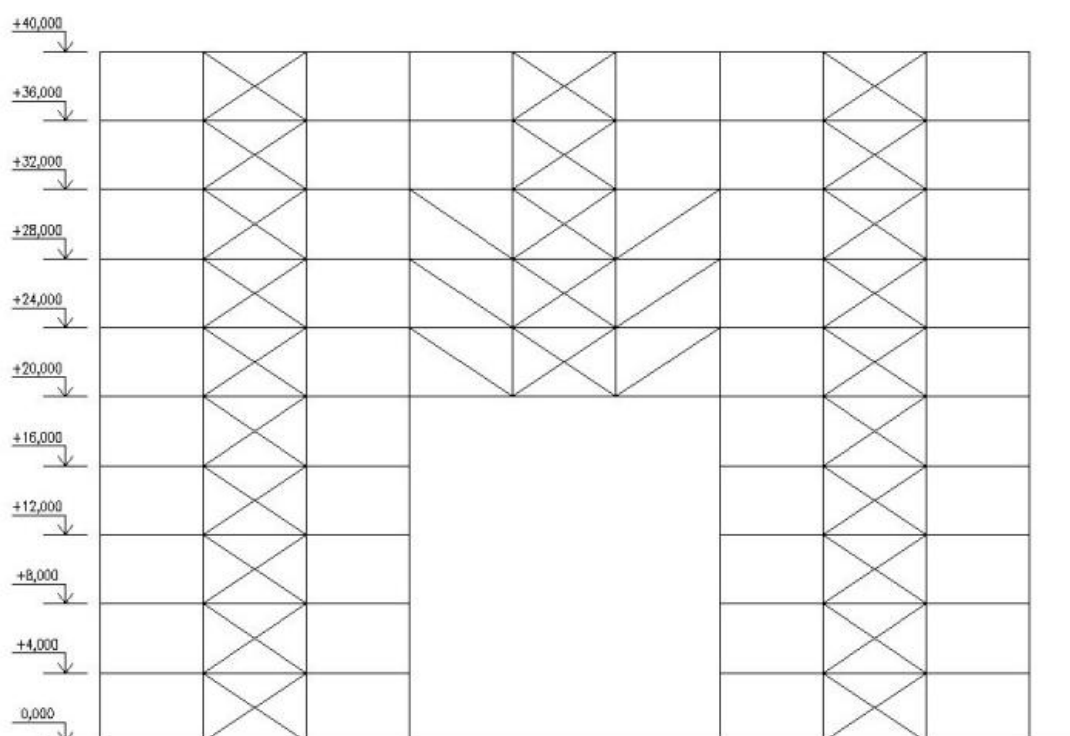
1.2. PŮDORYS 1. - 5. PODLAŽÍ



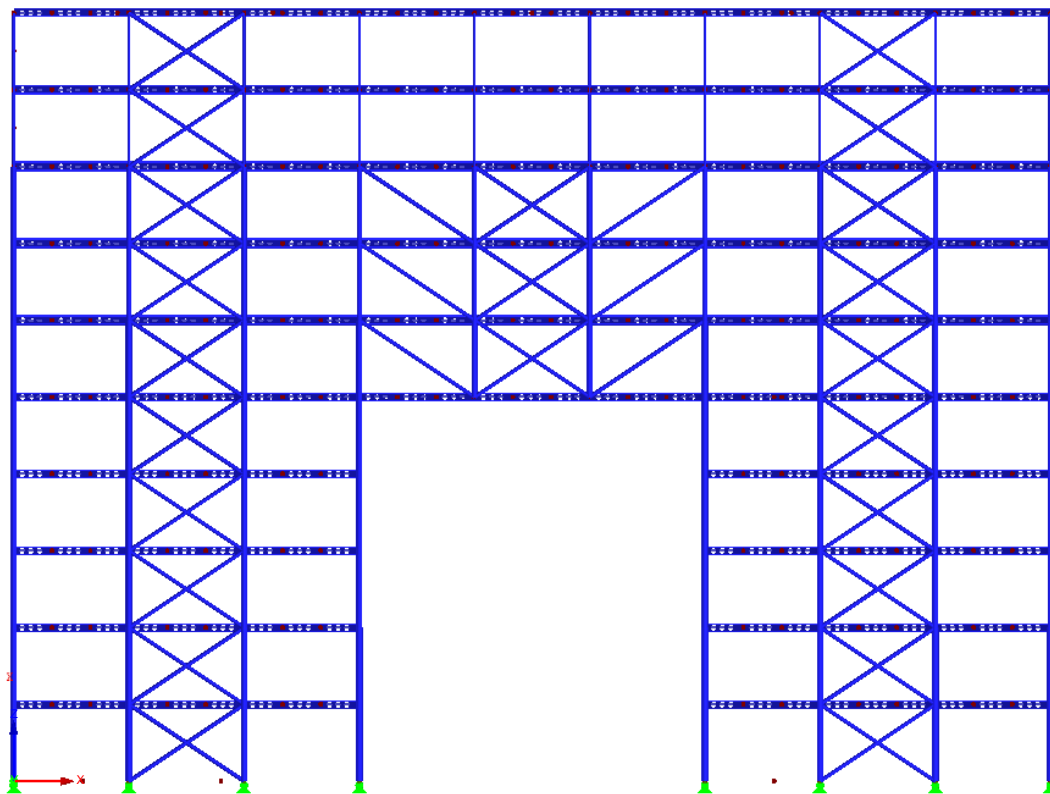
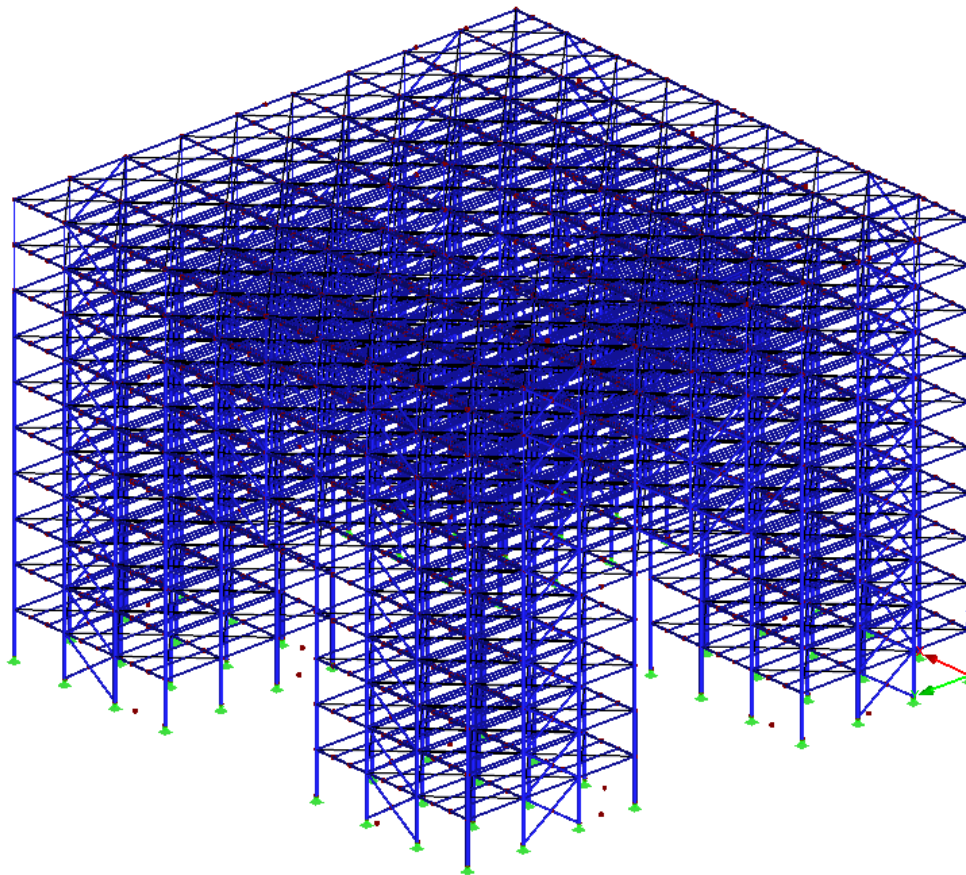
1.3. PŮDORYS 6. - 10. PODLAŽÍ



1.4. POHLED



1.5. MODEL



2. ZATÍŽENÍ

2.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

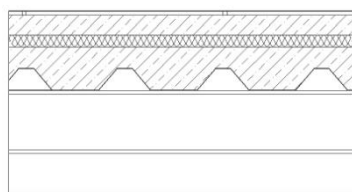
2.1.1. VLASTNÍ TÍHA - ZS1

Zatížení konstrukce od účinků vlastní tíhy bylo automaticky vygenerováno v programu Dlubal RFEM 5.11.02

Vlastní tíha betonové části spřaženého sloupu - dle jeho průměru:
 $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$

2.1.2. OSTATNÍ STÁLÉ - ZS2

Strop a podlaha

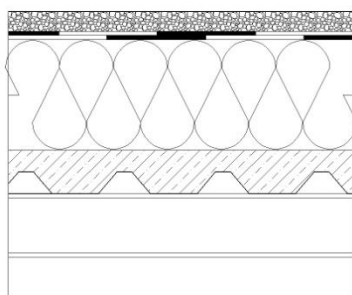


Materiál	Tloušťka [mm]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	10	25	0,25
Betonová mazanina	50	20	1,00
Minerální vlna	30	2	0,06
Betonová deska (vylehčení a plech zanedbány)	110	23	2,53
Vedení vzduchotechniky			0,30
Kazetový podhled			0,20
Celkem g_k			4,34

Běžná stropnice: $g_k * Z\check{S} = 4,34 * 2 = 8,68 \text{ kN/m}$

Krajní stropnice: $g_k * Z\check{S} = 4,34 * 1 = 4,34 \text{ kN/m}$

Střecha



Materiál	Tloušťka [mm]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Kačírek	50	25	1,25
2x asfaltový pás			0,05
Polystyren (tepelná izolace + spádové klíny)	300	0,3	0,09
Betonová deska (vylehčení a plech zanedbány)	110	23	2,53
Vedení vzduchotechniky			0,30
Kazetový podhled			0,20
Celkem g_k			4,42

Běžná stropnice: $g_k * Z\check{S} = 4,42 * 2 = 8,84 \text{ kN/m}$

Krajní stropnice: $g_k * Z\check{S} = 4,42 * 1 = 4,42 \text{ kN/m}$

Atika

Atika výšky 1000 mm je zděná z pórobetonových tvárnic tl. 300 mm o objemové tíze 6,67 kN/m²

$$g_k = 1,0 \cdot 0,3 \cdot 6,67 = 2 \text{ kN/m'}$$

Lehký obvodový plášť

$$g_k = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

2.2. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

2.2.1. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ - BĚŽNÉ PODLAŽÍ - ZS3

Kategorie B - Kancelářské plochy

$$q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

Rovnoměrné zatížení od přemístitelných přiček $> 1,0$ a $\leq 2,0$ kN/m'

$$q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

Celkové užité zatížení pro běžné podlaží: $q_k = 3,3 \text{ kN/m}^2$

2.2.3. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ - STŘECHA- ZS4

Kategorie H - nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby a oprav

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

Celkové užité zatížení pro střechu: $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

2.2.4. ZATÍŽENÍ SNĚHEM - ZS5

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi $s_k = 1,39 \text{ kN/m}^2$ je převzata z [18].

Umístění

Svitavy

Charakteristická hodnota s_k

1,39 kN/m²

Součinitel expozice C_e

1,0 (normální krajina)

Tepelný součinitel C_t

1,0

Tvarový součinitel μ_1

0,8 ($0 \leq \alpha \leq 30^\circ$)

Sníh rovnoměrný

$$s_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,39 = 1,112 \text{ kN/m}^2$$

Sníh navátý za atikou

$$l_s = \min(5h, b, 15) = \min(5 \cdot 1 = 5, 54, 15) = 5$$

$$\mu_1 = \min(2h/s_k, 2b/l_s, 8) = \min(2 \cdot 1/1,39; 2 \cdot 54/5; 8) = \min(1,44; 21,6; 8) = 1,44$$

$$s_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,44 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,39 = 2,002 \text{ kN/m}^2$$

Mapa zatížení sněhem na zemi

Poloha

Zeměpisná šířka 49.7546

Zeměpisná délka 16.481

Nadmořská výška 442 [m.n.m.]

Celá ČR Smazat

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

zatížení s_k 1.39 [kPa]

Statistické parametry rozdělení ročních maxim

střední hodnota μ 0.52 [kPa]

směrodatná odchylka σ 0.33 [kPa]

variační koeficient V 0.63

šikmost α 1.47

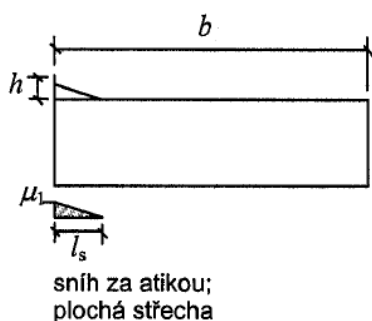
Rozdělení denních hodnot

Histogram denních hodnot

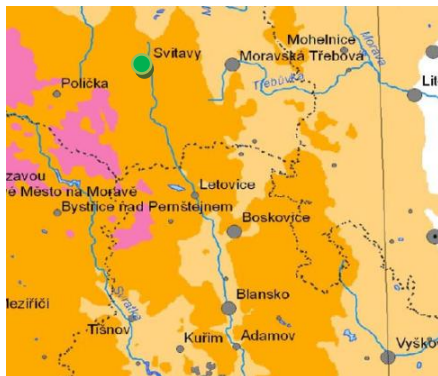
ČHMÚ

O aplikaci

About



2.2.5. ZATÍŽENÍ VĚTREM ZS6 - ZS9



I	II	III	IV	V
22,5	25	27,5	30	36 ^{*)}

Kategorie terénu	III
Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0}$	27,5 m/s
Součinitel směru větru C_{dir}	1,0
Součinitel ročního období C_{season}	1,0
Výška budovy z	41,0 m
Součinitel orografie $c_0(z)$	1,0
Parametr drsnosti terénu z_0	1,0
Součinitel turbulence k_1	1,0
Měrná hmotnost vzduchu ρ	1,25

Základní rychlost větru

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 29,07 = 29,07 \text{ m/s}$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 1,057 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = 29,07 \text{ m/s}$$

Součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} = 0,215 \cdot \ln \frac{41}{0,3} = 1,057$$

Součinitel terénu

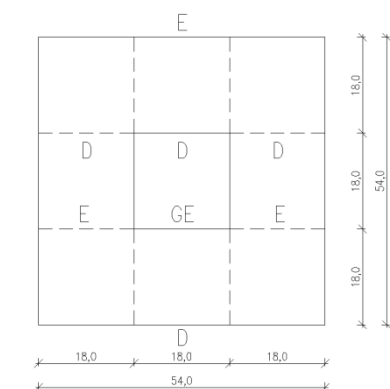
$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$

Turbulence větru

$$l_v(z) = \frac{k_r \cdot v_b \cdot k_1}{v_m(z)} = \frac{0,215 \cdot 27,5 \cdot 1,0}{29,07} = 0,203$$

Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = \left[1 + 7 \cdot l_v(z) \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = \left[1 + 7 \cdot 0,203 \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 29,07^2 = 1,28 \text{ kN/m}^2$$



2.2.5.1. ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STĚNY

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = \min \{54; 2 \cdot 41\} = \min \{54; 82\} = 54$$

$$h/d = 41/54 = 0,76$$

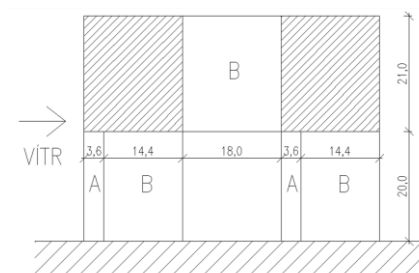
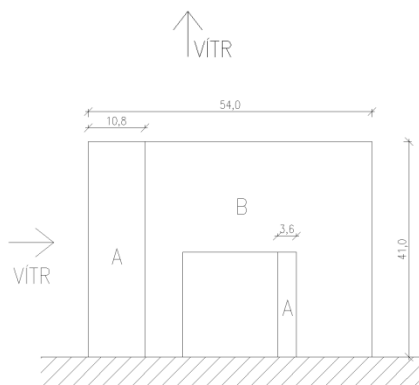
$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{18; 2 \cdot 20\} = \min \{18; 40\} = 18$$

$$h/d = 20/18 = 1,11$$

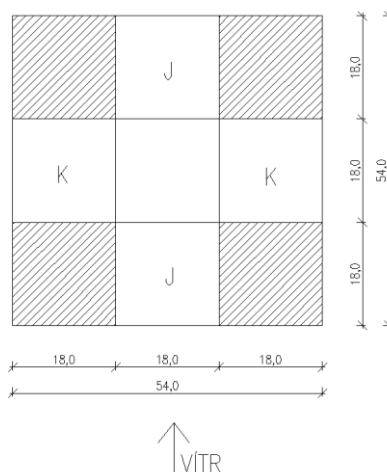
Tlak na plochu

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

OBLAST	$c_{pe,10}$	w_e [kN/m ²]
A	-1,2	-1,536
B	-0,8	-1,024
C	-0,5	-0,640
D	+0,8	+1,024
E	-0,5	-0,640
GE	-1,2	-1,536
J	-1,5	-1,920
K	-0,7	-0,896



POHLED ZE SPODNÍ STRANY



Součinitel $c_{pe,10}$ pro oblast GE je převzat z [9].

Součinitel $c_{pe,10}$ pro oblast J (podhled přemostění) je převzat z [9].

Součinitel $c_{pe,10}$ pro oblast K (podhled přemostění) je uvažován stejně jako pro oblast H.

$$e_1 \geq d_1; 54 \geq 54$$

$$e_2 \geq d_2; 18 \geq 18$$

Šířka oblasti A

$$e_1/5 = 54/5 = 10,8 \text{ m}$$

$$e_1/5 = 18/5 = 3,6 \text{ m}$$

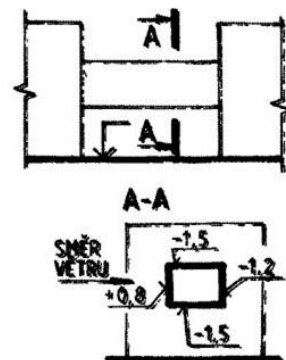
Šířka oblasti B

$$4/5 e_1 = 4/5 \cdot 54 = 43,2 \text{ m}$$

$$4/5 e_2 = 4/5 \cdot 18 = 14,4 \text{ m}$$

Obvodový plášť bude kotven do betonové desky v každém podlaží.,
Ve výpočtovém modelu je zatížení od větru do konstrukce přenášeno přes krajní stropnice a průvlaky. Zatížení větrem tak v krajních stropnicích a průvlacích vyvolává ohybové momenty M_z , se kterými nebude při posouzení těchto prvků dále uvažováno.

Galerie



2.2.5.2. ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU

Střecha s atikou

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

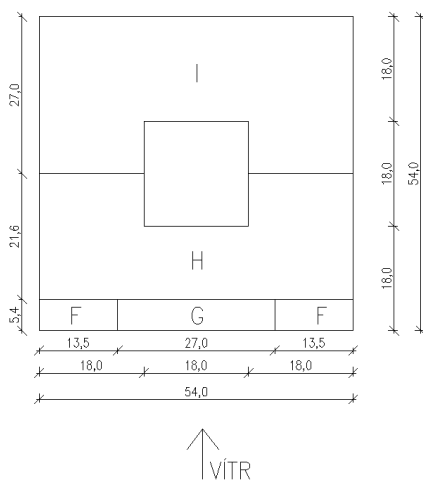
$$h_p = 1 \text{ m}$$

$$h_p/h = 1/40 = 0,025$$

$$e = \min \{b; 2h\} = \min \{54; 2 \cdot 40\} = \min \{54; 80\} = 54$$

Tlak na plochu

$$w_e = q_p(z) \cdot C_{pe,10}$$



OBLAST	$C_{pe,10}$	$w_e \text{ [kN/m}^2\text{]}$
F	-1,60	-2,048
G	-1,10	-1,408
H	-0,70	-0,896
I	$\pm 0,20$	$\pm 0,256$

Šířka oblasti F, G

$$e/10 = 54/10 = 5,4 \text{ m}$$

Šířka oblasti H

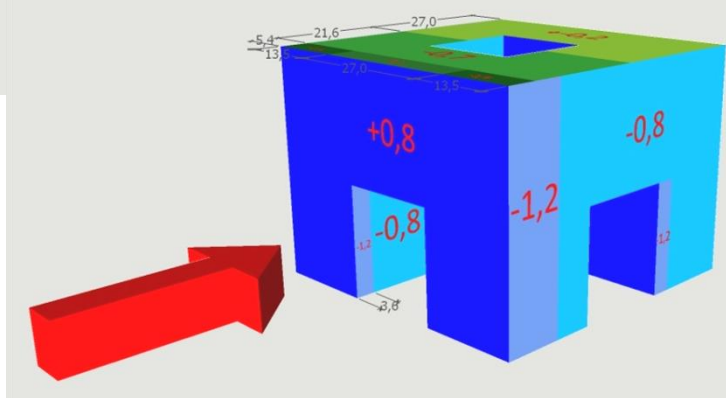
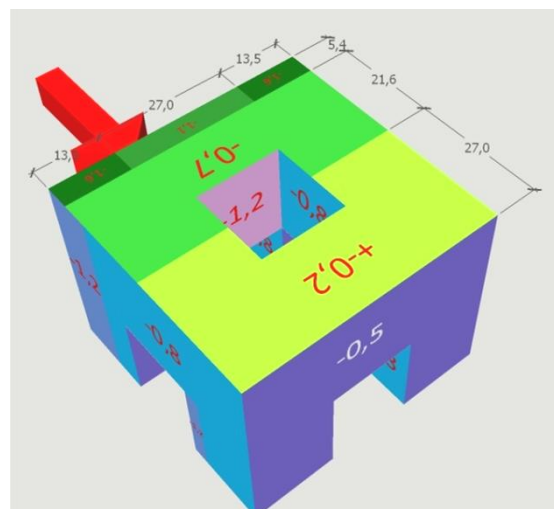
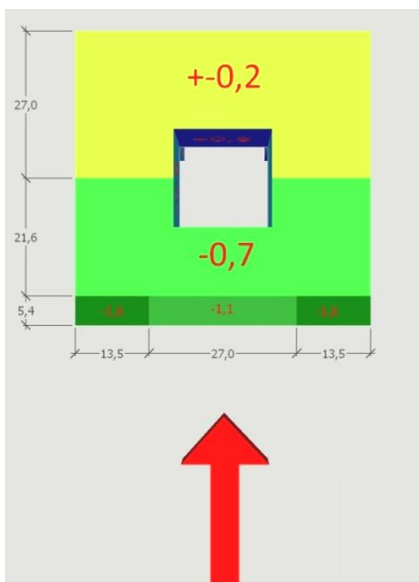
$$d/2 - e/10 = 54/2 - e/10 = 27 - 5,4 = 32,4 \text{ m}$$

Šířka oblasti I

$$d/2 = 54/2 = 27 \text{ m}$$

Délka oblasti F

$$e/4 = 54/4 = 13,5 \text{ m}$$



3. ZATĚŽOVACÍ STAVY A KOMBINACE

3.1. ZATĚŽOVACÍ STAVY

Pro výpočet byly uvažovány následující zatěžovací stavy:

ZATĚŽ. STAV	OZNAČENÍ ZATĚŽOVACÍHO STAVU	EN 1990 ČSN KATEGORIE ÚČINKŮ
ZS1	Vlastní tíha	Stálé
ZS2	Ostatní stálé	Ostatní stálé
ZS3	Užitné zatížení - běžné podlaží	Užitná zatížení - kategorie B: kancelářské plochy
ZS4	Užitné zatížení - střecha	Užitná zatížení - kategorie H: střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav
ZS5	Sníh	Sníh ($H \leq 1000$ m.n.m.)
ZS6	Vítr ve směru osy X sání	Vítr
ZS7	Vítr ve směru osy Y tlak	Vítr
ZS8	VÍTR VE SMĚRU OSY Y SÁNÍ	VÍTR
ZS9	VÍTR VE SMĚRU OSY Y TLAK	VÍTR

3.2. KOMBINACE

Kombinace pro MSÚ jsou stanoveny dle kombinační rovnice 6.10.

Pro MSP byla uvažována charakteristická kombinace.

OZN. kombinace	Kombinace zatížení
MSÚ	KOMBINACE PRO MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI
KZ1	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 1.05 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS5$
KZ2	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 1.05 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS5 + 0.9 \cdot ZS7$
KZ3	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 1.05 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS5 + 0.9 \cdot ZS9$
KZ4	$ZS1 + ZS2 + 1.5 \cdot ZS6$
KZ5	$ZS1 + ZS2 + 1.5 \cdot ZS8$
KZ6	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.05 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.9 \cdot ZS7$
KZ7	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.05 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.9 \cdot ZS9$
KZ8	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 0.9 \cdot ZS6$
KZ9	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 0.9 \cdot ZS7$
KZ10	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 0.9 \cdot ZS8$
KZ11	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 0.9 \cdot ZS9$
MSP	KOMBINACE PRO MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI
KZ12	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.7 \cdot ZS4 + 0.5 \cdot ZS5$
KZ13	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.7 \cdot ZS4 + 0.5 \cdot ZS5 + 0.6 \cdot ZS7$
KZ14	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.7 \cdot ZS4 + 0.5 \cdot ZS5 + 0.6 \cdot ZS9$
KZ15	$ZS1 + ZS2 + ZS6$
KZ16	$ZS1 + ZS1 + ZS8$
KZ17	$ZS1 + ZS2 + 0.7 \cdot ZS4 + ZS5 + 0.6 \cdot ZS7$
KZ18	$ZS1 + ZS2 + 0.7 \cdot ZS4 + ZS5 + 0.6 \cdot ZS9$
KZ19	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.6 \cdot ZS6$
KZ20	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.6 \cdot ZS7$
KZ21	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.6 \cdot ZS8$
KZ22	$ZS1 + ZS2 + ZS3 + 0.6 \cdot ZS9$

4. ANALÝZA A VÝPOČET KONSTRUKCE

4.1. POČÍTAČOVÝ VÝPOČET

Model konstrukce byl vytvořen v programu RFEM 5.11.02. Model je řešen jako prutová prostorová konstrukce. Výpočet vnitřních sil byl řešen analýzou prvního řádu (lineárně pružný výpočet).

Konstrukce je osazena na pevných kloubech. Sloupy jsou uvažovány jako kyvné stojky, tzn. vzpěrná délka je rovna výšce podlaží. Průvlaky, stropnice a ztužidla jsou modelovány jako nosníky, které jsou ke sloupům připojeny kloubově. Závěsy jsou modelovány jako tahový prut - na závěs v žádné z kombinací nepůsobí tlak. Pro nahrazení tuhosti stropní železobetonové desky, která zajišťuje vodorovnou tuhost, byla použita ekvivalentní příhradová ztužidla. S pomocí přídatného modulu RF-STEEL EC3 byly optimalizovány jednotlivé prvky konstrukce a posouzení mezních stavů únosnosti a použitelnosti. Ověření únosnosti spřažených částí konstrukce bylo řešeno ručním výpočtem a do modelu aplikována příslušná tuhost jednotlivých spřažených prvků.

Spřažená betonová deska, která je vybetonována do ztraceného bednění z trapézového plechu. Deska přenáší vodorovné síly. Tuhost v rovině desky je v modelu nahrazena ekvivalentním vodorovným ztužidlem. Pro ztužidlo je v modelu vytvořen nový materiál o nulové hmotnosti.

Betonová deska je navržena z betonu C25/30

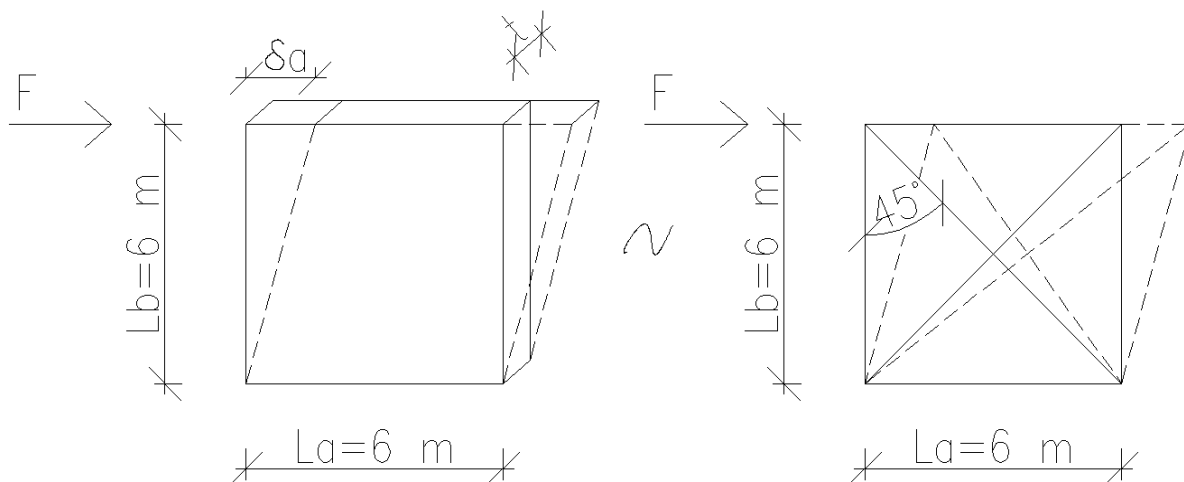
Tloušťka betonové desky schopné přenášet vodorovné síly: $t = 55$ mm.

Smykový modul betonu C25/30: $G = 12916,667$ MPa

Rozpětí desky: L_a a $L_b = 6$ m

Modul pružnosti oceli: $E = 210000$ MPa

Výpočet plochy ekvivalentního ocelového ztužidla:



Tuhá deska:

Hookův zákon:

$$\tau = G * \gamma \Rightarrow \gamma = \frac{\tau}{G}$$

Smykové napětí:

$$\tau = \frac{F}{L_a * t}$$

Po dosazení:

$$\gamma = \frac{F}{G * L_a * t}$$

Poměrné zkosení:

$$\gamma = \frac{\delta_a}{L_b} \Rightarrow \delta_a = \gamma * L_b$$

Z čehož plyne:

$$\delta_a = \frac{F * L_b}{G * L_a * t}$$

Příhradové ztužidlo:

Princip virtuálních prací

$$\delta_b = 2 * \frac{N_D * \overline{N_D} * L_D}{E * A}$$

Kde:

$$N_D = \frac{F}{2 * \cos \alpha}$$

$$\overline{N_D} = \frac{1}{2 * \cos \alpha}$$

$$L_D \dots \text{délka ztužidla} = \frac{L_a}{\cos \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{L_a}{\sqrt{L_a^2 + L_b^2}}$$

Po dosazení:

$$\delta_b = \frac{F * (L_a^2 + L_b^2)^{3/2}}{2 * E * A * L_a^2}$$

Ekvivalentní tuhost ocelového ztužidla:

$$\delta_a = \delta_b$$

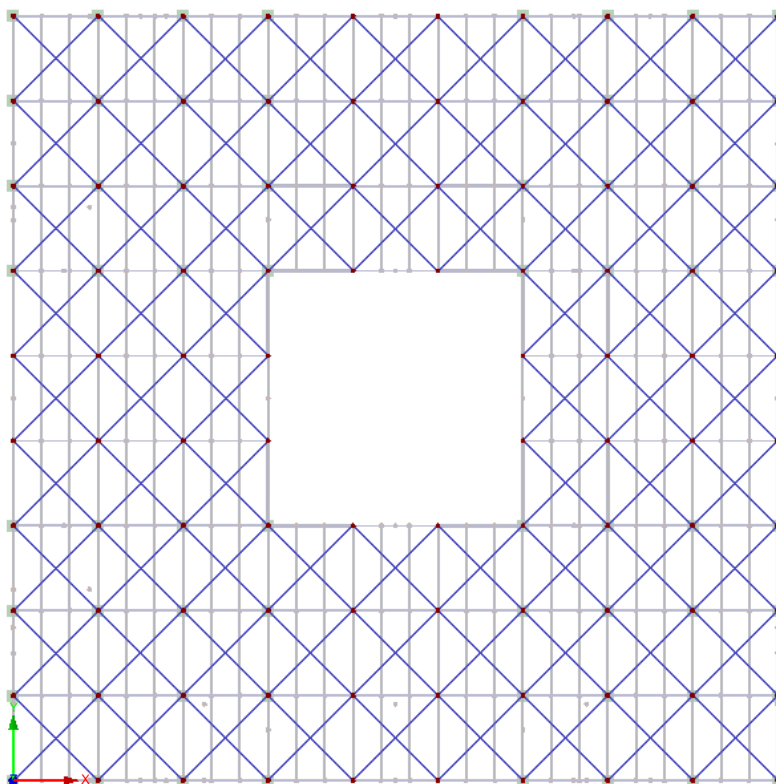
Po dosazení pak:

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

$$210000 \cdot A = \frac{12916,667 \cdot 0,055 \cdot (6^2 + 6^2)^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot 6 \cdot 6}$$

Výsledná plocha ztužidla tedy:

$$A = 0,02870516888 \text{ m}^2$$



4.2. RUČNÍ OVĚŘENÍ VNITŘNÍCH SIL NA STROPNICI

Ověření je provedeno pro zatěžovací stav KZ1 a vnitřní stropnici běžného podlaží. Stropnice je oboustraně kloubově uložena a její rozpětí je 6 m.

4.2.1. ZATÍŽENÍ

Zatížení	Zatěžovací šířka [m]	g_k/q_k [kN/m]
ZS1 - Vlastní tíha stropnice IPE 160 (15,8 kg/m ²)		0,158
ZS2 - Podlaha + strop (4,34 kN/m ²)	2,0	8,680
ZS3 - Užité zatížení běžného podlaží (3,3 kN/m ²)	2,0	6,600

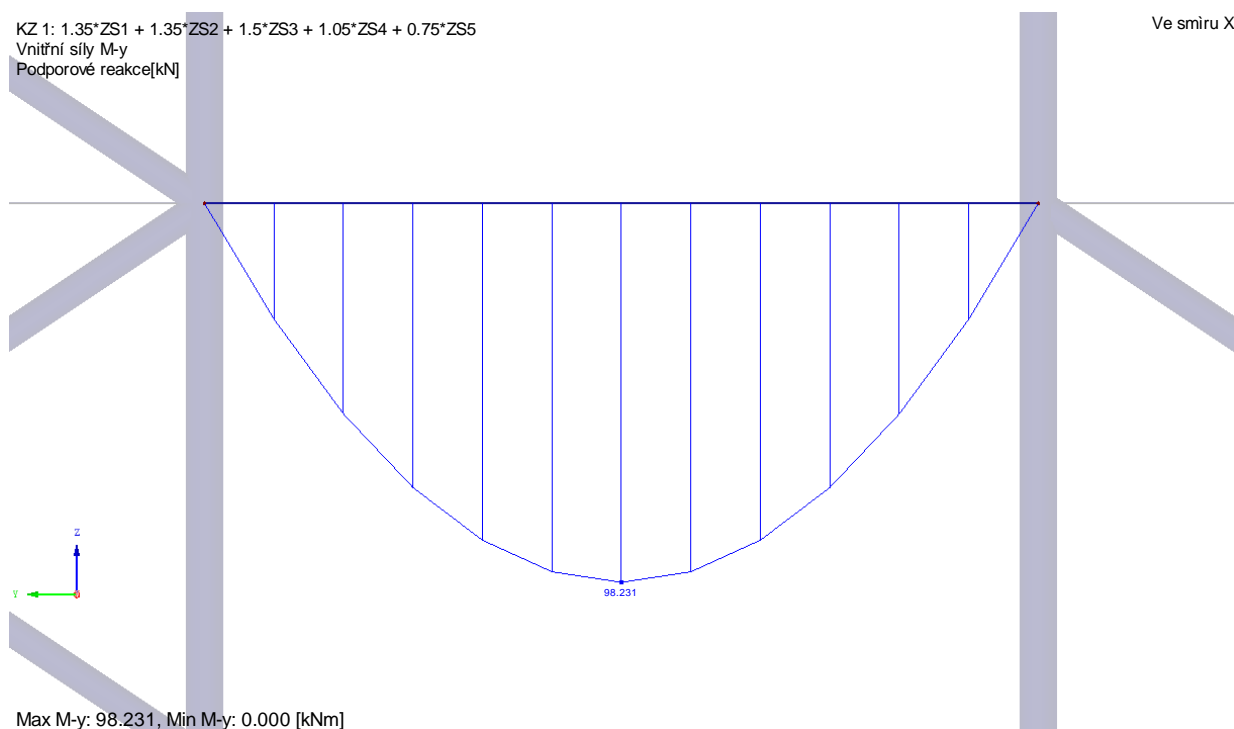
$$g_d = 1,35 * 0,158 + 1,35 * 8,680 + 1,5 * 6,600 = 21,831 \text{ kN/m}$$

4.1.2. VNITŘNÍ SÍLY

Ohybový moment

$$M_{ed} = \frac{1}{8} * g_d * l^2 = \frac{1}{8} * 21,831 * 6^2 = 98,235 \text{ kNm}$$

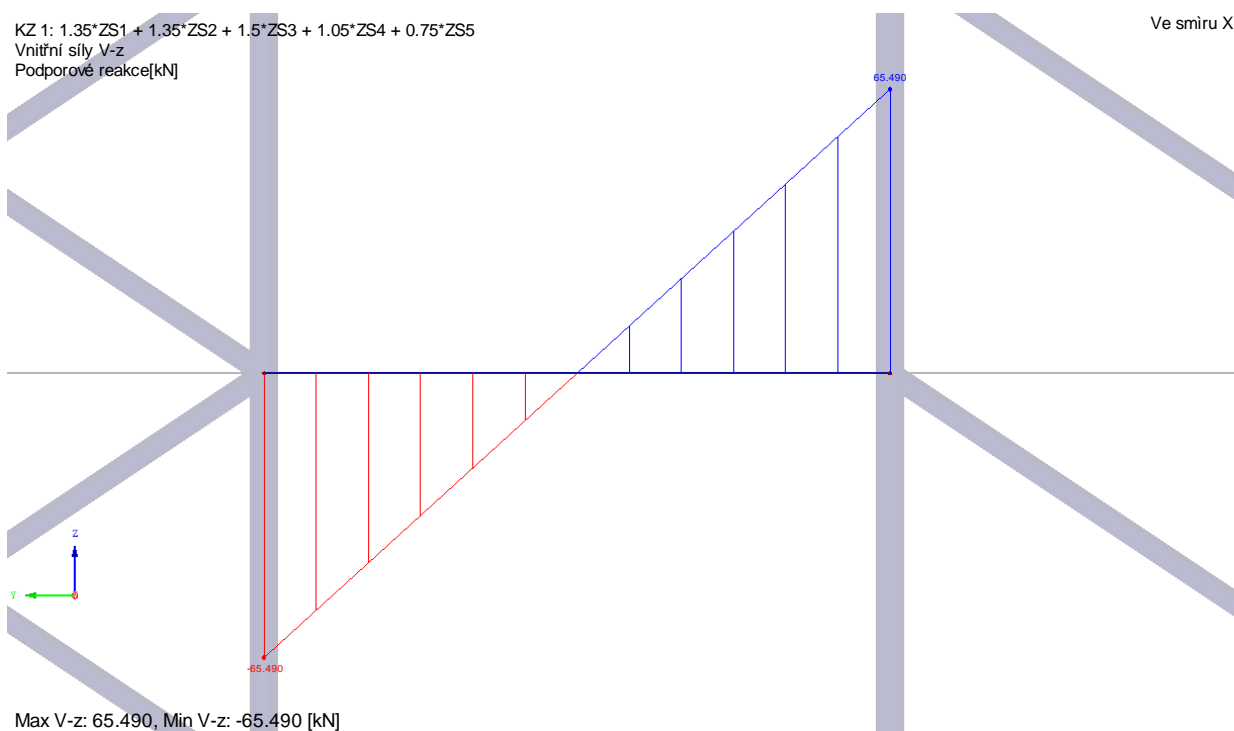
Výsledná hodnota je takřka totožná s programovým řešením, kde pro danou stropnici je $M_{ed} = 98,231 \text{ kNm}$. Hodnota se liší vzhledem k zaokrouhlování a tudíž lze programové řešení považovat za správné.



Posouvající síla:

$$V_{ed} = \frac{1}{2} * g_d * l = \frac{1}{2} * 21,831 * 6 = 65,493 \text{ kN}$$

Výsledná hodnota je takřka totožná s programovým řešením, kde pro danou stropnici je $V_{ed} = 65,490 \text{ kN}$. Hodnota se liší vzhledem k zaokrouhlování a tudíž lze programové řešení považovat za správné.



4.3. RUČNÍ OVĚŘENÍ VNITŘNÍCH SIL NA PRŮVLAKU

Ověření je provedeno pro zatěžovací stav KZ1 a vnitřní průvlak běžného podlaží. Průvlak je oboustraně kloubově uložen a jeho rozpětí je 6 m. Ve třetinách rozpětí jsou na průvlak oboustraně uloženy stropnice viz. bod 4.2. Ruční ověření vnitřních sil na stropnici. VI. tíha průvlaku (IPE 300-450) - $ZS1 = 0,422 \text{ kN/m}$.

4.3.1. ZATÍŽENÍ

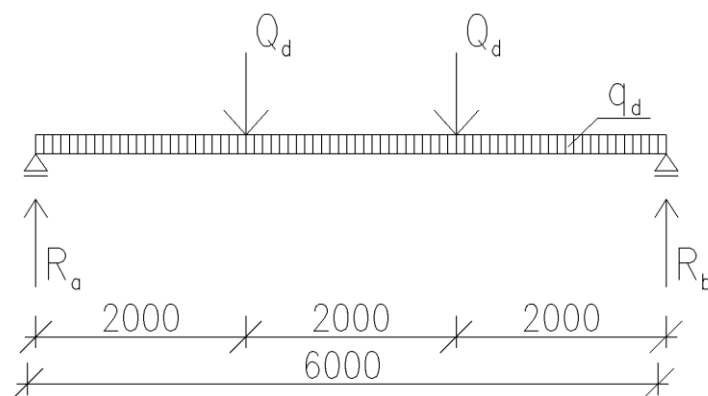
Reakce od stropnice

$$Q_d = 2 * V_{ed, \text{stropnice}} = 2 * 65,493 = 130,986 \text{ kN}$$

VI. tíha průvlaku

$$q_d = \gamma * q_k = 1,35 * 0,442 = 0,597 \text{ kN}$$

4.3.2. VNITŘNÍ SÍLY



Reakce

$$R_a = R_b = Q_d + 0,5 * q_d * l = 130,986 + 0,5 * 0,597 * 6 = 132,777 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment

$$M_{ed} = \frac{1}{8} * q_d * l^2 + Q_d * 3 - Q_d * 1$$

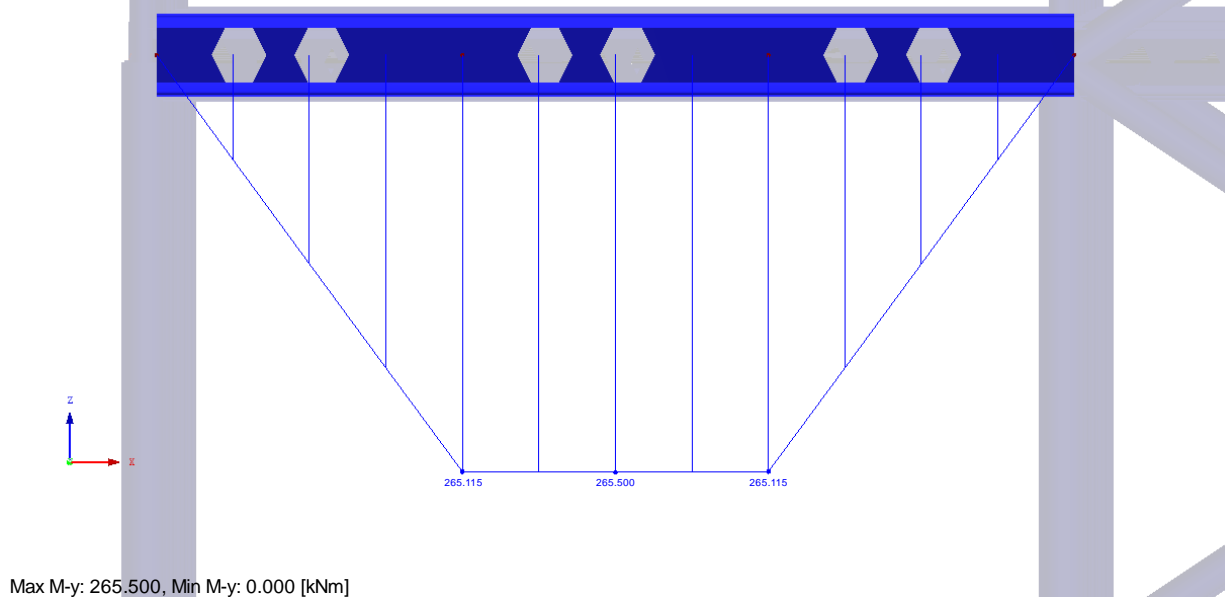
$$M_{ed} = \frac{1}{8} * 0,597 * 6^2 + 130,986 * 3 - 130,983 * 1$$

$$M_{ed} = 266,009 \text{ kNm}$$

Výsledná hodnota je takřka totožná s programovým řešením, kde pro danou stropnici je $M_{ed} = 265,500 \text{ kN}$. Hodnota se liší vzhledem k zaokrouhlování a tudíž lze programové řešení považovat za správné.

KZ 1: 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 1.05*ZS4 + 0.75*ZS5
 Vnitřní síly M-y
 Podporové reakce[kN]

Ve směru Y



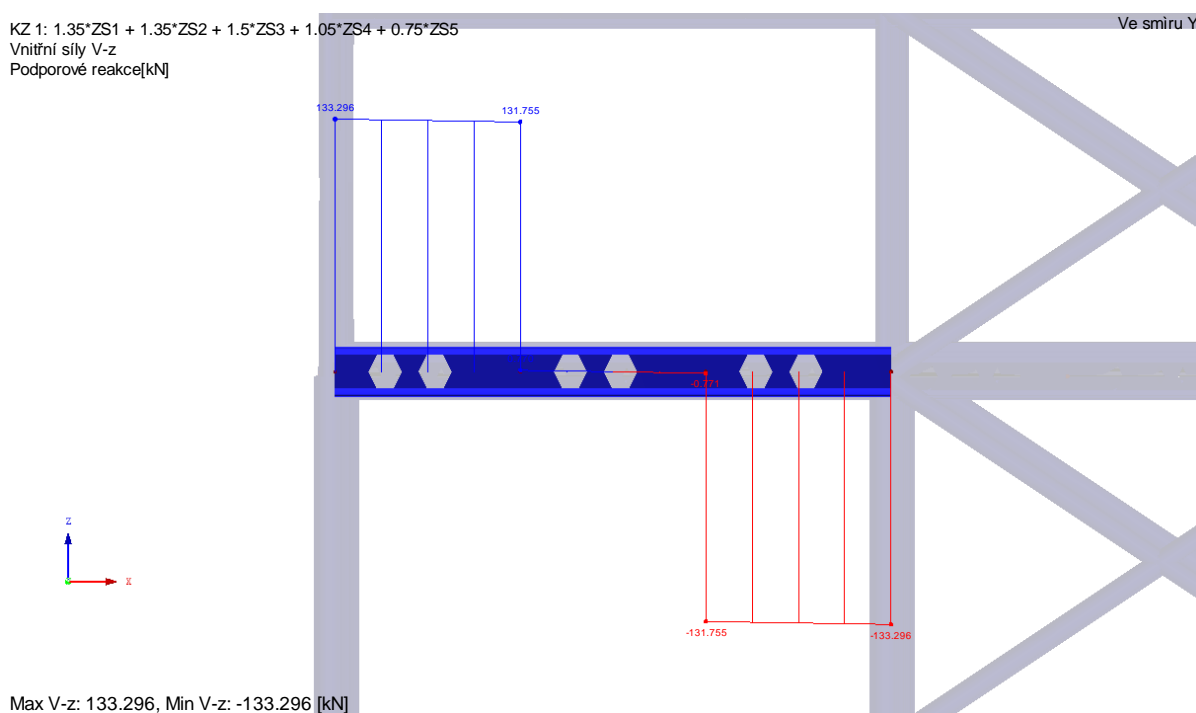
Maximální posouvající síla

$$V_{ed} = R_a = 132,777 \text{ kN}$$

Výsledná hodnota je takřka totožná s programovým řešením, kde pro danou stropnici je $V_{ed} = 133,296 \text{ kN}$. Hodnota se liší vzhledem k zaokrouhlování a tudíž lze programové řešení považovat za správné.

KZ 1: 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 1.05*ZS4 + 0.75*ZS5
 Vnitřní síly V-z
 Podporové reakce[kN]

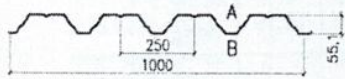
Ve směru Y

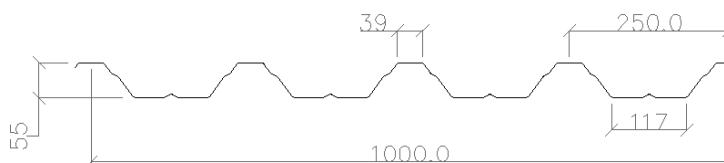


5. POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ NA MSÚ A MSP

5.1. POSOUZENÍ TRAPÉZOVÉHO PLECHU JAKO BEDNĚNÍ V DOBĚ MONTÁŽE

Jako ztracené bednění při betonáži stropních desek je užit trapézový plech TR 55/250 S320GD v negativní poloze. Jedná se o spojitý nosník o třech polích - rozpětí každého pole je 2 m. Tloušťka plechu 0,88 mm.

Průřez	Tloušťka	Hmotnost	Plný průřez		Efektivní průřez			
	t mm	G kg/m ²	A _g mm ²	I _{y,g} mm ⁴	W _{y,eff} ⁺ mm ³	W _{y,eff} ⁻ mm ³	I _{y,eff} ⁺ mm ⁴	I _{y,eff} ⁻ mm ⁴
Násobitel	-	-	-	10 ⁶	10 ³	10 ³	10 ⁶	10 ⁶
	0,75	7,51	913	0,412	11,39	10,59	0,363	0,376
	0,88	8,81	1071	0,483	13,55	13,01	0,441	0,456
	1,00	10,01	1217	0,549	15,50	15,32	0,514	0,532
	1,25	12,51	1520	0,686	19,54	20,00	0,671	0,686



5.1.1. ZATÍŽENÍ

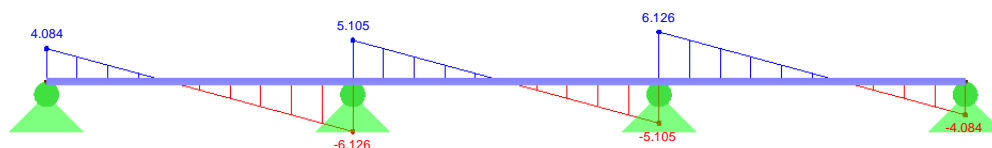
Materiál	Objemová tíha [kN/m ³]	g _k /q _k [kN/m ²]
Vlastní tíha plechu tl. 0,88 mm		0,0881
Čerstvý beton tl. 110 mm (vylehčení zanedbáno)	26	2,86
Montážní zatížení (pracovníci, montážní zařízení)		1,0

$$g_d = 1,35 \cdot (0,0881 + 2,86) + 1,5 \cdot (0,75 \cdot 1) = 5,105 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{k,MSP} = 0,0881 + 2,86 = 2,948 \text{ kN/m}^2$$

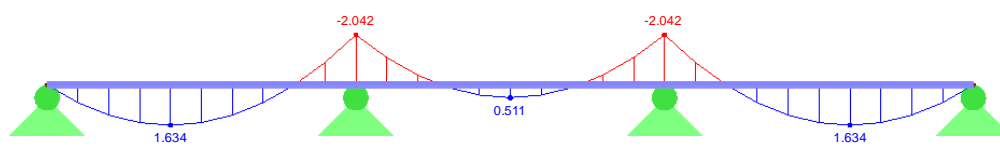
5.1.2. VNITŘNÍ SÍLY

$$V_{ed,max} = 6,128 \text{ kN}$$



$$M_{ed,max \text{ v poli}} = 1,634 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,max \text{ nad podporou}} = -2,042 \text{ kNm}$$



5.1.3. POSOUZENÍ NA MSÚ

Návrhový moment únosnosti nad podporou

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff} * f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{10290 * 320}{1,0} = 3,293 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{2,042}{3,293} = 0,62 \leq 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

Návrhový moment únosnosti v poli

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff} * f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{11070 * 320}{1,0} = 3,542 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{1,634}{3,542} = 0,46 \leq 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

Návrhová únosnost ve smyku $V_{b,Rd}$ pro 1 stojinu

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} * t * f_{bv}}{\gamma_{M0}} = \frac{\frac{55}{\sin 54} * 0,88 * 185,6}{1,0} = 11,10 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost ve smyku $V_{b,Rd,1}$ na 1 m šířky

$$8 * 11,10 = 88,8 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{b,Rd,1}} \leq 1,00 \quad \frac{6,128}{88,800} = 0,07 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková pevnost f_{bv} s vlivem boulení pro $\lambda_w \leq 0,83$

$$f_{bv} = 0,58 * f_{yb} = 0,58 * 320 = 185,6 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost stojiny λ_w pro stojinu s podélnými výztuhami

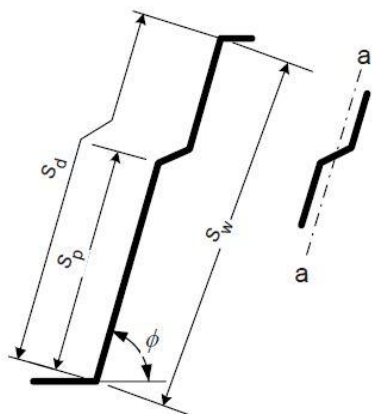
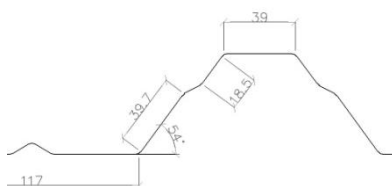
$$\lambda_w = 0,346 * \frac{s_w}{t} * \sqrt{\frac{0,534 * f_{yb}}{k_\tau * E}} = 0,346 * \frac{71,8}{0,88} * \sqrt{\frac{0,534 * 320}{7,92 * 210000}} = 0,29 \leq 0,83$$

$$\lambda_{w,min} = 0,346 * \frac{s_p}{t} * \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} = 0,346 * \frac{39,7}{0,88} * \sqrt{\frac{320}{210000}} = 0,61 \leq 0,83$$

$$k_\tau = 5,34 + \frac{2,10}{t} * \left(\frac{\sum I_s}{s_d} \right)^{1/3} = 5,34 + \frac{2,10}{0,88} * \left(\frac{85,9}{67,8} \right)^{1/3} = 7,92$$

Moment setrvačnosti jedné podélné výztuhy I_s

$$I_s = 85,9 \text{ mm}^4$$

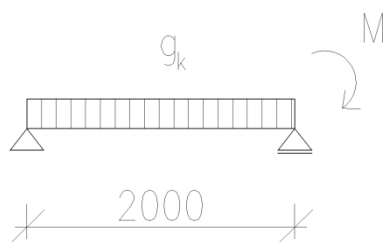


Posouzení na kombinaci ohybu a smyku

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} + \frac{V_{ed}}{V_{b,Rd,1}} \leq 1,00$$

$$0,62 + 0,07 = 0,69 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

5.1.4. POSOUZENÍ NA MSP



$$M = -\frac{1}{10} * g_k * L^2 = -\frac{1}{10} * 2,948 * 2^2 = 1,179 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{E * I_{eff}} * \left(\frac{5}{384} * g_k * L^4 + \frac{1}{16} * M * L^2 \right) = \\ &= \frac{1}{210000 * 456000} * \left(\frac{5}{384} * 2,948 * 2000^4 - \frac{1}{16} * 1,179 * 2000^2 \right) = \\ &= 6,41 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\delta = 6,41 \text{ mm} < \delta_{t,max} = \frac{l}{180} = \frac{2000}{180} = 11,11 \quad \text{VYHOVUJE}$$

a současně platí

$$\delta = 6,41 \text{ mm} < \delta_{t,max} = \frac{tl_{desky}}{10} = \frac{110}{10} = 11 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Rybníkový efekt není třeba uvažovat

Vzhledem tomu že bude na stropní konstrukci zavěšen podhled není nutné průhyb trapézového plechu (MSP) dále uvažovat.

5.2. ORIENTAČNÍ POSOUZENÍ BETONOVÉ DESKY

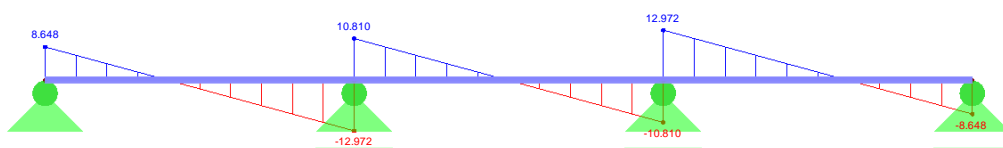
5.2.1. ZATÍŽENÍ

Materiál	g_k/q_k [kN/m ²]
ZS2 - Ostatní stálé	4,34
ZS3 - Užité - běžné podlaží	3,30

$$g_d = 1,35 * 4,34 + 1,5 * 3,30 = 10,81 \text{ kN/m}^2$$

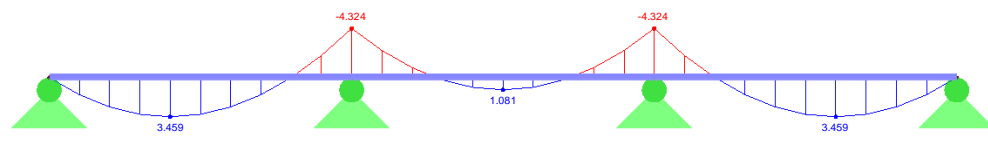
5.2.2. VNITŘNÍ SÍLY

$$V_{ed,max} = 12,972 \text{ kN}$$



$$M_{ed,max} \text{ v poli} = 3,459 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,max} \text{ nad podporou} = -4,324 \text{ kNm}$$



5.2.3. POSOUZENÍ NA MSÚ

Únosnost jednoho žebra desky v poli

Beton C25/30, výztuž B500B Ø 8 mm

Návrhová pevnost výztuže

$$f_{sd} = \frac{f_{sk}}{1,15} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

Plocha výztuže

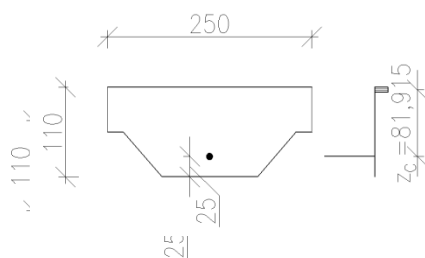
$$A_s = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 8^2}{4} = 50,27 \text{ mm}^2$$

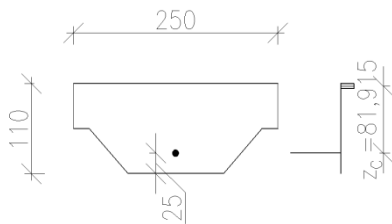
Poloha neutrální osy

$$x = \frac{A_s * f_{sd}}{0,85 * f_{cd} * b} = \frac{50,27 * 434,78}{0,85 * 16,67 * 250} = 6,17 \text{ mm}$$

Rameno vnitřních sil

$$z_c = h_d - c - \frac{x}{2} = 110 - 25 - \frac{6,17}{2} = 81,91 \text{ mm}$$





Moment únosnosti

$$M_{Rd} = A_s * f_{sd} * z_c = 50,27 * 434,78 * 81,91 = 1,79 \text{ kNm}$$

Moment únosnosti pro 1 m šířky desky

$$M_{Rd,1} = \frac{M_{Rd}}{b} = \frac{1,79}{0,25} = 7,16 \text{ kNm}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{3,459}{7,16} = 0,48 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost jednoho žebra desky nad podporou

Beton C25/30, výztuž B500B Ø 8 po 250 mm

Návrhová pevnost výztuže

$$f_{sd} = \frac{f_{sk}}{1,15} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

Plocha výztuže pro 1 žebro

$$A_s = 2 * \frac{\pi * d^2}{4} = 2 * \frac{\pi * 8^2}{4} = 50,27 \text{ mm}^2$$

Poloha neutrální osy - přibližně

$$x = \frac{A_s * f_{sd}}{0,85 * f_{cd} * b} = \frac{50,27 * 434,78}{0,85 * 16,67 * 164} = 9,41 \text{ mm}$$

Rameno vnitřních sil

$$z_c = h_d - c - \frac{x}{2} = 110 - 25 - \frac{9,41}{2} = 80,30 \text{ mm}$$

Moment únosnosti

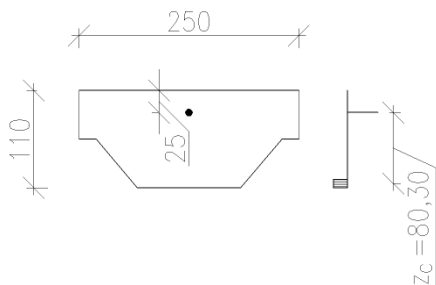
$$M_{Rd} = A_s * f_{sd} * z_c = 50,27 * 434,78 * 80,30 = 1,755 \text{ kNm}$$

Moment únosnosti pro 1 m šířky desky

$$M_{Rd,1} = \frac{M_{Rd}}{b} = \frac{1,755}{0,25} = 7,02 \text{ kNm}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{4,324}{7,02} = 0,62 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$



5.3. POSOUZENÍ SPŘAŽENÉ STROPNICE

Spřažené ocelobetonové stropnice byly rozděleny na 4 druhy dle zatížení a následně posouzeny.

STROPNICE A

Stropnice A: stropnice běžného podlaží

STROPNICE B

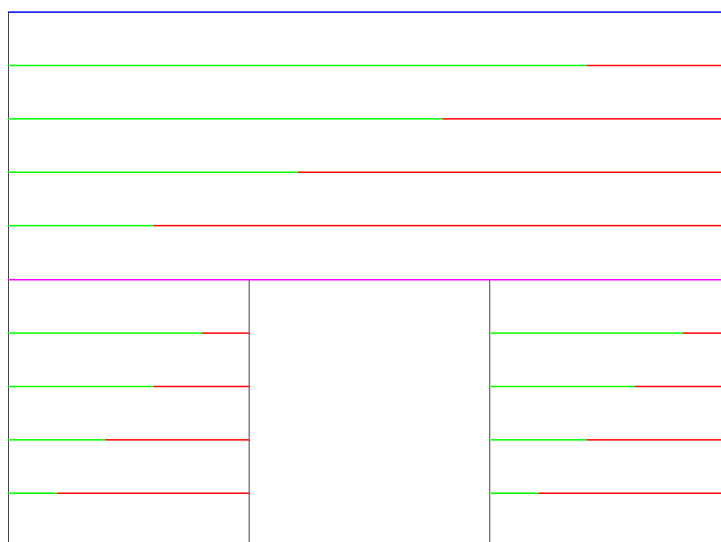
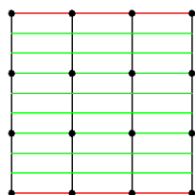
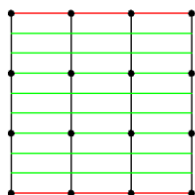
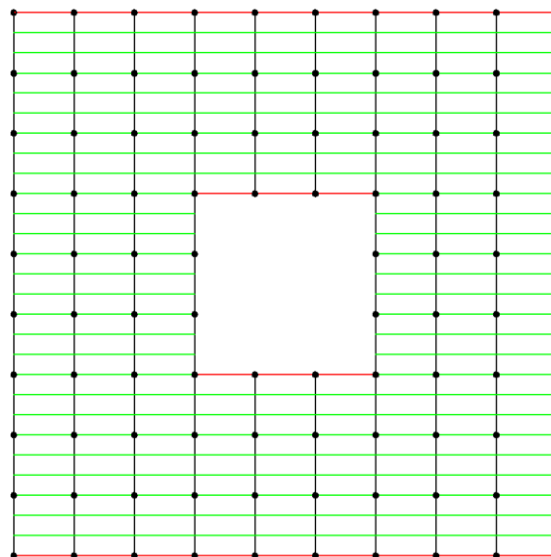
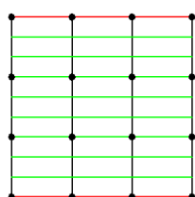
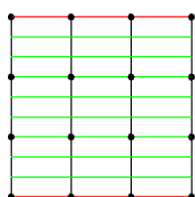
Stropnice B: krajní stropnice běžného podlaží

STROPNICE C

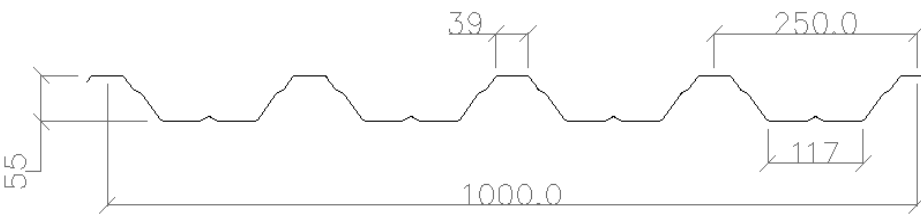
Stropnice C: stropnice nad přemostěním

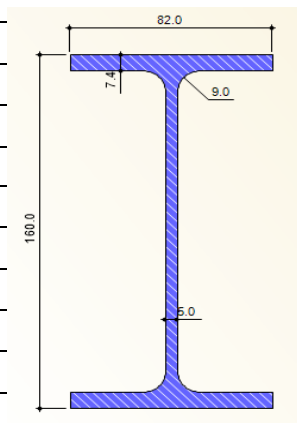
STROPNICE D

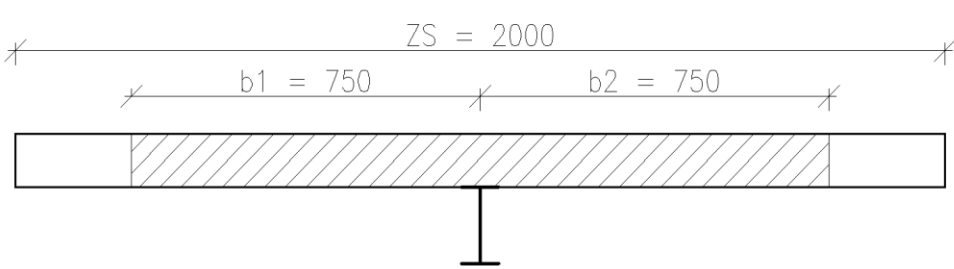
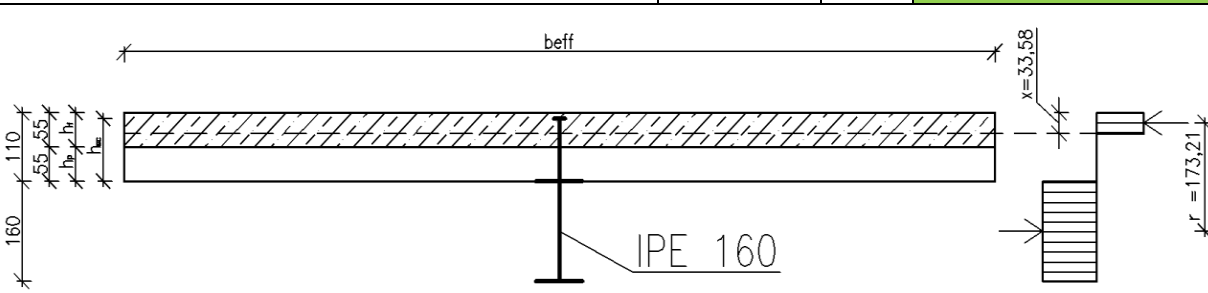
Stropnice D: střešní stropnice



5.3.1. POSOUZENÍ STROPNICE A

Posouzení spřaženého nosníku - Stropnice A			
Orientace trapézového plechu	KOLMO		
Vstupní údaje:			
Délka nosníku L_e	6000	mm	
Vzájemná vzdálenost nosníků l_s - zatěžovací šířka	2000	mm	
Trapézový plech	TR 55/250	S320G	
f_{yk}	235	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	235	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka plechu	0,88	mm	
střední šířka žebra b_o	164,20	mm	
Osová vzdálenost žeber b_z	250,00	mm	
			
Beton	C25/30		
f_{ck}	25	MPa	
γ_C	1,50		
f_{cd}	16,67	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_C$
E_{cm}	31000	Mpa	
Modul pružnosti betonu s vlivem smršťování a dotvarování $E_{c,eff}$	15500	MPa	$E_{c,eff}=E_{cm}/2$
Srovnávací výška betonové desky h_c	55,00	mm	$h_c=h_f$
Plocha spolupůsobícího betonu A_c	82500	mm ²	$A_c=b_{eff}*h_c$
Tloušťka betonu v žebře (výška žebra) h_p	55	mm	
Tloušťka betonu nad povrchem plechu h_f	55	mm	
Nosník	IPE 160	S355	
Průřezová plocha A_a	2010	mm ²	
f_{yk}	355	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	355,00	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
E_a	210000	MPa	
I_a	8,6900E+06	mm ⁴	
W_a	1,0900E+05	mm ³	
Tloušťka pásnice t_f	7,40	mm	
Výška nosníku h_a	160	mm	
Výška stojiny h_w	127,2	mm	
Tloušťka stojiny t_w	5	mm	
Hmotnost	15,8	kg/m	

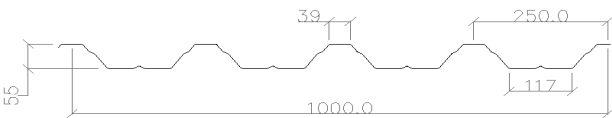


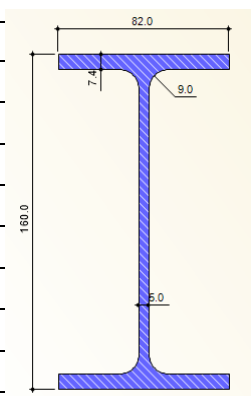
Spřahovací trny		SD 19/100	
Průměr dřívku trnu d	19	mm	
Výška trnu h_{sc}	100	mm	
Mez pevnosti v tahu f_u	400	MPa	
Součinitel spřažení γ_V	1,25		
Posouzení únosnosti v ohybu			
			
Účinná šířka desky b_{eff}	1500	mm	$b_{eff}=b_0+b_1+b_2$
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0	0	mm	
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 1. straně stojiny	750	mm	$b_1=L_e/8$
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 2. straně stojiny	750	mm	$b_2=L_e/8$
Vzdálenosti b_1 a b_2 nesmí být větší než polovina vzdálenosti nosníků od krajního spřahovacího prostředku	1000	mm	$(l_s-b_0)/2$
			VYHOVUJE
Návrhový ohybový moment M_{ed}	98,25	kNm	
Poloha plastické neutrální osy x_{pl}	33,58	mm	$x_{pl}=(A_a \cdot f_{yd})/b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}$
			Neutrální osa v betonu
Rameno vnitřních sil r	173,21	mm	$r=h_a/2+h_f+h_p-x_{pl}/2$
Moment únosnosti $M_{pl,Rd}$	123,594	kNm	$M_{pl,Rd}=A_a \cdot f_{yd} \cdot r$
$(M_{ed}/M_{pl,Rd}) \leq 1$	0,79	\leq	1,00
			VYHOVUJE
			
Posouzení vertikální smyk			
Návrhová posouvající síla V_{ed}	65,49	kN	
Plastická únosnost ve smyku $V_{pl,Rd}$	130,35	kN	
Plocha stojiny A_w	636,00	mm ²	
$(V_{ed}/V_{pl,Rd}) \leq 1,00$	0,50	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Únosnost spřažení			
Uvažováno je s úplným spřažením,			
na polovině rozpětí je tedy třeba přenést sílu N_{cr}	713,550	kN	$N_{cr}=A_a \cdot f_{yd}$

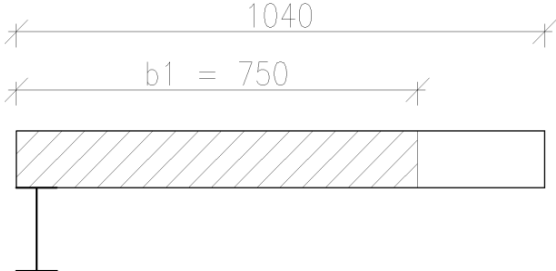
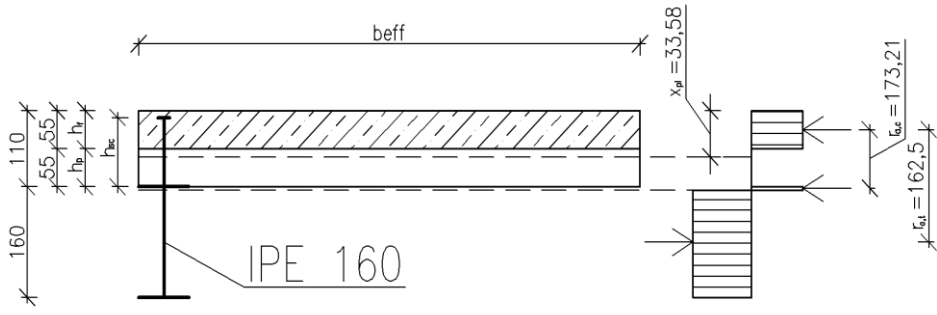
Smyková únosnost jednoho trnu P_{Rd} , menší z hodnot	72,583	kN	$P_{Rd}=(0,8*f_u*\pi*d^2/4)/\gamma_v$
	73,730	kN	$P_{Rd}=(0,29*\alpha*d^2*\sqrt{f_u*E_{cm}})/\gamma_v$
Poměr h_{sc}/d	5,26		
Součinitel α pro $h_{sc}/d > 4$	1,00		
Součinitel α pro $3 \leq h_{sc}/d \leq 4$	1,25		$\alpha=0,2*(h_{sc}/d+1)$
Redukční součinitel pro žebra kolmo k desce k_t	1,71		$k_t=(0,7/\sqrt{nr})*(b_0/h_p)*(h_{sc}/h_p-1)$
Počet trnu v jednom žebře v příčném řezu nosníkem (max. 2) n_r	1,00	ks	
Redukční součinitel $k_{t,max}$	0,85		
Redukovaná smyková únosnost jednoho trnu $P_{Rd}*k_t$	61,70	kN	$P_{Rd}*k_t$
Potřebný počet trnů na polovinu rozpětí n_f	11,57	ks	$n_f=N_{cr}/(P_{Rd}*k_t)$
	12,00	ks	
Počet trnů který, je možno umístit na polovinu nosníku n_s	12,00	ks	$n_s=((l_s/2)/b_z)*n_r$
	12,00	ks	VYHOVUJE
Konstrukční zásady pro umístění spřahovacích trnů			
Max průměr trnu (pro trny provařované skrz plech) 20 mm	19	mm	VYHOVUJE
Průměr dříku trnu $16 \leq d \leq 25$	19	mm	VYHOVUJE
Krytí trnu min. 20 mm	10	mm	NEVYHOVUJE
Konstrukce se nachází v suchém prostředí => krytí není bezpodmínečně vyžadováno			
Před dosažením pevnosti betonu min. 20 Mpa nesmí být konstrukce zatěžována, nebo vystavena deformacím			
Kotvení u krajního pole			
Bude provedeno U pruty ve výztuži desky - dále neřešeno			
Pruty příčné výztuže v žebře desky budou vzdáleny od spodní			
hrany spřahovacího trnu min. 40 mm			
Vzdálenost okraje náběhu od spřahovacího prvku min. 50 mm	50	mm	VYHOVUJE
Rozteč trnů ve směru pásnice nosníku (podélná vzdálenost trnů) s_l			
max. 800 mm	800	\geq	250 mm
max. $6*(h_p+h_f)$	660	\geq	250 mm
min. 5d	95	\leq	250 mm
			VYHOVUJE
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0 max. 4d	76	\geq	0
Platí pro více než dva trny			VYHOVUJE
Minimální šířka žebra	117	\geq	50
			VYHOVUJE
Přesah trnu nad horní hranu plechu min. 2d	38	\leq	45
			VYHOVUJE
Posouzení MSP			
Charakteristické zatížení pro 1. fázi při montáži $g_{k,1}$	5,218	kN/m	
Charakteristické zatížení pro 2. fázi ostatní stélé + proměnné $g_{k,2}$	10,220	kN/m	
Složky pro výpočet zatížení:			
beton deska (vylehčení a plech zanedbány)	2,530	kN/m ²	
vl. tíha nosníku	0,158	kN/m	
zatěžovací šířka	2,000	m	
ostatní stálé	1,810	kN/m ²	
proměnné	3,300	kN/m ²	

Průhyb 1. fáze δ_1	48,25	mm	$\delta_1 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_a)$
Nosník bude při montáži podepřen tudíž δ_1	0,00	mm	
Průhyb 2. fáze δ_2	16,89	mm	$\delta_2 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_i)$
Celkový průhyb δ	16,89	mm	$\delta = \delta_1 + \delta_2$
Maximální průhyb δ_{max}	24	mm	$\delta_{max} = L_e / 250$
Posouzení průhyb $\delta / \delta_{max} \leq 1,00$	0,70	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Pracovní součinitel n	13,55		$n = E_a / E_{c,eff}$
Plocha ideálního průřezu A_i	8099,29	mm ²	$A_i = A_a + A_c / n$
Statický moment S_i	5,4936E+05	mm ³	$S_i = A_a * c_a + (A_c * c_c) / n$
Poloha těžiště nosníku c_a	190	mm	$c_a = h_a / 2 + h_p + h_f$
Poloha těžiště desky c_c	27,5	mm	$c_c = h_c / 2$
Poloha těžiště ideálního průřezu c_i	67,83	mm	$c_i = S_i / A_i$
z_a	122,17	mm	$z_a = c_a - c_i$
z_c	40,33	mm	$z_c = c_i - c_c$
Moment setrvačnosti ideálního průřezu I_i	4,8622E+07	mm ⁴	$I_i = I_a + A_a * z_a^2 + (I_c + A_c * z_c^2) / n$
Moment setrvačnosti betonové desky I_c	3,7813E+05	mm ⁴	$I_c = 1/12 * b_{eff} * h_c^3$
Napětí v ocelovém nosníku v montážní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	23,48	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_{k,1} * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	215,42	Mpa	$\sigma_a = M_{ed} / W_a$
Nosník bude při montáži podepřen tudíž σ_a	0,00	MPa	
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,00	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Napětí v ocelovém nosníku v provozní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	45,99	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_k * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	115,56	Mpa	$\sigma_a = (M_{ed} / I_i) * z_a$
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,33	\leq	1,00
			VYHOVUJE

5.3.2. POSOUZENÍ STROPNICE B

Posouzení spřaženého nosníku - Stropnice B			
Orientace trapézového plechu	KOLMO		
Vstupní údaje:			
Délka nosníku L_e	6000	mm	
Vzájemná vzdálenost nosníků l_s - zatěžovací šířka	1000	mm	
Trapézový plech	TR 55/250	S320G	
f_{yk}	235	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	235	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka plechu	0,88	mm	
střední šířka žebra b_0	164,20	mm	
Osová vzdálenost žebor b_z	250,00	mm	
<p>TR 55/250</p> 			
Beton	C25/30		
f_{ck}	25	MPa	
γ_c	1,50		
f_{cd}	16,67	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$
E_{cm}	31000	Mpa	
Modul pružnosti betonu s vlivem smršťování a dotvarování $E_{c,eff}$	15500	MPa	$E_{c,eff}=E_{cm}/2$
Srovnávací výška betonové desky h_c	55,00	mm	$h_c=h_f$
Plocha spolupůsobícího betonu A_c	41250	mm ²	$A_c=b_{eff} \cdot h_c$
Tloušťka betonu v žebro (výška žebra) h_p	55	mm	
Tloušťka betonu nad povrchem plechu h_f	55	mm	
Nosník	IPE 160	S355	
Průřezová plocha A_a	2010	mm ²	
f_{yk}	355	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	355,00	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
E_a	210000	MPa	
I_a	8,6930E+06	mm ⁴	
W_a	1,0900E+05	mm ³	
Tloušťka pásnice t_f	7,40	mm	
Výška nosníku h_a	160	mm	
Výška stojiny h_w	127,2	mm	
Tloušťka stojiny t_w	5	mm	
Šířka pásnice b_f	82	mm	
Hmotnost	15,8	kg/m	

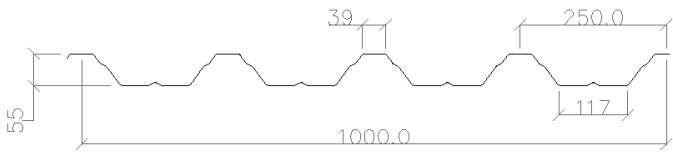


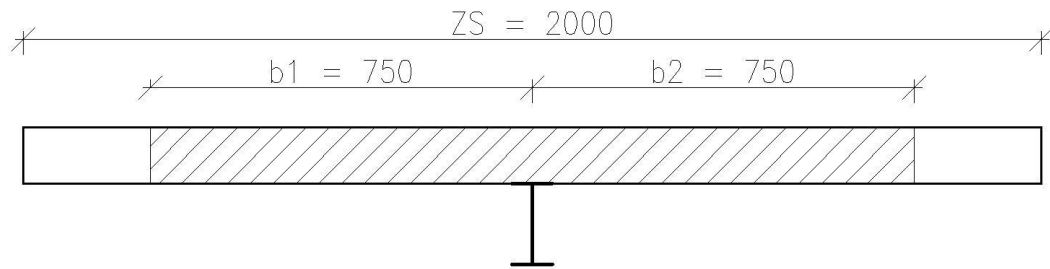
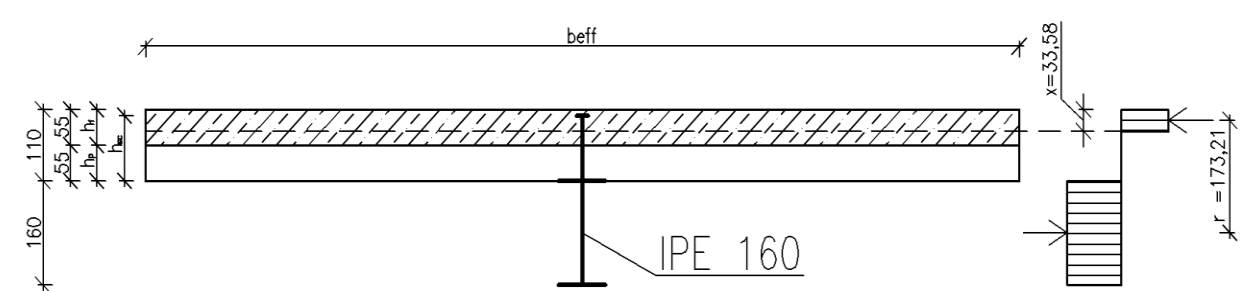
Spřahovací trny		SD 19/100	
Průměr dřívku trnu d	19	mm	
Výška trnu h_{sc}	100	mm	
Mez pevnosti v tahu f_u	400	MPa	
Součinitel spřažení γ_V	1,25		
Posouzení únosnosti v ohybu			
			
Účinná šířka desky b_{eff}	750	mm	$b_{eff}=b_0+b_1+b_2$
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0	0	mm	
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 1. straně stojiny	750	mm	$b_1=L_e/8$
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 2. straně stojiny	0	mm	$b_2=L_e/8$
Vzdálenosti b_1 a b_2 nesmí být větší než polovina vzdálenosti	500	mm	$(l_s-b_0)/2$
nosníků od krajního spřahovacího prostředku			VYHOVUJE
			
Návrhový ohybový moment M_{ed}	64,18	kNm	
Poloha plastické neutrální osy x_{pl}	67,16	mm	$x_{pl}=(A_a*f_{yd})/b_{eff}*0,85*f_{cd}$
			Neutrální osa v oceli
Výška tlačené pásnice x	4,44	mm	$x=A_a.c/f_{yd}$
			Neutrální osa v pásnici
Normálová síla v betonu $N_c = N_{a,t}$ - tah	584,38	kN	$N_c=0,85*f_{cd}*b_{eff}*h_f$
Normálová síla v oceli $N_{a,c}$ - tlakové	129,18	kN	$N_{a,c}=A_a*f_{yd}-N_c$
Plocha tlačené oceli $A_{a,c}$	363,87	mm ²	$A_{a,c}=N_{a,c}/f_{yd}$
Poloha neutrální osy $r_{a,c}$	84,72	mm	$r_{a,c}=h_f/2+hp+x/2$
Poloha neutrální osy $r_{a,t}$	162,50	mm	$r_{a,t}=h_a/2+hp+h_f/2$
Moment únosnosti $M_{pl,Rd}$	84,017	kNm	$M_{pl,Rd}=N_{a,t}*r_{a,t}-N_{a,c}*r_{a,c}$
$(M_{ed}/M_{pl,Rd}) \leq 1$	0,76	\leq	1,00
			VYHOVUJE

Posouzení vertikální smyk			
Návrhová posouvající síla V_{ed}	37,93	kN	
Plastická únosnost ve smyku $V_{pl,Rd}$	130,35	kN	
Plocha stojiny A_w	636,00	mm ²	
$(V_{ed}/V_{pl,Rd}) \leq 1,00$	0,29	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Únosnost spřažení			
Uvažováno je s úplným spřažením,			
na polovině rozpětí je tedy třeba přenést sílu N_{cr}	713,550	kN	$N_{cr}=A_a \cdot f_{yd}$
Smyková únosnost jednoho trnu P_{Rd} , menší z hodnot	72,583	kN	$P_{Rd}=(0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2/4)/\gamma_v$
	73,730	kN	$P_{Rd}=(0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_u \cdot E_{cm}})/\gamma_v$
Poměr h_{sc}/d	5,26		
Součinitel α pro $h_{sc}/d > 4$	1,00		
Součinitel α pro $3 \leq h_{sc}/d \leq 4$	1,25		$\alpha=0,2 \cdot (h_{sc}/d+1)$
Redukční součinitel pro žebra kolmo k desce k_t	1,71		$k_t=(0,7/\sqrt{nr}) \cdot (b_0/h_p) \cdot (h_{sc}/h_p-1)$
Počet trnu v jednom žebře v příčném řezu nosníkem (max. 2) n_r	1,00	ks	
Redukční součinitel $k_{t,max}$	0,85		
Redukovaná smyková únosnost jednoho trnu $P_{Rd} \cdot k_t$	61,70	kN	$P_{Rd} \cdot k_t$
Potřebný počet trnů na polovinu rozpětí n_f	11,57	ks	$n_f=N_{cr}/(P_{Rd} \cdot k_t)$
	12,00	ks	
Počet trnů který, je možno umístit na polovinu nosníku n_s	12,00	ks	$n_s=((l_s/2)/b_z) \cdot n_r$
	12,00	ks	VYHOVUJE
Konstrukční zásady pro umístění spřahovacích trnů			
Max průměr trnu (pro trny provaňované skrz plech) 20 mm	19	mm	VYHOVUJE
Průměr dířku trnu $16 \leq d \leq 25$	19	mm	VYHOVUJE
Krytí trnu min. 20 mm	10	mm	NEVYHOVUJE
Konstrukce se nachází v suchém prostředí => krytí není bezpodmínečně vyžadováno			
Před dosažením pevnosti betonu min. 20 Mpa nesmí být konstrukce zatěžována, nebo vystavena deformacím			
Kotvení u krajního pole			
Bude provedeno U pruty ve výztuži desky - dále neřešeno			
Pruty příčné výztuže v žebře desky budou vzdáleny od spodní			
hrany spřahovacího trnu min. 40 mm			
Vzdálenost okraje náběhu od spřahovacího prvku min. 50 mm	50	mm	VYHOVUJE
Rozteč trnů ve směru pásnice nosníku (podélná vzdálenost trnů) s_t			
max. 800 mm	800	\geq	250 mm
max. $6 \cdot (h_p + h_f)$	660	\geq	250 mm
min. 5d	95	\leq	250 mm
			VYHOVUJE
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0 max. 4d	76	\geq	0
Platí pro více než dva trny			VYHOVUJE
Minimální šířka žebra	117	\geq	50
			VYHOVUJE
Přesah trnu nad horní hranu plechu min. 2d	38	\leq	45
			VYHOVUJE

Posouzení MSP			
Charakteristické zatížení pro 1. fázi při montáži $g_{k,1}$	2,688	kN/m	
Charakteristické zatížení pro 2. fázi ostatní stélé + proměnné $g_{k,2}$	7,510	kN/m	
Složky pro výpočet zatížení:			
beton deska (vylehčení a plech zanedbány)	2,530	kN/m ²	
vl. tíha nosníku	0,158	kN/m	
zatěžovací šířka	1,000	m	
ostatní stálé	1,810	kN/m ²	
proměnné	3,300	kN/m ²	
lehký obvodový plášť	2,400	kN/m	
Průhyb 1. fáze δ_1	24,85	mm	$\delta_1 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_a)$
Nosník bude při montáži podepřen tudíž δ_1	0,00	mm	
Průhyb 2. fáze δ_2	14,84	mm	$\delta_2 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_i)$
Celkový průhyb δ	14,84	mm	$\delta = \delta_1 + \delta_2$
Maximální průhyb δ_{max}	24	mm	$\delta_{max} = L_e / 250$
Posouzení průhyb $\delta / \delta_{max} \leq 1,00$	0,62	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Pracovní součinitel n	13,55		$n = E_a / E_{c,eff}$
Plocha ideálního průřezu A_i	5054,64	mm ²	$A_i = A_a + A_c / n$
Statický moment S_i	4,6563E+05	mm ³	$S_i = A_a * c_a + (A_c * c_c) / n$
Poloha těžiště nosníku c_a	190	mm	$c_a = h_a / 2 + h_p + h_f$
Poloha těžiště desky c_c	27,5	mm	$c_c = h_c / 2$
Poloha těžiště ideálního průřezu c_i	92,12	mm	$c_i = S_i / A_i$
z_a	97,88	mm	$z_a = c_a - c_i$
z_c	64,62	mm	$z_c = c_i - c_c$
Moment setrvačnosti ideálního průřezu I_i	4,0677E+07	mm ⁴	$I_i = I_a + A_a * z_a^2 + (I_c + A_c * z_c^2) / n$
Moment setrvačnosti betonové desky I_c	1,8906E+05	mm ⁴	$I_c = 1/12 * b_{eff} * h_c^3$
Napětí v ocelovém nosníku v montážní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	12,10	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_{k,1} * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	110,97	Mpa	$\sigma_a = M_{ed} / W_a$
Nosník bude při montáži podepřen tudíž σ_a	0,00	MPa	
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,00	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Napětí v ocelovém nosníku v provozní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	33,80	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_k * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	81,32	Mpa	$\sigma_a = (M_{ed} / I_i) * z_a$
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,23	\leq	1,00
			VYHOVUJE

5.3.3. POSOUZENÍ STROPNICE C

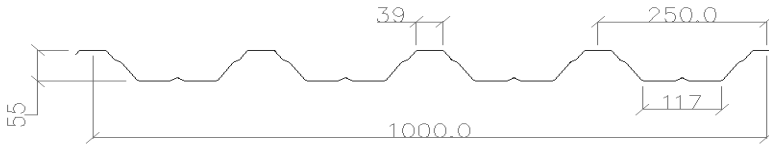
Posouzení spřaženého nosníku - Stropnice C			
Orientace trapézového plechu	KOLMO		
Vstupní údaje:			
Délka nosníku L_e	6000	mm	
Vzájemná vzdálenost nosníků l_s - zatěžovací šířka	2000	mm	
Trapézový plech	TR 55/250	S320G	
f_{yk}	235	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	235	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka plechu	0,88	mm	
střední šířka žebra b_0	164,20	mm	
Osová vzdálenost žebor b_z	250,00	mm	
<p>TR 55/250</p> 			
Beton	C25/30		
f_{ck}	25	MPa	
γ_c	1,50		
f_{cd}	16,67	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$
E_{cm}	31000	Mpa	
Modul pružnosti betonu s vlivem smršťování a dotvarování $E_{c,eff}$	15500	MPa	$E_{c,eff}=E_{cm}/2$
Srovnávací výška betonové desky h_c	55,00	mm	$h_c=h_f$
Plocha spolupůsobícího betonu A_c	82500	mm ²	$A_c=b_{eff}*h_c$
Tloušťka betonu v žebro (výška žebra) h_p	55	mm	
Tloušťka betonu nad povrchem plechu h_f	55	mm	
Nosník	IPE 160	S355	
Průřezová plocha A_a	2010	mm ²	
f_{yk}	355	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	355,00	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
E_a	210000	MPa	
I_a	8,6900E+06	mm ⁴	
W_a	1,0900E+05	mm ³	
Tloušťka pásnice t_f	7,40	mm	
Výška nosníku h_a	160	mm	
Výška stojiny h_w	127,2	mm	
Tloušťka stojiny t_w	5	mm	
Hmotnost	15,8	kg/m	

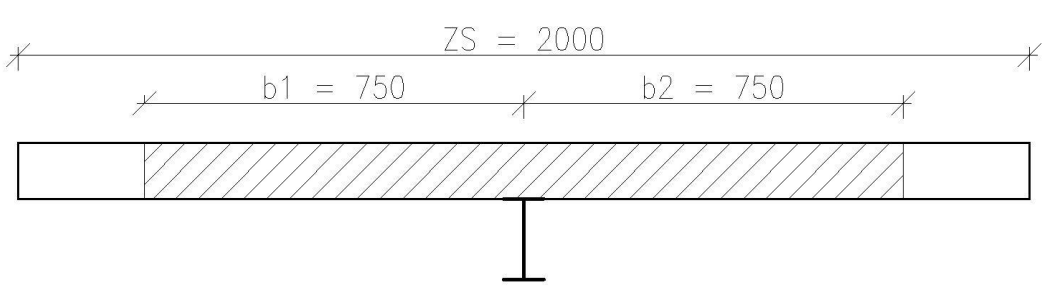
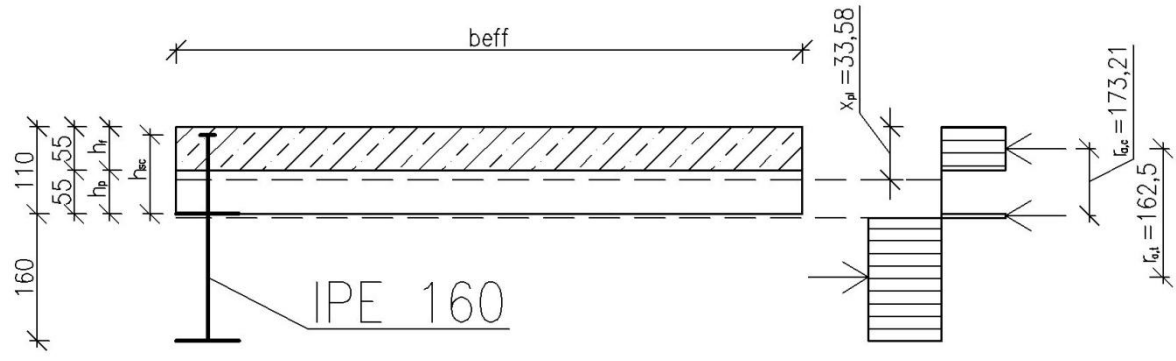
Spřahovací trny		SD 19/100		
Průměr dřívku trnu d	19	mm		
Výška trnu h _{sc}	100	mm		
Mez pevnosti v tahu f _u	400	MPa		
Součinitel spřažení γ _v	1,25			
Posouzení únosnosti v ohybu				
<div></div>				
Účinná šířka desky b _{eff}	1500	mm	b _{eff} =b ₀ +b ₁ +b ₂	
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b ₀	0	mm		
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 1. straně stojny	750	mm	b ₁ =L _e /8	
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 2. straně stojny	750	mm	b ₂ =L _e /8	
Vzdálenosti b1 a b2 nesmí být větší než polovina vzdálenosti nosníků od krajního spřahovacího prostředku	1000	mm	(l _s -b ₀)/2	
			VYHOVUJE	
<div></div>				
Návrhový ohybový moment M _{ed}	113,79	kNm		
Poloha plastické neutrální osy x _{pl}	33,58	mm	x _{pl} =(A _a *f _{yd})/b _{eff} *0,85*f _{cd}	
			Neutrální osa v betonu	
Rameno vnitřních sil r	173,21	mm	r=h _a /2+h _f +h _p -x _{pl} /2	
Moment únosnosti M _{pl,Rd}	123,594	kNm	M _{pl,Rd} =A _a *f _{yd} *r	
(M _{ed} /M _{pl,Rd})≤1	0,92	≤	1,00	
			VYHOVUJE	
Posouzení vertikální smyk				
Návrhová posouvající síla V _{ed}	75,86	kN		
Plastická únosnost ve smyku V _{pl,Rd}	130,35	kN		
Plocha stojiny A _w	636,00	mm ²		
(V _{ed} /V _{pl,Rd}) ≤ 1,00	0,58	≤	1,00	
			VYHOVUJE	

Únosnost spřažení			
Uvažováno je s úplným spřažením,			
na polovině rozpětí je tedy třeba přenést sílu N_{cr}	713,550	kN	$N_{cr}=A_a \cdot f_{yd}$
Smyková únosnost jednoho trnu P_{Rd} , menší z hodnot	72,583	kN	$P_{Rd}=(0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2/4)/\gamma_v$
	73,730	kN	$P_{Rd}=(0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_u \cdot E_{cm}})/\gamma_v$
Poměr h_{sc}/d	5,26		
Součinitel α pro $h_{sc}/d > 4$	1,00		
Součinitel α pro $3 \leq h_{sc}/d \leq 4$	1,25		$\alpha=0,2 \cdot (h_{sc}/d+1)$
Redukční součinitel pro žebra kolmo k desce k_t	1,71		$k_t=(0,7/\sqrt{v(nr)}) \cdot (b_0/h_p) \cdot (h_{sc}/h_p-1)$
Počet trnu v jednom žebře v příčném řezu nosníkem (max. 2) n_r	1,00	ks	
Redukční součinitel $k_{t,max}$	0,85		
Redukovaná smyková únosnost jednoho trnu $P_{Rd} \cdot k_t$	61,70	kN	$P_{Rd} \cdot k_t$
Potřebný počet trnů na polovinu rozpětí n_f	11,57	ks	$n_f=N_{cr}/(P_{Rd} \cdot k_t)$
	12,00	ks	
Počet trnů který, je možno umístit na polovinu nosníku n_s	12,00	ks	$n_s=((l_s/2)/b_z) \cdot n_r$
	12,00	ks	VYHOVUJE
Konstrukční zásady pro umístění spřahovacích trnů			
Max průměr trnu (pro trny provařované skrz plech) 20 mm	19	mm	VYHOVUJE
Průměr dířku trnu $16 \leq d \leq 25$	19	mm	VYHOVUJE
Krytí trnu min. 20 mm	10	mm	NEVYHOVUJE
Konstrukce se nachází v suchém prostředí => krytí není bezpodmínečně vyžadováno			
Před dosažením pevnosti betonu min. 20 Mpa nesmí být konstrukce zatěžována, nebo vystavena deformacím			
Kotvení u krajního pole			
Bude provedeno U pruty ve výztuži desky - dále neřešeno			
Pruty příčné výztuže v žebře desky budou vzdáleny od spodní			
hrany spřahovacího trnu min. 40 mm			
Vzdálenost okraje náběhu od spřahovacího prvku min. 50 mm	50	mm	VYHOVUJE
Rozteč trnů ve směru pásnice nosníku (podélná vzdálenost trnů) s_l			
max. 800 mm	800	\geq	250 mm
max. $6 \cdot (h_p + h_f)$	660	\geq	250 mm
min. 5d	95	\leq	250 mm
			VYHOVUJE
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0 max. 4d	76	\geq	0
Platí pro více než dva trny			VYHOVUJE
Minimální šířka žebra	117	\geq	50
			VYHOVUJE
Přesah trnu nad horní hranu plechu min. 2d	38	\leq	45
			VYHOVUJE
Posouzení MSP			
Charakteristické zatížení pro 1. fázi při montáži $g_{k,1}$	5,218	kN/m	
Charakteristické zatížení pro 2. fázi ostatní stélé + proměnné $g_{k,2}$	12,524	kN/m	
Složky pro výpočet zatížení:			
beton deska (vylehčení a plech zanedbány)	2,530	kN/m ²	
vl. tíha nosníku	0,158	kN/m	

zatěžovací šířka	2,000	m	
ostatní stálé	1,810	kN/m ²	
proměnné	3,300	kN/m ²	
ostatní proměnné (vítr, sníh)	1,920	kN/m ²	
Průhyb 1. fáze δ_1	48,25	mm	$\delta_1 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_a)$
Nosník bude při montáži podepřen tudíž δ_1	0,00	mm	
Průhyb 2. fáze δ_2	20,70	mm	$\delta_2 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_i)$
Celkový průhyb δ	20,70	mm	$\delta = \delta_1 + \delta_2$
Maximální průhyb δ_{max}	24	mm	$\delta_{max} = L_e / 250$
Posouzení průhyb $\delta / \delta_{max} \leq 1,00$	0,86	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Pracovní součinitel n	13,55		$n = E_a / E_{c,eff}$
Plocha ideálního průřezu A_i	8099,29	mm ²	$A_i = A_a + A_c / n$
Statický moment S_i	5,4936E+05	mm ³	$S_i = A_a * c_a + (A_c * c_c) / n$
Poloha těžiště nosníku c_a	190	mm	$c_a = h_a / 2 + h_p + h_f$
Poloha těžiště desky c_c	27,5	mm	$c_c = h_c / 2$
Poloha těžiště ideálního průřezu c_i	67,83	mm	$c_i = S_i / A_i$
z_a	122,17	mm	$z_a = c_a - c_i$
z_c	40,33	mm	$z_c = c_i - c_c$
Moment setrvačnosti ideálního průřezu I_i	4,8622E+07	mm ⁴	$I_i = I_a + A_a * z_a^2 + (I_c + A_c * z_c^2) / n$
Moment setrvačnosti betonové desky I_c	3,7813E+05	mm ⁴	$I_c = 1/12 * b_{eff} * h_c^3$
Napětí v ocelovém nosníku v montážní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	23,48	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_{k,1} * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	215,42	Mpa	$\sigma_a = M_{ed} / W_a$
Nosník bude při montáži podepřen tudíž σ_a	0,00	MPa	
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,00	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Napětí v ocelovém nosníku v provozní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	56,36	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_k * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	141,61	Mpa	$\sigma_a = (M_{ed} / I_i) * z_a$
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,40	\leq	1,00
			VYHOVUJE

5.3.4. POSOUZENÍ STROPNICE D

Posouzení spřaženého nosníku - Stropnice D			
Orientace trapézového plechu	KOLMO		
Vstupní údaje:			
Délka nosníku L_e	6000	mm	
Vzájemná vzdálenost nosníků l_s - zatěžovací šířka	2000	mm	
Trapézový plech	TR 55/250	S320G	
f_{yk}	235	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	235	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka plechu	0,88	mm	
střední šířka žebra b_0	164,20	mm	
Osová vzdálenost žebel b_z	250,00	mm	
<p>TR 55/250</p> 			
Beton	C25/30		
f_{ck}	25	MPa	
γ_c	1,50		
f_{cd}	16,67	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$
E_{cm}	31000	Mpa	
Modul pružnosti betonu s vlivem smršťování a dotvarování $E_{c,eff}$	15500	MPa	$E_{c,eff}=E_{cm}/2$
Srovnávací výška betonové desky h_c	55,00	mm	$h_c=h_f$
Plocha spolupůsobícího betonu A_c	82500	mm ²	$A_c=b_{eff}*h_c$
Tloušťka betonu v žebře (výška žebra) h_p	55	mm	
Tloušťka betonu nad povrchem plechu h_f	55	mm	
Nosník	IPE 160	S355	
Průřezová plocha A_a	2010	mm ²	
f_{yk}	355	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	355,00	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
E_a	210000	MPa	
I_a	8,6930E+06	mm ⁴	
W_a	1,0900E+05	mm ³	
Tloušťka pásnice t_f	7,40	mm	
Výška nosníku h_a	160	mm	
Výška stojiny h_w	127,2	mm	
Tloušťka stojiny t_w	5	mm	
Hmotnost	15,8	kg/m	

Spřahovací trny	SD 19/100		
Průměr dřívku trnu d	19	mm	
Výška trnu h_{sc}	100	mm	
Mez pevnosti v tahu f_u	400	MPa	
Součinitel spřažení γ_V	1,25		
Posouzení únosnosti v ohybu			
			
Účinná šířka desky b_{eff}	1500	mm	$b_{eff}=b_0+b_1+b_2$
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0	0	mm	
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 1. straně stojiny	750	mm	$b_1=L_e/8$
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 2. straně stojiny	750	mm	$b_2=L_e/8$
Vzdálenosti b_1 a b_2 nesmí být větší než polovina vzdálenosti nosníků od krajního spřahovacího prostředku	1000	mm	$(l_s-b_0)/2$
			VYHOVUJE
			
Návrhový ohybový moment M_{ed}	109,20	kNm	
Poloha plastické neutrální osy x_{pl}	33,58	mm	$x_{pl}=(A_a \cdot f_{yd})/b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}$
			Neutrální osa v betonu
Rameno vnitřních sil r	173,21	mm	$r=h_a/2+h_f+h_p-x_{pl}/2$
Moment únosnosti $M_{pl,Rd}$	123,594	kNm	$M_{pl,Rd}=A_a \cdot f_{yd} \cdot r$
$(M_{ed}/M_{pl,Rd}) \leq 1$	0,88	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Posouzení vertikální smyku			
Návrhová posouvající síla V_{ed}	72,13	kN	
Plastická únosnost ve smyku $V_{pl,Rd}$	130,35	kN	
Plocha stojiny A_w	636,00	mm ²	
$(V_{ed}/V_{pl,Rd}) \leq 1,00$	0,55	\leq	1,00
			VYHOVUJE

Únosnost spřažení			
Uvažováno je s úplným spřažením,			
na polovině rozpětí je tedy třeba přenést sílu N_{cr}	713,550	kN	$N_{cr}=A_a \cdot f_{yd}$
Smyková únosnost jednoho trnu P_{Rd} , menší z hodnot	72,583	kN	$P_{Rd}=(0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2/4)/\gamma_v$
	73,730	kN	$P_{Rd}=(0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_u \cdot E_{cm}})/\gamma_v$
Poměr h_{sc}/d	5,26		
Součinitel α pro $h_{sc}/d > 4$	1,00		
Součinitel α pro $3 \leq h_{sc}/d \leq 4$	1,25		$\alpha=0,2 \cdot (h_{sc}/d+1)$
Redukční součinitel pro žebra kolmo k desce k_t	1,71		$k_t=(0,7/\sqrt{nr}) \cdot (b_0/h_p) \cdot (h_{sc}/h_p-1)$
Počet trnu v jednom žeburu v příčném řezu nosníkem (max. 2) n_r	1,00	ks	
Redukční součinitel $k_{t,max}$	0,85		
Redukovaná smyková únosnost jednoho trnu $P_{Rd} \cdot k_t$	61,70	kN	$P_{Rd} \cdot k_t$
Potřebný počet trnů na polovinu rozpětí n_f	11,57	ks	$n_f=N_{cr}/(P_{Rd} \cdot k_t)$
	12,00	ks	
Počet trnů který, je možno umístit na polovinu nosníku n_s	12,00	ks	$n_s=((l_s/2)/b_z) \cdot n_r$
	12,00	ks	VYHOVUJE
Konstrukční zásady pro umístění spřahovacích trnů			
Max průměr trnu (pro trny provaňované skrz plech) 20 mm	19	mm	VYHOVUJE
Průměr dířku trnu $16 \leq d \leq 25$	19	mm	VYHOVUJE
Krytí trnu min. 20 mm	10	mm	NEVYHOVUJE
Konstrukce se nachází v suchém prostředí => krytí není bezpodmínečně vyžadováno			
Před dosažením pevnosti betonu min. 20 Mpa nesmí být konstrukce zatěžována, nebo vystavena deformacím			
Kotvení u krajního pole			
Bude provedeno U pruty ve výztuži desky - dále neřešeno			
Pruty příčné výztuže v žeburu desky budou vzdáleny od spodní			
hrany spřahovacího trnu min. 40 mm			
Vzdálenost okraje náběhu od spřahovacího prvku min. 50 mm	50	mm	VYHOVUJE
Rozteč trnů ve směru pásnice nosníku (podélná vzdálenost trnů) s_l			
max. 800 mm	800	\geq	250 mm
max. $6 \cdot (h_p + h_f)$	660	\geq	250 mm
min. 5d	95	\leq	250 mm
			VYHOVUJE
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0 max. 4d	76	\geq	0
Platí pro více než dva trny			VYHOVUJE
Minimální šířka žebra	117	\geq	50
			VYHOVUJE
Přesah trnu nad horní hranu plechu min. 2d	38	\leq	45
			VYHOVUJE
Posouzení MSP			
Charakteristické zatížení pro 1. fázi při montáži $g_{k,1}$	5,218	kN/m	
Charakteristické zatížení pro 2. fázi ostatní stélé + proměnné $g_{k,2}$	10,020	kN/m	
Složky pro výpočet zatížení:			
beton deska (vylehčení a plech zanedbány)	2,530	kN/m ²	
vl. tíha nosníku	0,158	kN/m	

zatěžovací šířka	2,000	m	
ostatní stálé	1,890	kN/m ²	
proměnné	0,750	kN/m ²	
vítr	1,408	kN/m ²	
sníh	1,750	kN/m ²	
Průhyb 1. fáze δ_1	48,23	mm	$\delta_1 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_a)$
Nosník bude při montáži podepřen tudíž δ_1	0,00	mm	
Průhyb 2. fáze δ_2	16,56	mm	$\delta_2 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_i)$
Celkový průhyb δ	16,56	mm	$\delta = \delta_1 + \delta_2$
Maximální průhyb δ_{max}	24	mm	$\delta_{max} = L_e / 250$
Posouzení průhyb $\delta / \delta_{max} \leq 1,00$	0,69	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Pracovní součinitel n	13,55		$n = E_a / E_{c,eff}$
Plocha ideálního průřezu A_i	8099,29	mm ²	$A_i = A_a + A_c / n$
Statický moment S_i	5,4936E+05	mm ³	$S_i = A_a * c_a + (A_c * c_c) / n$
Poloha těžiště nosníku c_a	190	mm	$c_a = h_a / 2 + h_p + h_f$
Poloha těžiště desky c_c	27,5	mm	$c_c = h_c / 2$
Poloha těžiště ideálního průřezu c_i	67,83	mm	$c_i = S_i / A_i$
z_a	122,17	mm	$z_a = c_a - c_i$
z_c	40,33	mm	$z_c = c_i - c_c$
Moment setrvačnosti ideálního průřezu I_i	4,8625E+07	mm ⁴	$I_i = I_a + A_a * z_a^2 + (I_c + A_c * z_c^2) / n$
Moment setrvačnosti betonové desky I_c	3,7813E+05	mm ⁴	$I_c = 1/12 * b_{eff} * h_c^3$
Napětí v ocelovém nosníku v montážní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	23,48	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_{k,1} * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	215,42	Mpa	$\sigma_a = M_{ed} / W_a$
Nosník bude při montáži podepřen tudíž σ_a	0,00	MPa	
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,00	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Napětí v ocelovém nosníku v provozní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	45,09	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_k * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	113,28	Mpa	$\sigma_a = (M_{ed} / I_i) * z_a$
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,32	\leq	1,00
			VYHOVUJE

5.3.5. POSOUZENÍ STROPNICE SHRUTÍ

Stručný výstup statického posudku Stropnice A			
GEOMETRIE			
Délka	6,00 m		
Vzájemná vzdálenost nosníků	2,00 m		
Efektivní šířka beff	1,5 m		
Ocelový nosník	IPE 160		
Ocel	S355		
Betonová deska - celková výška	110 mm		
Beton	C25/30		
Trapézový plech	TR 55/250		
Ocel	S320G		
Orientace plechu	KOLMO		
Spřahovací trny	SD 19/100		
Rozteč trnů	1ks po 250 mm		
Stupeň spřažení	PLNĚ		
Celkový počet trnů na nosníku	24,00 ks		
POSOUZENÍ MSÚ			
Únosnost v ohybu	0,79	VYHOVUJE	
Únosnost ve smyku	0,50	VYHOVUJE	
Nosník bude v montážním stavu podepřen			
POSOUZENÍ MSP			
Svislý průhyb	0,70	VYHOVUJE	
POSOUZENÍ NAPĚTÍ V OCEL. NOSNÍKU			
V montážní fázi	0,00	VYHOVUJE	
V provozní fázi	0,33	VYHOVUJE	
Celkem	0,33	VYHOVUJE	

Stručný výstup statického posudku Stropnice B			
GEOMETRIE			
Délka	6,00 m		
Vzájemná vzdálenost nosníků	1,00 m		
Efektivní šířka beff	0,75 m		
Ocelový nosník	IPE 160		
Ocel	S355		
Betonová deska - celková výška	110 mm		
Beton	C25/30		
Trapézový plech	TR 55/250		
Ocel	S320G		
Orientace plechu	KOLMO		
Spřahovací trny	SD 19/100		
Rozteč trnů	1ks po 250 mm		
Stupeň spřažení	PLNĚ		
Celkový počet trnů na nosníku	24,00 ks		
POSOUZENÍ MSÚ			
Únosnost v ohybu	0,76	VYHOVUJE	
Únosnost ve smyku	0,29	VYHOVUJE	
Nosník bude v montážním stavu podepřen			
POSOUZENÍ MSP			
Svislý průhyb	0,62	VYHOVUJE	
POSOUZENÍ NAPĚTÍ V OCEL. NOSNÍKU			
V montážní fázi	0,00	VYHOVUJE	
V provozní fázi	0,23	VYHOVUJE	
Celkem	0,23	VYHOVUJE	

Stručný výstup statického posudku Stropnice C			
GEOMETRIE			
Délka	6,00 m		
Vzájemná vzdálenost nosníků	2,00 m		
Efektivní šířka beff	1,5 m		
Ocelový nosník	IPE 160		
Ocel	S355		
Betonová deska - celková výška	110 mm		
Beton	C25/30		
Trapézový plech	TR 55/250		
Ocel	S320G		
Orientace plechu	KOLMO		
Spřahovací trny	SD 19/100		
Rozteč trnů	1ks po 250 mm		
Stupeň spřažení	PLNĚ		
Celkový počet trnů na nosníku	24,00 ks		
POSOUZENÍ MSÚ			
Únosnost v ohybu	0,92	VYHOVUJE	
Únosnost ve smyku	0,58	VYHOVUJE	
Nosník bude v montážním stavu podepřen			
POSOUZENÍ MSP			
Svislý průhyb	0,86	VYHOVUJE	
POSOUZENÍ NAPĚTÍ V OCEL. NOSNÍKU			
V montážní fázi	0,00	VYHOVUJE	
V provozní fázi	0,40	VYHOVUJE	
Celkem	0,40	VYHOVUJE	

Stručný výstup statického posudku Stropnice D			
GEOMETRIE			
Délka	6,00 m		
Vzájemná vzdálenost nosníků	2,00 m		
Efektivní šířka beff	1,5 m		
Ocelový nosník	IPE 160		
Ocel	S355		
Betonová deska - celková výška	110 mm		
Beton	C25/30		
Trapézový plech	TR 55/250		
Ocel	S320G		
Orientace plechu	KOLMO		
Spřahovací trny	SD 19/100		
Rozteč trnů	1ks po 250 mm		
Stupeň spřažení	PLNĚ		
Celkový počet trnů na nosníku	24,00 ks		
POSOUZENÍ MSÚ			
Únosnost v ohybu	0,88	VYHOVUJE	
Únosnost ve smyku	0,55	VYHOVUJE	
Nosník bude v montážním stavu podepřen			
POSOUZENÍ MSP			
Svislý průhyb	0,69	VYHOVUJE	
POSOUZENÍ NAPĚTÍ V OCEL. NOSNÍKU			
V montážní fázi	0,00	VYHOVUJE	
V provozní fázi	0,32	VYHOVUJE	
Celkem	0,32	VYHOVUJE	

5.4. POSOUZENÍ PRŮVLAKŮ - PROLAMOVANÝ NOSNÍK

Prolamované nosníky byly rozděleny na 5 druhů dle zatížení a následně posouzeny.

PRŮVLAK A

Průvlak A: střední průvlak v 1. - 4. podlaží

PRŮVLAK B

Průvlak B: střední průvlak v 5. podlaží (nad přemostěním)

PRŮVLAK C

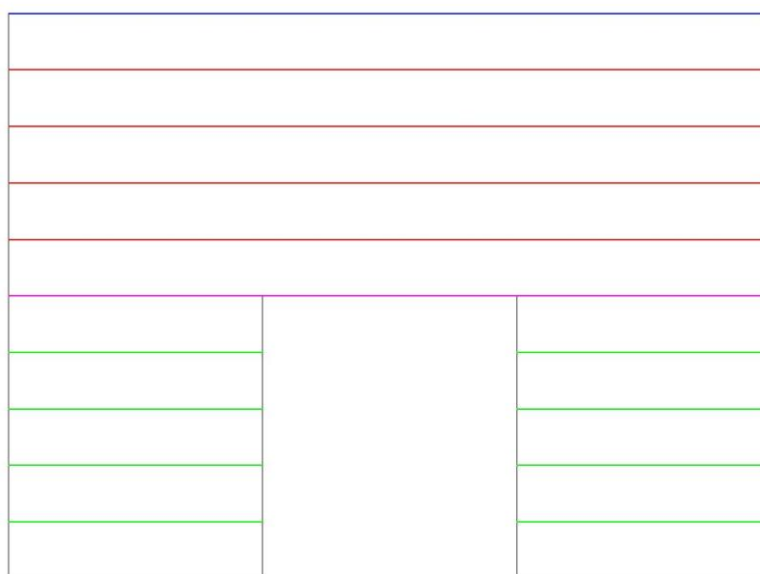
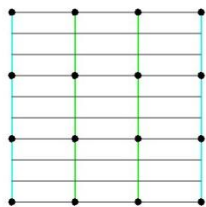
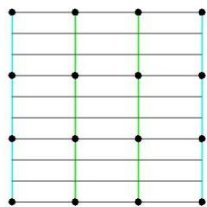
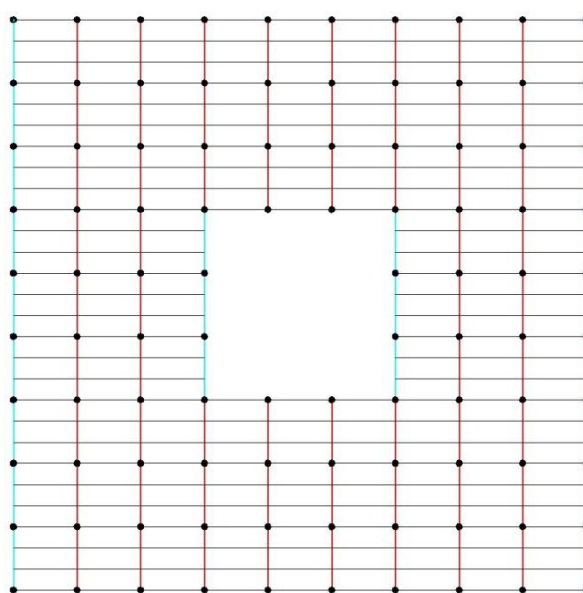
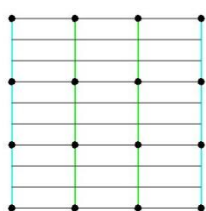
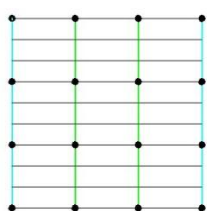
Průvlak C: střední průvlak v 6. - 9. podlaží

PRŮVLAK D

Průvlak D: střední průvlak v 10. podlaží (střecha)

PRŮVLAK E

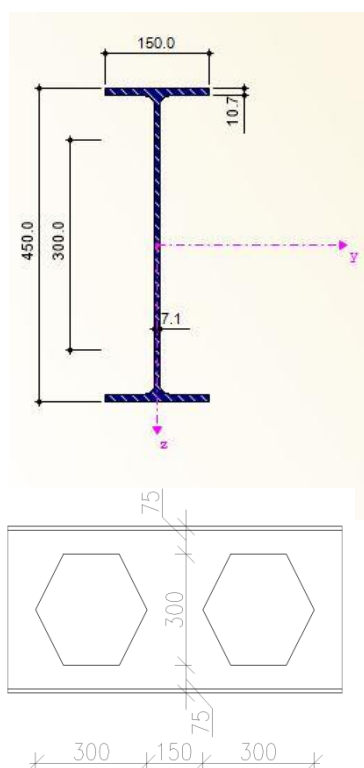
Průvlak E: krajní průvlak všech podlaží



5.4.1. PARAMETRY PRŮŘEZU

Pro průvlaky A,D a E je použit:

Prolamovaný nosník IPE 300-450, S355



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	h	450,0	mm
Šířka profilu	b	150,0	mm
Vzdálenost těžišť pásů	h_c	427,51	mm
délka pole	p	450,0	mm
délka spoje nosníku	w	150,0	mm
Tloušťka stojiny	t_w	7,1	mm
Tloušťka pásnice	t_f	10,7	mm
Uvažovaná výška stojiny pro zatřídění	c_{w1}	398,6	mm
Výška přečnickující části stojiny pro zatřídění	c_{w2}	49,3	mm
Uvažovaná šířka pásnice pro zatřídění	c_f	56,5	mm
Plocha průřezu	A	4315,0	mm ²
Smyková plocha - plocha stojiny	A_y	1503,0	mm ²
Plocha T prvku	A_{TP}	2157,5	mm ²
Plocha spoje T prvku	A_{TS}	1065	mm ²
Moment setrvačnosti k osy y	I_y	166500000,0	mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	6040000,0	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I_t	202000,0	mm ⁴
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	913814,0	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	123401,0	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{el,y}$	740203,0	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{el,z}$	80533,3	mm ³
Průřezový modul T pásu - pruh	$W_{T,SP}$	8402,5	mm ³

- zatřídění průřezu

$\varepsilon = 0,81$ pro $f_y=355$ MPa

Pásnice

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{56,5}{10,7} = 5,28$$

$$5,28 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,2$$

Stojina

$$\frac{c_{w1}}{t_w} = \frac{398,6}{7,1} = 56,1$$

$$56,1 \leq 72 * \varepsilon = 72 * 0,81 = 58,32$$

Přečnickující část stojiny

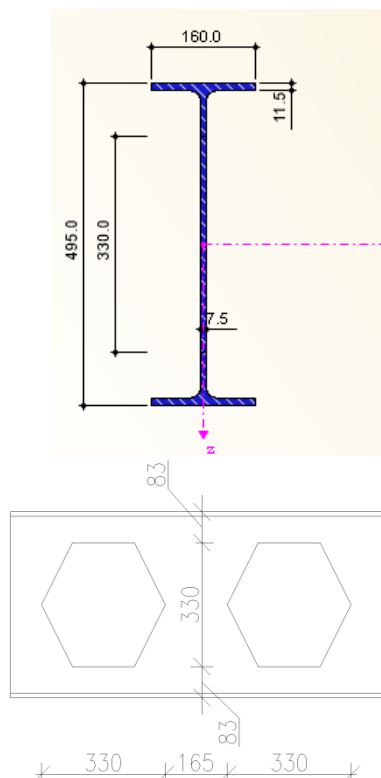
$$\frac{c_{w2}}{t_w} = \frac{49,3}{7,1} = 6,94$$

$$6,94 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,29$$

=> Průřez zatříděn do 1. třídy

Pro průvlak B je použit:

Prolamovaný nosník IPE 330-495, S355



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	h	495,0	mm
Šířka profilu	b	160,0	mm
Vzdálenost těžišť pásů	h _c	465,70	mm
délka pole	p	495,0	mm
délka spoje nosníku	w	165,0	mm
Tloušťka stojiny	t _w	7,5	mm
Tloušťka pásnice	t _f	11,5	mm
Uvažovaná výška stojiny pro zatřídění	c _{w1}	436,0	mm
Výška přečnívající části stojiny pro zatřídění	c _{w2}	53,0	mm
Uvažovaná šířka pásnice pro zatřídění	c _f	58,25	mm
Plocha průřezu	A	5022,5	mm ²
Smyková plocha - plocha stojiny v místě otvoru	A _y	2462,5	mm ²
Plocha T prvku	A _{TP}	2511,3	mm ²
Plocha spoje T prvku	A _{TS}	1237,5	mm ²
Moment setrvačnosti k osy y	I _y	234800000,0	mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I _z	7880000,0	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I _t	283000,0	mm ⁴
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	1170350,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	151478,0	mm ³
Elastický průřezový modul	W _{el,y}	948785,0	mm ³
Elastický průřezový modul	W _{el,z}	98500,0	mm ³
Průřezový modul T pásu - pruh	W _{T,SP}	13865,5	mm ³

- zatřídění průřezu

$\varepsilon = 0,81$ pro $f_y=355$ MPa

Pásnice

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{58,25}{11,5} = 5,06$$

$$5,06 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,2$$

Stojina

$\varepsilon = 0,81$ pro $f_y=355$ MPa

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{436}{7,5} = 56,14$$

$$58,1 \leq 72 * \varepsilon = 72 * 0,81 = 58,32$$

Přečnívající část stojiny

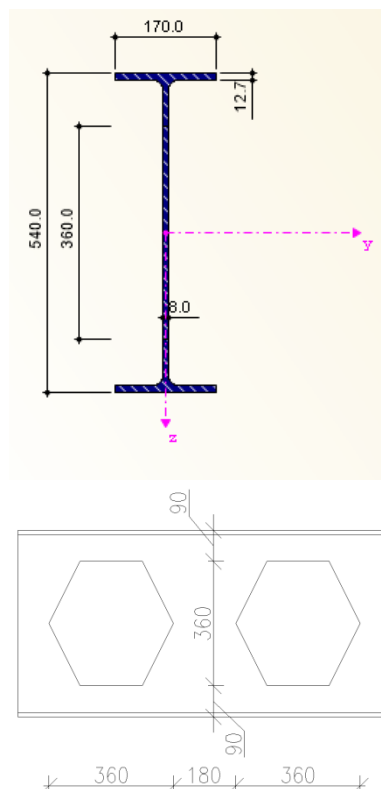
$$\frac{c_{w2}}{t_w} = \frac{53,0}{7,5} = 7,07$$

$$7,07 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,29$$

=> Průřez zatříděn do 1. třídy

Pro průvlak C je použit:

Prolamovaný nosník IPE 360-540, S355



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	h	540,0	mm
Šířka profilu	b	170,0	mm
Vzdálenost těžišť pásů	h_c	508,0	mm
délka pole	p	540,0	mm
délka spoje nosníku	w	180,0	mm
Tloušťka stojiny	t_w	8,0	mm
Tloušťka pásnice	t_f	12,7	mm
Uvažovaná výška stojiny pro zatřídění	c_{w1}	478,6	mm
Výška přečnívající části stojiny pro zatřídění	c_{w2}	59,3	mm
Uvažovaná šířka pásnice pro zatřídění	c_f	63,0	mm
Plocha průřezu	A	5830,0	mm ²
Smyková plocha - plocha stojiny v místě otvoru	A_y	2794,0	mm ²
Plocha T prvku	A_{TP}	2915,0	mm ²
Plocha spoje T prvku	A_{TS}	1440,0	mm ²
Moment setrvačnosti k osy y	I_y	324201000,0	mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	10400000,0	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I_t	375000,0	mm ⁴
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	1482220,0	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	188342,0	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{el,y}$	1200740,0	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{el,z}$	122353,0	mm ³
Průřezový modul T pásu - pruh	$W_{T,SP}$	15903,8	mm ³

- zatřídění průřezu

$\varepsilon = 0,81$ pro $f_y=355$ MPa

Pásnice

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{63}{12,7} = 4,96$$

$$4,96 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,2$$

Stojina

$\varepsilon = 0,81$ pro $f_y=355$ MPa

$$\frac{c_{w1}}{t_w} = \frac{478,6}{8} = 59,83$$

$$59,83 \leq 83 * \varepsilon = 83 * 0,81 = 67,2$$

Přečnívající část stojiny

$$\frac{c_{w2}}{t_w} = \frac{59,3}{8} = 7,41$$

$$7,41 \leq 10 * \varepsilon = 10 * 0,81 = 8,1$$

=> Průřez zatříděn do 2. třídy

5.4.2. POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA MSÚ

- ohyb podle osy y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{913814 * 355 * 10^{-6}}{1,0} = 324,40 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{264,55}{324,40} \leq 1,0$$

$$\underline{0,82 \leq 1,0}$$

VYHOVUJE

	Průvlak	$M_{ed,max}$ [kNm]	Kombinace	$M_{pl,Rd}$ [kNm]	Jednotkový posudek
Průvlak A	IPE 300-450	264,55	KZ1	324,40	0,82
Průvlak B	IPE 330-495	306,54	KZ11	415,47	0,74
Průvlak C	IPE 360-540	265,52	KZ11	526,19	0,50
Průvlak D	IPE 300-450	261,19	KZ7	324,40	0,81
Průvlak E	IPE 300-450	163,86	KZ6	324,40	0,51

- vzpěr kolmo k ose y-y

Křivka vzpěrné pevnosti: a

$$L_{cr,y} = 6000 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 166,5 * 10^6}{6000^2} = 9585,853 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{4315 * 355}{9585,853 * 10^3}} = 0,40$$

Součinitel vzpěrnosti odvozen z tabulky [11]: $\chi_y = 0,953$

$$N_{y,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,953 * 4315 * 355}{1,0} = 1459,829 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{y,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{23,58}{1459,829} \leq 1,0$$

$$\underline{0,02 \leq 1,0}$$

VYHOVUJE

	$N_{ed,max}$ [kN]	Kombinace	$N_{y,Rd}$ [kNm]	Jednotkový posudek
Průvlak A	23,60	KZ2	1459,83	0,02
Průvlak B	175,52	KZ3	1717,02	0,10
Průvlak C	581,70	KZ3	2007,56	0,29
Průvlak D	16,48	KZ2	1459,83	0,01
Průvlak E	490,14	KZ2	1459,83	0,34

- vzpěr kolmo k ose z-z

Křivka vzpěrné pevnosti: b

Vzdálenost mezi stropnicemi

$$L_{cr,z} = 2000 \text{ mm}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 6,04 * 10^6}{2000^2} = 3129,65 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{4315 * 355}{3129,65 * 10^3}} = 0,70$$

Součinitel vzpěrnosti odvozen z tabulky [11]: $\chi_z = 0,784$

$$N_{z,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,784 * 4315 * 355}{1,0} = 1200,95 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{23,60}{1200,95} \leq 1,0$$

$$\underline{\underline{0,02 \leq 1,0}}$$

VYHOVUJE

	$N_{ed,max}$ [kN]	Kombinace	$N_{z,Rd}$ [kNm]	Jednotkový posudek
Průvlak A	23,60	KZ2	1200,95	0,02
Průvlak B	175,52	KZ3	1437,09	0,12
Průvlak C	581,70	KZ3	1711,60	0,34
Průvlak D	16,48	KZ2	1200,95	0,01
Průvlak E	490,14	KZ2	1200,95	0,41

- posouzení klopení - ohyb na střední části průvlaku

$L = 2 \text{ m}$ - nosník je zabezpečen proti klopení a vzpěru kolmo k ose z připojenými stropnicemi

$$C_1 = 1,0$$

$$C_2 = 0,5$$

$$C_3 = 1,0$$

$$k_z = 1$$

$$k_w = 1$$

$$z_g = 450/2 - 160/2 = 145 \text{ mm}$$

bezrozměrný parametr působíště zatížení

$$\zeta_g = \frac{\pi * z_g}{k_z * L} * \sqrt{\frac{E * I_z}{G * I_t}} = \frac{\pi * 145}{1 * 2000} * \sqrt{\frac{210 * 10^3 * 6040000}{81 * 10^3 * 202000}} = 2,005$$

bezrozměrný parametr kroucení

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w * L} * \sqrt{\frac{E * I_w}{G * I_t}} = \frac{\pi}{1 * 2000} * \sqrt{\frac{210 * 10^3 * 2,904 * 10^{11}}{81 * 10^3 * 202000}} = 3,033$$

kritický moment μ_{cr}

$$\begin{aligned} \mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} * \left[\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 * \zeta_g - C_3 * \zeta_g)^2} - (C_2 * \zeta_g - C_3 * \zeta_g) \right] = \\ &= \frac{1}{1} * \left[\sqrt{1 + 3,033^2 + (0,5 * 2,005 - 1 * 2,005)^2} - (0,5 * 2,005 - 1 * 2,005) \right] = \\ &= 4,350 \end{aligned}$$

pružný kritický moment

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \mu_{cr} * \frac{\pi * \sqrt{E * I_z * G * I_t}}{L} = \\ &= 4,35 * \sqrt{\frac{210 * 10^3 * 6040000 * 81 * 10^3 * 202000}{2000}} = 984363,37 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Křivka vzpěrné pevnosti: b

$$L_{cr,y} = 2000 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{913814 * 355}{984,36 * 10^6}} = 0,57$$

Součinitel klopení odvozen z tabulky [11]: $\chi_{LT} = 0,852$

	χ_{LT}
Průvlak A	0,852
Průvlak B	0,866
Průvlak C	0,884
Průvlak D	0,852
Průvlak E	0,852

- posouzení na osový tlak a ohyb

	M_{ed} [kNm]	N_{ed} [kN]	Kombinace
Průvlak A	264,55	23,60	KZ2
Průvlak B	306,39	148,38	KZ2
Průvlak C	265,35	581,70	KZ3
Průvlak D	246,22	12,69	KZ6
Průvlak E	148,06	490,14	KZ2

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{my} \left(1 + 0,8 * \frac{N_{ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,0 \left(1 + (0,4 - 0,2) * \frac{23,60}{1437,09} \right) \leq 1,0 \left(1 + 0,8 * \frac{23,60}{1437,09} \right)$$

$$k_{yy} = \underline{1,00} \leq 1,01$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,1 * \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq \left(1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,1 * 0,7}{(1 - 0,25)} * \frac{23,60}{1200,95} \right) \leq \left(1 - \frac{0,1}{(1 - 0,25)} * \frac{23,60}{1200,95} \right)$$

$$k_{zy} = 1,00 \leq \underline{1,00}$$

	k_{yy}	k_{zy}
Průvlak A	1,00	1,00
Průvlak B	1,01	0,98
Průvlak C	1,04	0,95
Průvlak D	1,00	1,00
Průvlak E	1,07	0,95

A)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,y}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{23,60}{1459,83} + 1,00 * \frac{264,55}{0,852 * 324,4} \leq 1,0$$

$$0,97 \leq 1,0$$

	Jednotkový posudek
Průvlak A	0,97
Průvlak B	0,95
Průvlak C	0,88
Průvlak D	0,90
Průvlak E	0,91

B)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,z}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{23,60}{1200,95} + 1,00 * \frac{264,55}{0,852 * 324,4} \leq 1,0$$

$$0,98 \leq 1,0$$

	Jednotkový posudek
Průvlak A	0,98
Průvlak B	0,94
Průvlak C	0,88
Průvlak D	0,90
Průvlak E	0,92

- posouzení na smyk

	V _{ed} [kN]	Kombinace
Průvlak A	132,70	KZ1
Průvlak B	153,70	KZ11
Průvlak C	133,29	KZ11
Průvlak D	131,16	KZ7
Průvlak E	84,01	KZ6

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_y \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1503 \cdot (355 / \sqrt{3})}{1,0} = 308,05 \text{ kNm}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{132,7}{308,05} \leq 1,0$$

$$\underline{\underline{0,43 \leq 1,0}}$$

VYHOVUJE

	Jednotkový posudek
Průvlak A	0,43
Průvlak B	0,30
Průvlak C	0,23
Průvlak D	0,43
Průvlak E	0,27

- vnitřní síly na T prvku - Vierendeelův model

$$N_{T,EdM} = \frac{M_{ed}}{h_c} = \frac{264,55}{427,51 \cdot 10^{-3}} = 618,82 \text{ kN}$$

$$N_{T,EdN} = \frac{N_{ed}}{2} = \frac{23,6}{2} = 11,8 \text{ kN}$$

Celková normálová síla působící na T prvek:

$$N_{T,Ed} = N_{T,EdM} + N_{T,EdN} = 618,82 + 11,8 = 630,62 \text{ kN}$$

$$V_{T,Ed} = \frac{V_{ed}}{2} = \frac{132,7}{2} = 66,35 \text{ kN}$$

$$V_{S,Ed} = \frac{V_{ed} \cdot p}{h_c} = \frac{132,7 \cdot 450}{427,51} = 139,68 \text{ kN}$$

$$M_{T,Ed} = \frac{V_{T,ed} \cdot w}{2} = \frac{66,35 \cdot 150 \cdot 10^{-3}}{2} = 4,98 \text{ kNm}$$

	$N_{T,ed}$ [kN]	$V_{T,Ed}$ [kN]	$V_{S,Ed}$ [kN]	$M_{T,Ed}$ [kNm]
Průvlak A	630,62	66,35	139,68	4,98
Průvlak B	870,56	76,85	163,37	6,34
Průvlak C	813,53	66,65	141,69	6,00
Průvlak D	619,20	65,58	138,06	4,91
Průvlak E	628,36	42,01	88,42	3,15

- únosnost T prvku - pásu

$$N_{T,Rd} = A_{TP} * f_y = 2157,5 * 355 = 765,91 \text{ kN}$$

$$V_{T,Rd} = A_{T,P} * \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 2157,5 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 422,20 \text{ kN}$$

$$M_{T,Rd} = W_{T,P} * f_y = 84020,5 * 355 = 29,82 \text{ kNm}$$

- únosnost v místě svaru prolamovaného nosníku

$$V_{S,Rd} = A_{T,S} * \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 1065 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 218,28 \text{ kN}$$

- Posouzení

Pro: IPE 300-450 Průvlak A, D a E	Vzorec	Jednotkový posudek	Posouzení
Tlak pásu	$N_{T,ed}/N_{T,Rd}$	0,82	VYHOVUJE
Ohyb pásu	$M_{T,ed}/M_{T,Rd}$	0,17	VYHOVUJE
Smyk pásu	$V_{T,ed}/V_{T,Rd}$	0,16	VYHOVUJE
Kombinace M+N pásu		0,99	VYHOVUJE
Smyk v místě svaru	$V_{S,ed}/V_{S,Rd}$	0,64	VYHOVUJE

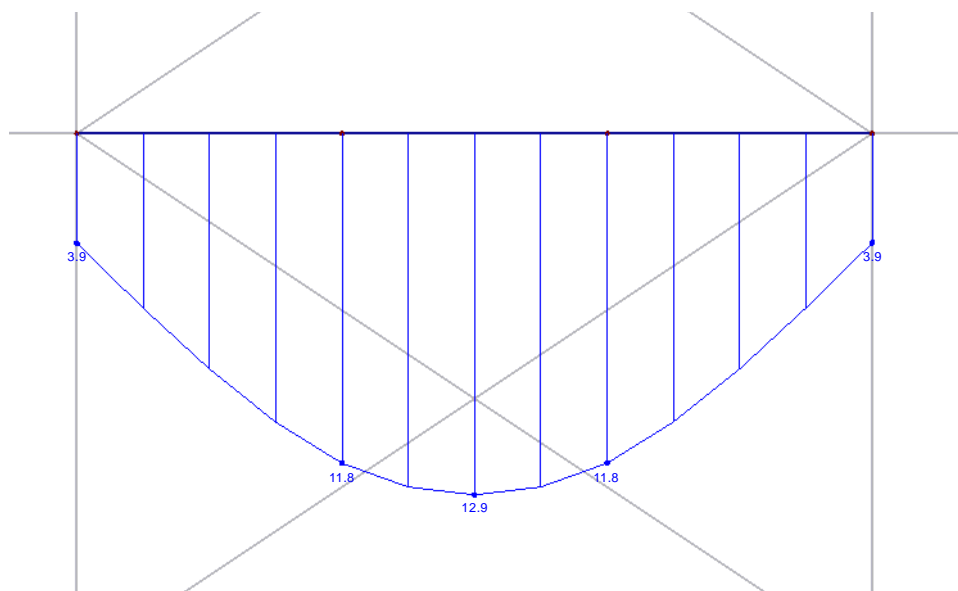
Pro: IPE 330-495 Průvlak B	Vzorec	Jednotkový posudek	Posouzení
Tlak pásu	$N_{T,ed}/N_{T,Rd}$	0,86	VYHOVUJE
Ohyb pásu	$M_{T,ed}/M_{T,Rd}$	0,13	VYHOVUJE
Smyk pásu	$V_{T,ed}/V_{T,Rd}$	0,15	VYHOVUJE
Kombinace M+N pásu		0,99	VYHOVUJE
Smyk v místě svaru	$V_{S,ed}/V_{S,Rd}$	0,56	VYHOVUJE

Pro: IPE 360-540 Průvlak C	Vzorec	Jednotkový posudek	Posouzení
Tlak pásu	$N_{T,ed}/N_{T,Rd}$	0,77	VYHOVUJE
Ohyb pásu	$M_{T,ed}/M_{T,Rd}$	0,11	VYHOVUJE
Smyk pásu	$V_{T,ed}/V_{T,Rd}$	0,11	VYHOVUJE
Kombinace M+N pásu		0,88	VYHOVUJE
Smyk v místě svaru	$V_{S,ed}/V_{S,Rd}$	0,48	VYHOVUJE

5.4.3. POSOUZENÍ NA MSP

Vzhledem k tomu, že na stropní konstrukci bude osazen podhled, je posouzení průhybu pouze orientační a i v případě nevyhovění je možno konstrukci považovat za vyhovující.

Největší lokální deformace průvlaku od kombinace KZ14 bez uvažování stálého zatížení (ZS1 a ZS2)



$$u = 12,9 - 3,9 = 9,0 \text{ mm}$$

Doporučená největší hodnota průhybu

$$u_{max} = \frac{L}{400} = \frac{6000}{400} = 15 \text{ mm}$$

$$u \leq u_{max}$$

$$9,0 \text{ mm} \leq 15 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5.5. POSOUZENÍ SLOUPŮ

Sloupy byly rozděleny na 5 druhů dle zatížení a následně posouzeny. Průřez sloupů se mění po dvou podlažích. Sloupy jsou navrženy jako spřažené ocelobetonové

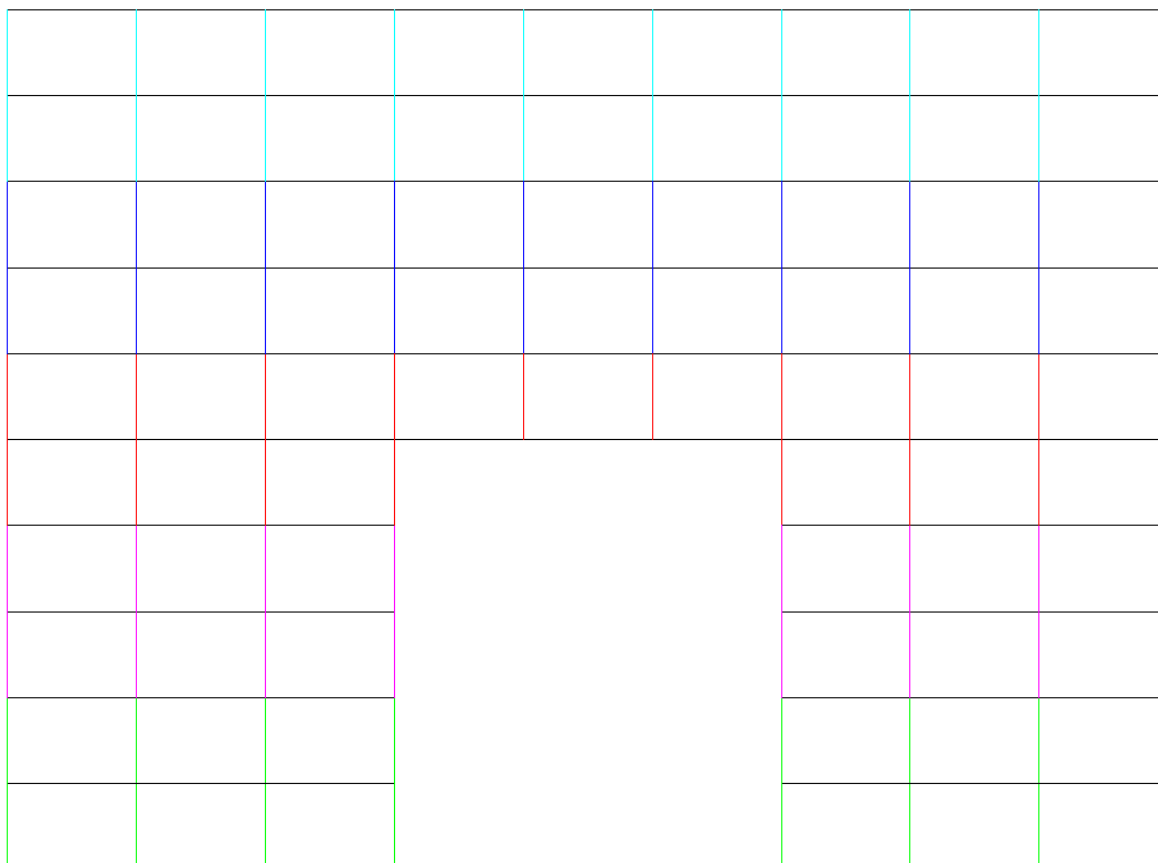
SLOUP A Sloup A: pro sloupy v 1. a 2. podlaží

SLOUP B Sloup B: pro sloupy v 3. a 4. podlaží

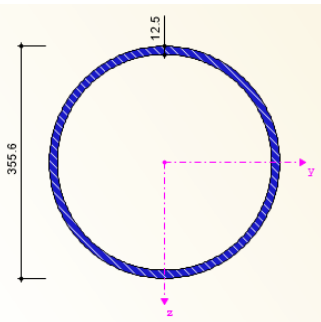
SLOUP C Sloup C: pro sloupy v 5. a 6. podlaží

SLOUP D Sloup D: pro sloupy v 7. a 8. podlaží

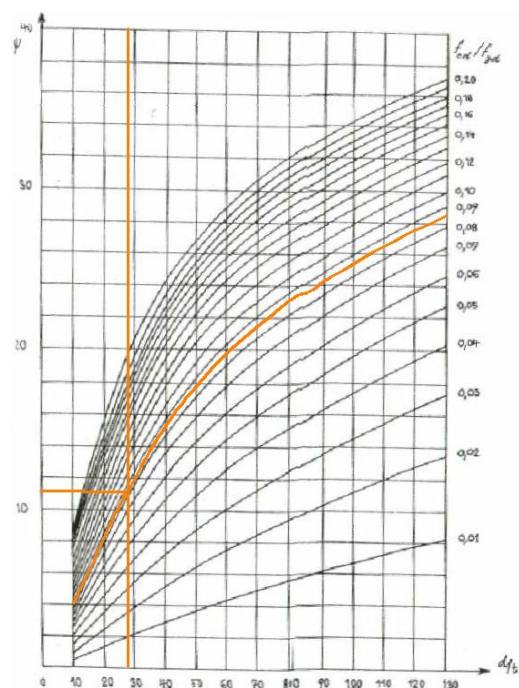
SLOUP E Sloup E: pro sloupy v 9. a 10. podlaží



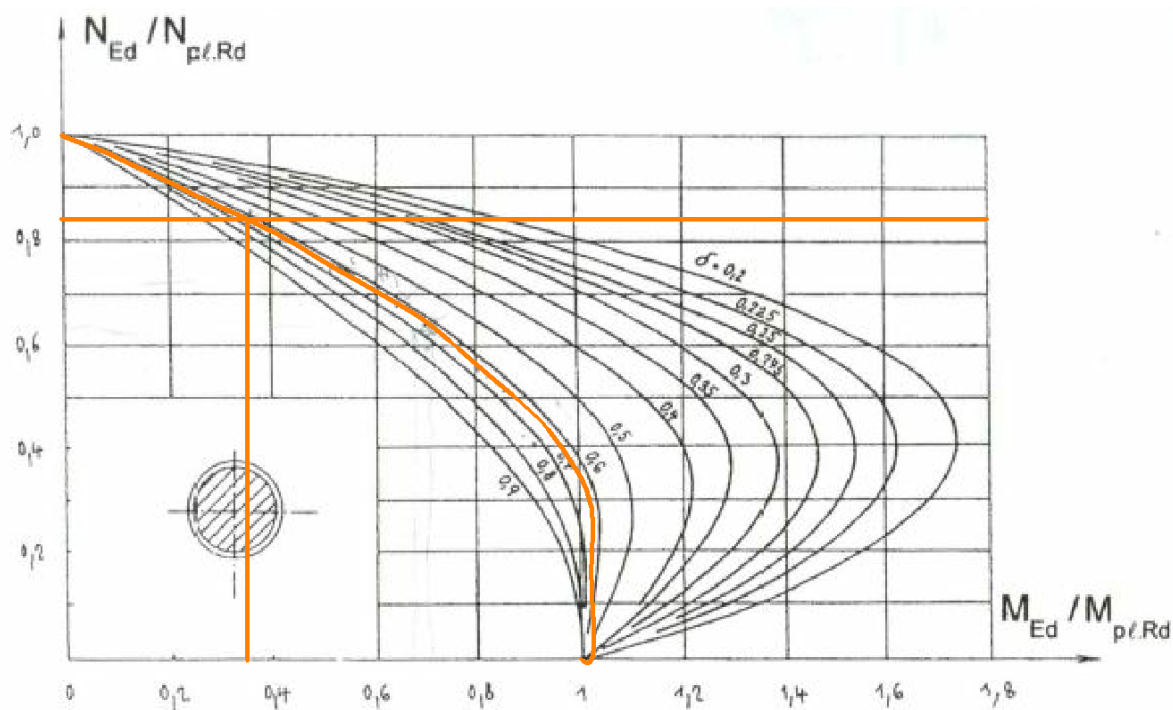
5.5.1. POSOUZENÍ SLOUPŮ NA MSÚ

Posouzení spřaženého sloupu A			
Vstupní údaje:			
Opravný součinitel K_c	0,6		
Opravný součinitel $K_{e,II}$	0,5		
Kalibrační součinitel K_o	0,9		
Délka sloupu L	4000	mm	
Ocelová trubka TR Ø 355,6/12,5			
Plocha průřezu A_a	13500	mm ²	
Ocel S355			
f_{yk}	355	MPa	
γ_M	1,00		
γ_{M0}	1,00		
f_{yd}	355	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka stěny trubky	12,5		
Vnější průměr trubky	355,6		
Vnitřní průměr trubky	330,6	mm	
E_a	210000	MPa	
I_a	1,9850E+08	mm ⁴	
d/t	28,45		
Plastický průřezový modul ocelového průřezu $W_{pl,a}$	1117000	mm ³	
Součinitel α_M	0,9		
Beton C45/55			
f_{ck}	45	MPa	
γ_C	1,50		
f_{cd}	30,00	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_C$
Plocha betonu A_c	85841,16	mm ²	
E_{cm}	36000	Mpa	
I_c	5,8638E+08	mm ⁴	
Betonářská výztuž B500B			
6φ10			
Plocha betonářské výztuže A_s	471	mm ²	
f_{sk}	500	MPa	
γ_s	1,15		
f_{sd}	434,78	MPa	$f_{sd}=f_{sk}/\gamma_C$
E_s	210000	MPa	
I_s	2,4892E+06	mm ⁴	
Procento vyztužení ρ_s	0,5487	%	$\rho_s=(A_s/A_c)*100$

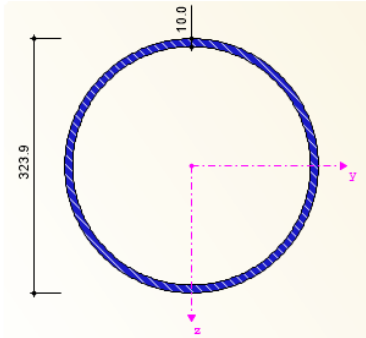
Posouzení bude provedeno zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1994-1-1			
Podmínky návrhu:			
Posouzení možnosti boulení			
	28,45		d/t
	59,58		90*(235/f _y)
d/t < 90*(235/f _y)	VYHOVUJE		k vyboulení nedojde
Poměr δ (příspěvek oceli na celkovou únosnost)=	0,63		δ=A _a *f _{yd} /N _{pl,Rd}
0,2 ≤ δ ≤ 0,9	VYHOVUJE		
Poměrná štíhlost je λ ≤ 2,0	VYHOVUJE		
Vnitřní síly - rozhodující kombinace		KZ3	
Návrhový ohybový moment M _{ed,y}	0	kNm	
Návrhový ohybový moment M _{ed,z}	0	kNm	
Normálová síla N _{ed}	6432	kN	
Návrhová únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rd}	7572,517	kN	N _{pl,Rd} =A _a *f _{yd} +A _c *f _{cd} +A _s *f _{sd}
Charakteristická únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rk}	8890,852	kN	N _{pl,Rk} =A _a *f _{yk} +A _c *f _{ck} +A _s *f _{sk}
Charakteristická hodnota účinné ohybové tuhosti (EI) _{eff}	5,4874E+13	Nmm ²	(EI) _{eff} =E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *E _{cm} *I _c
Ohybová tuhost (EI) _{eff,II}	4,7486E+13	Nmm ²	(EI) _{eff,II} =K _o *(E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *K _{e,II} *E _{cm} *I _c)
Poměrná štíhlost λ	0,51		λ=√(N _{pl,Rk} /N _{cr})
Kritická síla N _{cr}	33848,80	kN	N _{cr} =π ² *(EI) _{eff} /L ²
Součinitel vzpěrnosti χ:			
křivka a	0,921		
Únosnost sloupu v tlaku - vzpěr	6974,29	kN	χ*N _{pl,Rd}
Součinitel β	1,00		
Součinitel k	1,2346	min. 1,00	k=β/(N _{ed} /N _{cr,eff})
Návrhový ohybový moment M _{ed,II}	0,00	kNm	M _{ed,II} =k*M _{ed}
Momentová únosnost M _{pl,Rd}	440,15	kNm	W _{pl,a} *f _{yd} *(1+0,01*ψ)
Součinitel ψ	11		



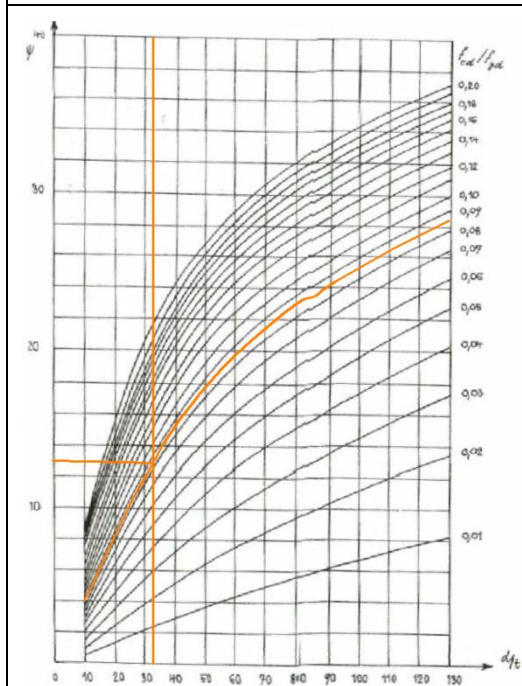
f_{cd}/f_{yd}	0,0845		
d/t	28,45		
Poměr $N_{ed}/N_{pl,Rd}$	0,8494		
μ_d	0,35		



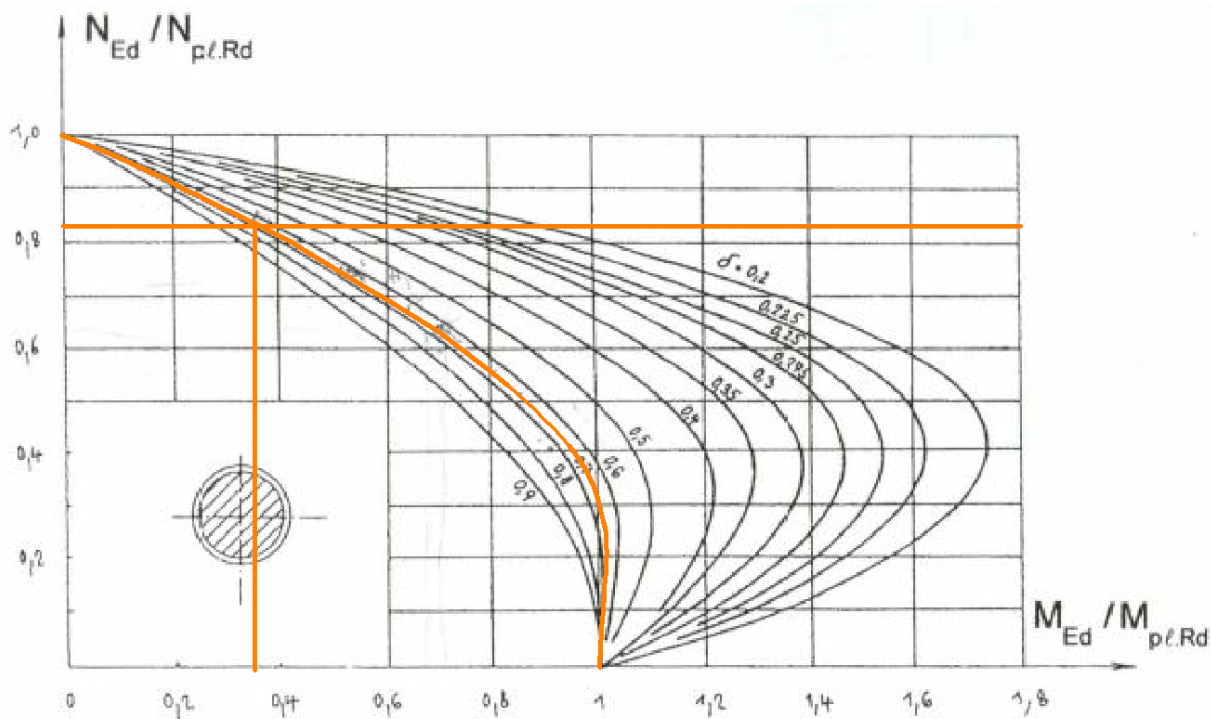
Posouzení:			
$N_{ed}/(\chi \cdot N_{pl,Rd}) \leq 1$	0,92	\leq	1,00
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0000	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0000	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) + M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq 1,0$	0,0000	\leq	1,00
			VYHOVUJE

Posouzení spřaženého sloupu B			
Vstupní údaje:			
Opravný součinitel K_c	0,6		
Opravný součinitel $K_{e,II}$	0,5		
Kalibrační součinitel K_o	0,9		
Délka sloupu L	4000	mm	
Ocelová trubka TR Ø 323,9/10			
Plocha průřezu A_a	13500	mm ²	
Ocel S355			
f_{yk}	355	MPa	
γ_M	1,00		
γ_{M0}	1,00		
f_{yd}	355	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka stěny trubky	10		
Vnější průměr trubky	323,9		
Vnitřní průměr trubky	303,9	mm	
E_a	210000	MPa	
I_a	1,2160E+08	mm ⁴	
d/t	32,39		
Plastický průřezový modul ocelového průřezu $W_{pl,a}$	751000	mm ³	
Součinitel α_M	0,9		
Beton C45/55			
f_{ck}	45	MPa	
γ_C	1,50		
f_{cd}	30,00	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_C$
Plocha betonu A_c	72535,61	mm ²	
E_{cm}	36000	Mpa	
I_c	4,1869E+08	mm ⁴	
Betonářská výztuž B500B			
6φ10			
Plocha betonářské výztuže A_s	471	mm ²	
f_{sk}	500	MPa	
γ_s	1,15		
f_{sd}	434,78	MPa	$f_{sd}=f_{sk}/\gamma_C$
E_s	210000	MPa	
I_s	2,0511E+06	mm ⁴	
Procento vyztužení ρ_s	0,6493	%	$\rho_s=(A_s/A_c)*100$

Posouzení bude provedeno zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1994-1-1			
Podmínky návrhu:			
Posouzení možnosti boulení			
	32,39		d/t
	59,58		90*(235/f _y)
d/t < 90*(235/f _y)	VYHOVUJE		k vyboulení nedojde
Poměr δ (příspěvek oceli na celkovou únosnost)=	0,67		δ=A _a *f _{yd} /N _{pl,Rd}
0,2 ≤ δ ≤ 0,9	VYHOVUJE		
Poměrná štíhlost je λ ≤ 2,0	VYHOVUJE		
Vnitřní síly - rozhodující kombinace		KZ3	
Návrhový ohybový moment M _{ed,y}	12,58	kNm	
Návrhový ohybový moment M _{ed,z}	37,56	kNm	
Normálová síla N _{ed}	5920,99	kN	
Návrhová únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rd}	7173,351	kN	N _{pl,Rd} =A _a *f _{yd} +A _c *f _{cd} +A _s *f _{sd}
Charakteristická únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rk}	8292,103	kN	N _{pl,Rk} =A _a *f _{yk} +A _c *f _{ck} +A _s *f _{sk}
Charakteristická hodnota účinné ohybové tuhosti (EI) _{eff}	3,5010E+13	Nmm ²	(EI) _{eff} =E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *E _{cm} *I _c
Ohybová tuhost (EI) _{eff,II}	3,0153E+13	Nmm ²	(EI) _{eff,II} =K _o *(E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *E _{cm} *I _c)
Poměrná štíhlost λ	0,62		λ=√(N _{pl,Rk} /N _{cr})
Kritická síla N _{cr}	21596,19	kN	N _{cr} =π ² *(EI) _{eff} /L ²
Součinitel vzpěrnosti χ:			
křivka α	0,882		
Únosnost sloupu v tlaku - vzpěr	6326,90	kN	χ*N _{pl,Rd}
Součinitel β	1,00		
Součinitel k	1,3777	min. 1,00	k=β/(N _{ed} /N _{cr,eff})
Návrhový ohybový moment M _{ed,II}	17,33	kNm	M _{ed,II} =k*M _{ed}
Momentová únosnost M _{pl,Rd}	299,93	kNm	W _{pl,a} *f _{yd} *(1+0,01*ψ)
součinitel ψ	12,5		

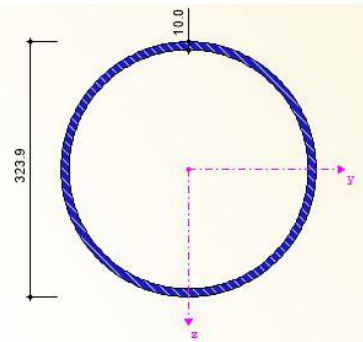


f_{cd}/f_{yd}	0,0845		
d/t	32,39		
Poměr $N_{ed}/N_{pl,Rd}$	0,8254		
μ_d	0,35		

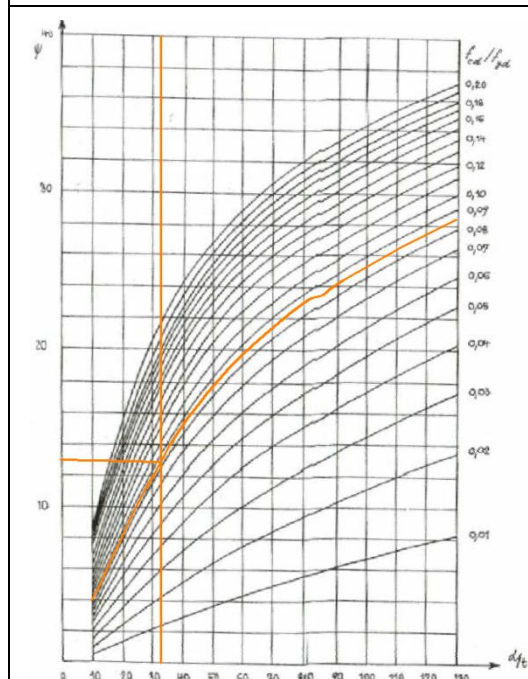


Posouzení:

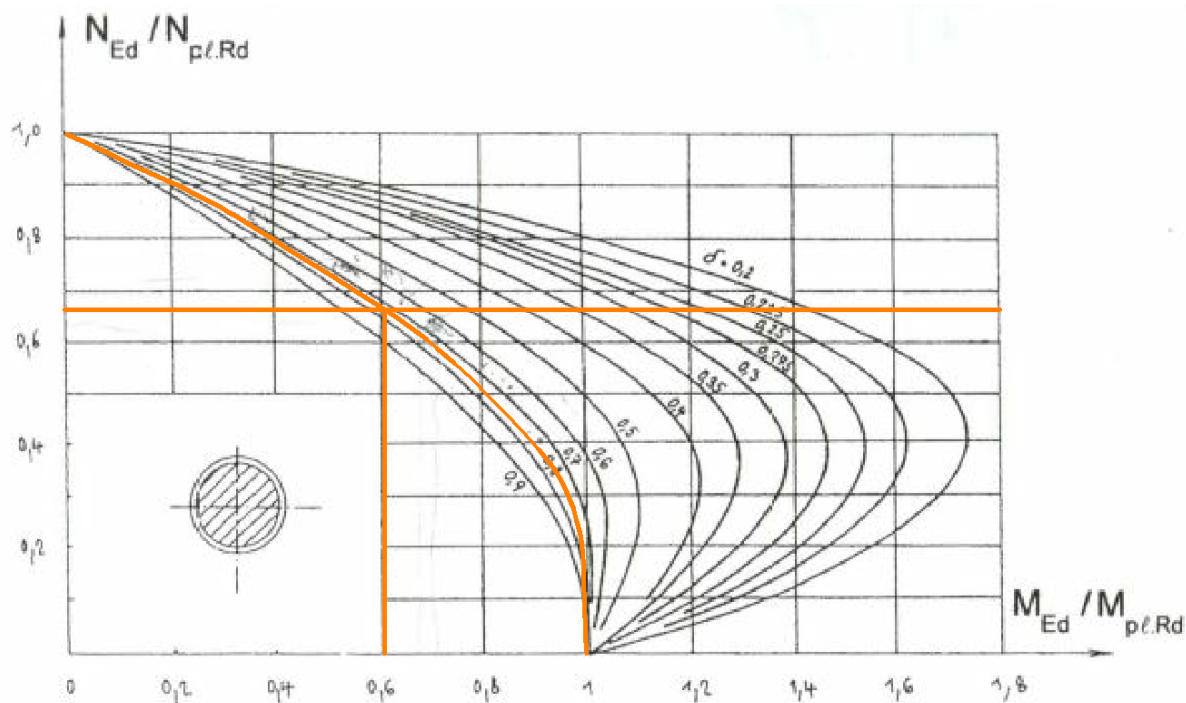
$N_{ed}/(\chi \cdot N_{pl,Rd}) \leq 1$	0,94	\leq	1,00
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,1198	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,3578	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) + M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq 1,0$	0,4776	\leq	1,00
			VYHOVUJE

Posouzení spřaženého sloupu C			
Vstupní údaje:			
Opravný součinitel K_c	0,6		
Opravný součinitel $K_{e,II}$	0,5		
Kalibrační součinitel K_o	0,9		
Délka sloupu L	4000	mm	
Ocelová trubka TR Ø 323,9/10			
Plocha průřezu A_a		13500	
		mm ²	
Ocel S355			
f_{yk}	355	MPa	
γ_M	1,00		
γ_{M0}	1,00		
f_{yd}	355	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka stěny trubky	10		
Vnější průměr trubky	323,9		
Vnitřní průměr trubky	303,9	mm	
E_a	210000	MPa	
I_a	1,2160E+08	mm ⁴	
d/t	32,39		
Plastický průřezový modul ocelového průřezu $W_{pl,a}$	751000	mm ³	
Součinitel α_M	0,9		
Beton C45/55			
f_{ck}	45	MPa	
γ_c	1,50		
f_{cd}	30,00	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$
Plocha betonu A_c	72535,61	mm ²	
E_{cm}	36000	Mpa	
I_c	4,1869E+08	mm ⁴	
Betonářská výztuž B500B			
6φ10			
Plocha betonářské výztuže A_s	471	mm ²	
f_{sk}	500	MPa	
γ_s	1,15		
f_{sd}	434,78	MPa	$f_{sd}=f_{sk}/\gamma_c$
E_s	210000	MPa	
I_s	2,0511E+06	mm ⁴	
Procento vyztužení ρ_s	0,6493	%	$\rho_s=(A_s/A_c)*100$

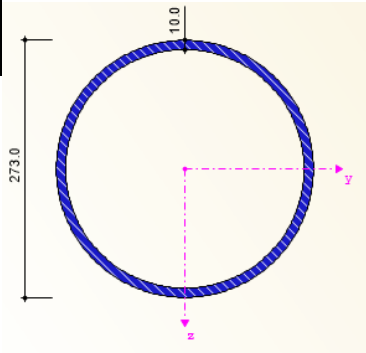
Posouzení bude provedeno zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1994-1-1			
Podmínky návrhu:			
Posouzení možnosti boulení			
	32,39		d/t
	59,58		90*(235/f _y)
d/t < 90*(235/f _y)	VYHOVUJE		k vyboulení nedojde
Poměr δ (příspěvek oceli na celkovou únosnost)=	0,67		δ=A _a *f _{yd} /N _{pl,Rd}
0,2 ≤ δ ≤ 0,9	VYHOVUJE		
Poměrná štíhlost je λ ≤ 2,0	VYHOVUJE		
Vnitřní síly - rozhodující kombinace		KZ3	
Návrhový ohybový moment M _{ed,y}	2,18	kNm	
Návrhový ohybový moment M _{ed,z}	3,68	kNm	
Normálová síla N _{ed}	5406,49	kN	
Návrhová únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rd}	7173,351	kN	N _{pl,Rd} =A _a *f _{yd} +A _c *f _{cd} +A _s *f _{sd}
Charakteristická únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rk}	8292,103	kN	N _{pl,Rk} =A _a *f _{yk} +A _c *f _{ck} +A _s *f _{sk}
Charakteristická hodnota účinné ohybové tuhosti (EI) _{eff}	3,5010E+13	Nmm ²	(EI) _{eff} =E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *E _{cm} *I _c
Ohybová tuhost (EI) _{eff,II}	3,0153E+13	Nmm ²	(EI) _{eff,II} =K _o *(E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *E _{cm} *I _c)
Poměrná štíhlost λ	0,62		λ=v(N _{pl,Rk} /N _{cr})
Kritická síla N _{cr}	21596,19	kN	N _{cr} =π ² *(EI) _{eff} /L ²
Součinitel vzpěrnosti χ:			
křivka a	0,882		
Únosnost sloupu v tlaku - vzpěr	6326,90	kN	χ*N _{pl,Rd}
Součinitel β	1,00		
Součinitel k	1,3339	min. 1,00	k=β/(N _{ed} /N _{cr,eff})
Návrhový ohybový moment M _{ed,II}	2,91	kNm	M _{ed,II} =k*M _{ed}
Momentová únosnost M _{pl,Rd}	299,93	kNm	W _{pl,a} *f _{yd} *(1+0,01*ψ)
součinitel ψ	12,5		



f_{cd}/f_{yd}	0,0845		
d/t	32,39		
Poměr $N_{ed}/N_{pl,Rd}$	0,7537		
μ_d	0,6		

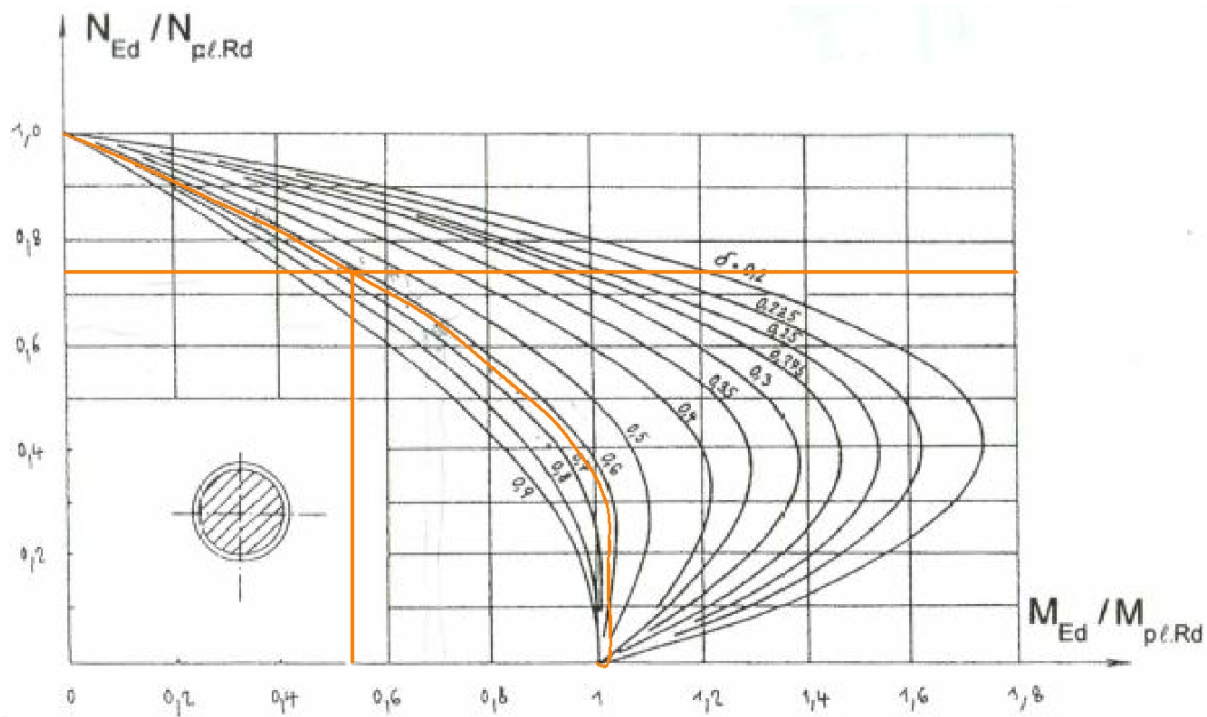


Posouzení:			
$N_{ed}/(\chi \cdot N_{pl,Rd}) \leq 1$	0,85	\leq	1,00
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0145	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0245	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) + M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq 1,0$	0,0391	\leq	1,00
			VYHOVUJE

Posouzení spřaženého sloupu D			
Vstupní údaje:			
Opravný součinitel K_c	0,6		
Opravný součinitel $K_{e,II}$	0,5		
Kalibrační součinitel K_o	0,9		
Délka sloupu L	4000	mm	
Ocelová trubka TR Ø 273,0/10			
Plocha průřezu A_a	8260	mm ²	
Ocel S355			
f_{yk}	355	MPa	
γ_M	1,00		
γ_{M0}	1,00		
f_{yd}	355	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka stěny trubky	10		
Vnější průměr trubky	273		
Vnitřní průměr trubky	253	mm	
E_a	210000	MPa	
I_a	7,1540E+07	mm ⁴	
d/t	27,30		
Plastický průřezový modul ocelového průřezu $W_{pl,a}$	692000	mm ³	
Součinitel α_M	0,9		
Beton C45/55			
f_{ck}	45	MPa	
γ_c	1,50		
f_{cd}	30,00	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$
Plocha betonu A_c	50272,55	mm ²	
E_{cm}	36000	Mpa	
I_c	2,0112E+08	mm ⁴	
Betonářská výztuž B500B			
6φ10			
Plocha betonářské výztuže A_s	471	mm ²	
f_{sk}	500	MPa	
γ_s	1,15		
f_{sd}	434,78	MPa	$f_{sd}=f_{sk}/\gamma_c$
E_s	210000	MPa	
I_s	4,5675E+05	mm ⁴	
Procento vyztužení ρ_s	0,9369	%	$\rho_s=(A_s/A_c)*100$

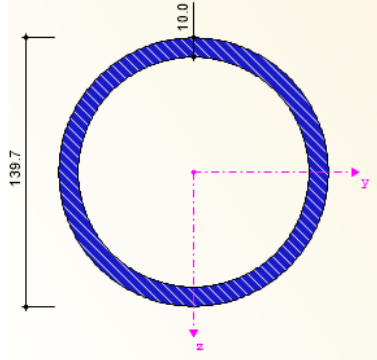
Posouzení bude provedeno zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1994-1-1			
Podmínky návrhu:			
Posouzení možnosti boulení			
	27,30		d/t
	59,58		90*(235/f _y)
d/t < 90*(235/f _y)	VYHOVUJE		k vyboulení nedojde
Poměr δ (příspěvek oceli na celkovou únosnost)=	0,63		δ=A _a *f _{yd} /N _{pl,Rd}
0,2 ≤ δ ≤ 0,9	VYHOVUJE		
Poměrná štíhlost je λ ≤ 2,0	VYHOVUJE		
Vnitřní síly - rozhodující kombinace		KZ3	
Návrhový ohybový moment M _{ed,y}	18,83	kNm	
Návrhový ohybový moment M _{ed,z}	8,11	kNm	
Normálová síla N _{ed}	3449,44	kN	
Návrhová únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rd}	4645,259	kN	N _{pl,Rd} =A _a *f _{yd} +A _c *f _{cd} +A _s *f _{sd}
Charakteristická únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rk}	5430,065	kN	N _{pl,Rk} =A _a *f _{yk} +A _c *f _{ck} +A _s *f _{sk}
Charakteristická hodnota účinné ohybové tuhosti (EI) _{eff}	1,9463E+13	Nmm ²	(EI) _{eff} =E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *E _{cm} *I _c
Ohybová tuhost (EI) _{eff,II}	1,6866E+13	Nmm ²	(EI) _{eff,II} =K _o *(E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *E _{cm} *I _c)
Poměrná štíhlost λ	0,67		λ=√(N _{pl,Rk} /N _{cr})
Kritická síla N _{cr}	12006,05	kN	N _{cr} =π ² *(EI) _{eff} /L ²
Součinitel vzpěrnosti χ:			
křivka a	0,861		
Únosnost sloupu v tlaku - vzpěr	3999,57	kN	χ*N _{pl,Rd}
Součinitel β	1,00		
Součinitel k	1,4031	min. 1,00	k=β/(N _{ed} /N _{cr,eff})
Návrhový ohybový moment M _{ed,II}	26,42	kNm	M _{ed,II} =k*M _{ed}
Momentová únosnost M _{pl,Rd}	272,68	kNm	W _{pl,a} *f _{yd} *(1+0,01*ψ)
součinitel ψ	11		z tabulky (vložit)

f_{cd}/f_{yd}	0,0845		
d/t	27,30		
Poměr $N_{ed}/N_{pl,Rd}$	0,7426		
μ_d	0,55		z tabulky (vložit)



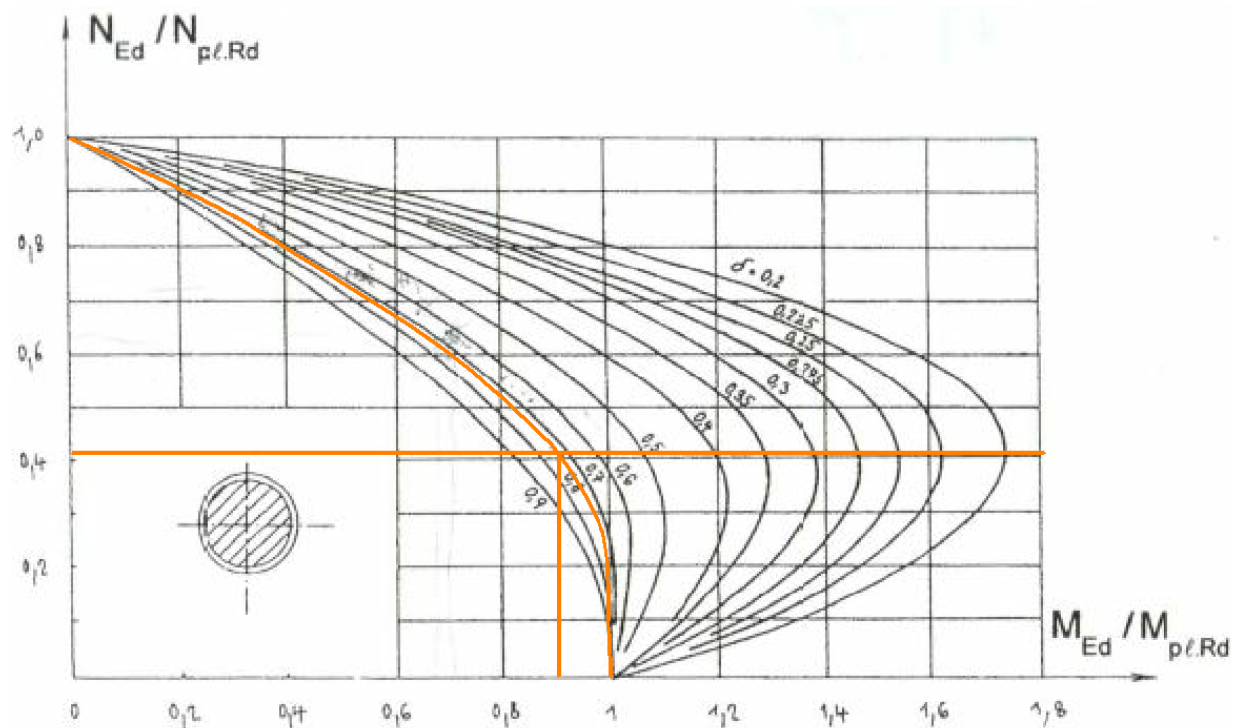
Posouzení:

$N_{ed}/(\chi \cdot N_{pl,Rd}) \leq 1$	0,86	\leq	1,00
VYHOVUJE			
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,1256	\leq	0,9
VYHOVUJE			
$M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0541	\leq	0,9
VYHOVUJE			
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) + M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq 1,0$	0,1796	\leq	1,00
VYHOVUJE			

Posouzení spřaženého sloupu E			
Vstupní údaje:			
Opravný součinitel K_c	0,6		
Opravný součinitel $K_{e,II}$	0,5		
Kalibrační součinitel K_o	0,9		
Délka sloupu L	4000	mm	
Ocelová trubka TR Ø 139,7/10			
Plocha průřezu A_a	4070	mm ²	
Ocel S355			
f_{yk}	355	MPa	
γ_M	1,00		
γ_{M0}	1,00		
f_{yd}	355	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka stěny trubky	10		
Vnější průměr trubky	139,7		
Vnitřní průměr trubky	119,7	mm	
E_a	210000	MPa	
I_a	8,6200E+06	mm ⁴	
d/t	13,97		
Plastický průřezový modul ocelového průřezu $W_{pl,a}$	169000	mm ³	
Součinitel α_M	0,9		
Beton C45/55			
f_{ck}	45	MPa	
γ_c	1,50		
f_{cd}	30,00	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$
Plocha betonu A_c	11253,26	mm ²	
E_{cm}	36000	Mpa	
I_c	1,0077E+07	mm ⁴	
Betonářská výztuž B500B			
6φ10			
Plocha betonářské výztuže A_s	471	mm ²	
f_{sk}	500	MPa	
γ_s	1,15		
f_{sd}	434,78	MPa	$f_{sd}=f_{sk}/\gamma_c$
E_s	210000	MPa	
I_s	6,1579E+04	mm ⁴	
Procento vyztužení ρ_s	4,1855	%	$\rho_s=(A_s/A_c)*100$

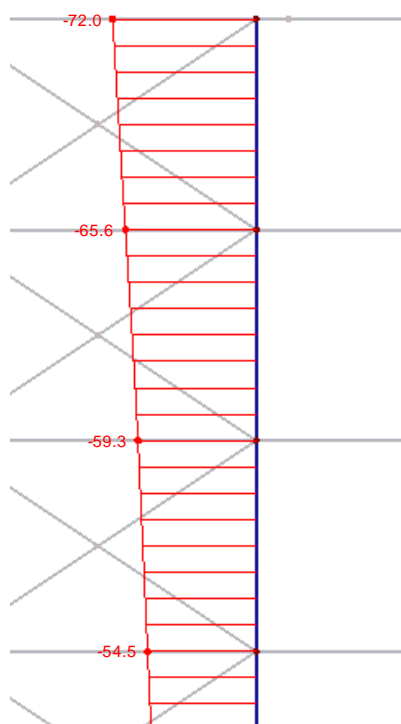
Posouzení bude provedeno zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1994-1-1			
Podmínky návrhu:			
Posouzení možnosti boulení			
	13,97		d/t
	59,58		90*(235/f _y)
d/t < 90*(235/f _y)	VYHOVUJE		k vyboulení nedojde
Poměr δ (příspěvek oceli na celkovou únosnost)=	0,73		δ=A _a *f _{yd} /N _{pl,Rd}
0,2 ≤ δ ≤ 0,9	VYHOVUJE		
Poměrná štíhlost je λ ≤ 2,0	VYHOVUJE		
Vnitřní síly - rozhodující kombinace	KZ3		
Návrhový ohybový moment M _{ed,y}	2,05	kNm	
Návrhový ohybový moment M _{ed,z}	3,74	kNm	
Normálová síla N _{ed}	817,39	kN	
Návrhová únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rd}	1987,230	kN	N _{pl,Rd} =A _a *f _{yd} +A _c *f _{cd} +A _s *f _{sd}
Charakteristická únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rk}	2186,747	kN	N _{pl,Rk} =A _a *f _{yk} +A _c *f _{ck} +A _s *f _{sk}
Charakteristická hodnota účinné ohybové tuhosti (EI) _{eff}	2,0408E+12	Nmm ²	(EI) _{eff} =E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *E _{cm} *I _c
Ohybová tuhost (EI) _{eff,II}	1,8041E+12	Nmm ²	(EI) _{eff,II} =K _o *(E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *K _{e,II} *E _{cm} *I _c)
Poměrná štíhlost λ	1,32		λ=√(N _{pl,Rk} /N _{cr})
Kritická síla N _{cr}	1258,87	kN	N _{cr} =π ² *(EI) _{eff} /L ²
Součinitel vzpěrnosti χ:			
křivka a	0,459		
Únosnost sloupu v tlaku - vzpěr	912,14	kN	χ*N _{pl,Rd}
Součinitel β	1,00		
Součinitel k	2,8515	min. 1,00	k=β/(N _{ed} /N _{cr,eff})
Návrhový ohybový moment M _{ed,II}	5,85	kNm	M _{ed,II} =k*M _{ed}
Momentová únosnost M _{pl,Rd}	63,59	kNm	W _{pl,a} *f _{yd} *(1+0,01*ψ)
součinitel ψ	6		

f_{cd}/f_{yd}	0,0845		
d/t	13,97		
Poměr $N_{ed}/N_{pl,Rd}$	0,4113		
μ_d	0,9		



Posouzení:			
$N_{ed}/(\chi \cdot N_{pl,Rd}) \leq 1$	0,90	\leq	1,00
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0358	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0653	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) + M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq 1,0$	0,1012	\leq	1,00
			VYHOVUJE

5.5.2. POSOUZENÍ SLOUPU NA MSP



Největší vodorovná deformace sloupu jako celku ve vrcholu budovy je od kombinace KZ14

$$u_y = 72,0 \text{ mm}$$

Doporučená největší hodnota vodorovné deformace sloupu jako celku ve vrcholu budovy

$$u_{max} = \frac{L}{500} = \frac{40000}{500} = 80 \text{ mm}$$

$$u_y \leq u_{max}$$

$$72,0 \text{ mm} \leq 80 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Největší vodorovná deformace sloupu v každém podlaží je od kombinace KZ14

$$u_y = 12,0 \text{ mm}$$

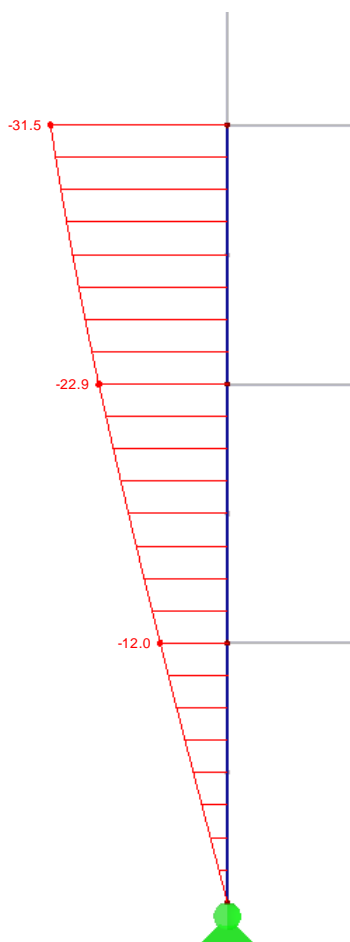
Doporučená největší hodnota vodorovné deformace sloupu jako celku ve vrcholu budovy

$$u_{max} = \frac{L}{300} = \frac{4000}{300} = 13,33 \text{ mm}$$

$$u_y \leq u_{max}$$

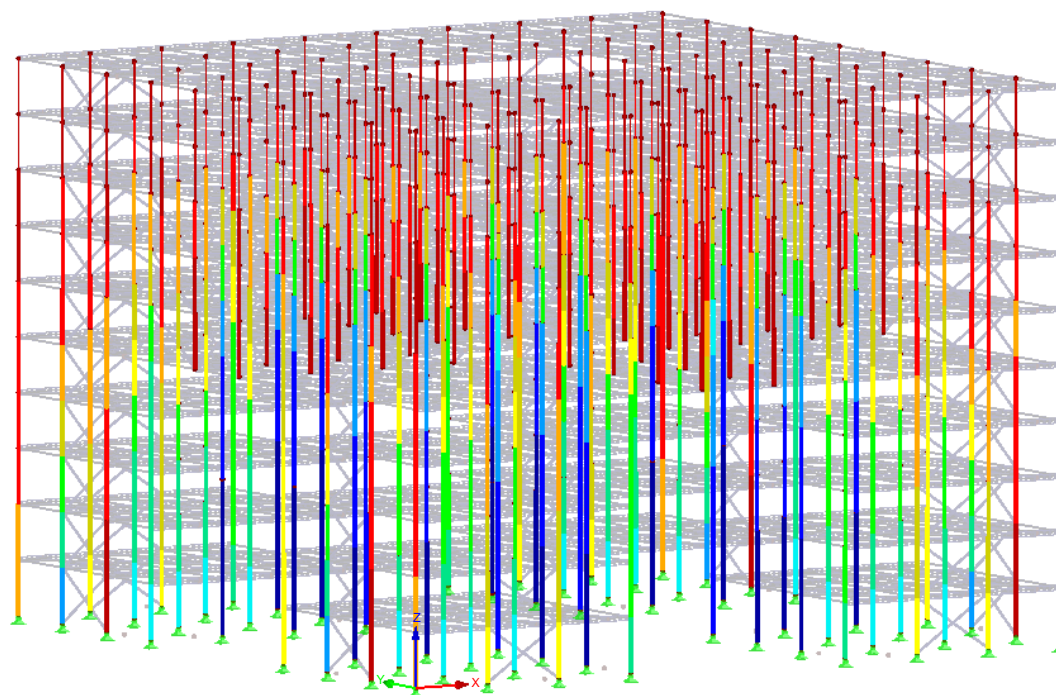
$$12,0 \text{ mm} \leq 13,33 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

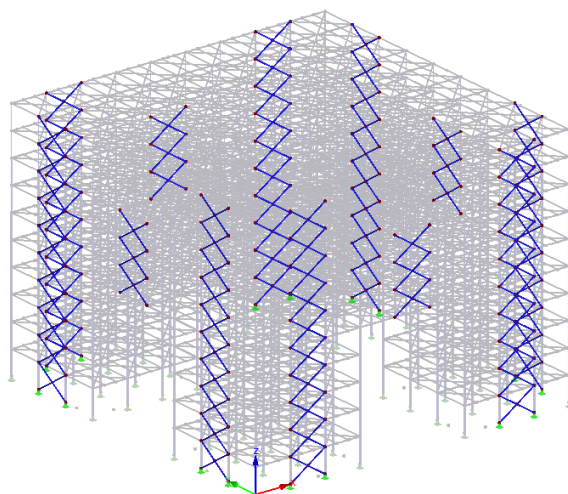


5.5.3. POSOUZENÍ SLOUPŮ SHRUTÍ

OZN. SLOUPU	Ocelová trubka	OCEL	Beton	Betonářská výztuž		Jednotkový posudek na vzpěrnou únosnost
SLOUP A	TR Ø 355,6/12,5	S355	C45/55	B500B	6Ø10	0,92
SLOUP B	TR Ø 323,9/10	S355	C45/55	B500B	6Ø10	0,94
SLOUP C	TR Ø 139,7/10	S355	C45/55	B500B	6Ø10	0,85
SLOUP D	TR Ø 323,9/12	S355	C45/55	B500B	6Ø10	0,86
SLOUP E	TR Ø 139,7/10	S355	C45/55	B500B	6Ø10	0,90

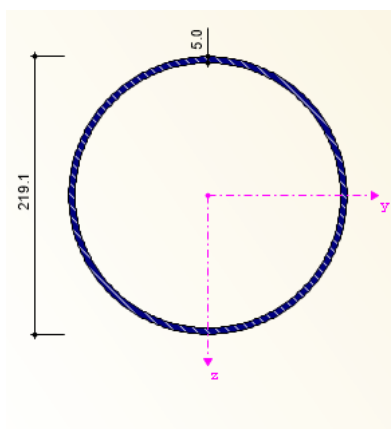


5.6. POSOUZENÍ ZTUŽIDLA



5.6.1. PARAMETRY PRŮŘEZU

Ztužidla jsou navržena z profilu TR Ø 219,1x5,0, S 460



Typ průřezu	Trubka			
Vnější průměr	d	219.1	mm	
Tloušťka stěny	t	5.0	mm	
Plocha průřezu	A	3360.0	mm ²	
Účinná smyková plocha	A _{v,y}	2139.0	mm ²	6.2.6(3)g)
Účinná smyková plocha	A _{v,z}	2139.0	mm ²	6.2.6(3)g)
Moment setrvačnosti	I _y	19280000.0	mm ⁴	
Moment setrvačnosti	I _z	19280000.0	mm ⁴	
Moment tuhosti v kroucení	I _t	38560000.0	mm ⁴	
Poloměr setrvačnosti	i _y	75.7	mm	
Poloměr setrvačnosti	i _z	75.7	mm	
Elastický průřezový modul	W _{el,y}	176000.0	mm ³	
Elastický průřezový modul	W _{el,z}	176000.0	mm ³	
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	229000.0	mm ³	
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	229000.0	mm ³	
Výsečový moment setrvačnosti	I _w	0.0	mm ⁶	
Statický moment	S _y	57256.5	mm ³	
Statický moment	S _z	0.0	mm ³	
Křivka vzpěmé pevnosti	KVP _{y,S460}	a 0		Tab. 6.2
Křivka vzpěmé pevnosti	KVP _{z,S460}	a 0		Tab. 6.2

5.6.2. POSOUZENÍ NA VZPĚR

Modul pružnosti	E	210000.000	MPa		
Moment setrvačnosti	I _y	19280000.0	mm ⁴		
Vzpěrná délka prutu	L _{cr,y}	3.606	m		
Pružná kritická síla	N _{cr,y}	3073.850	kN		
Plocha průřezu	A	3360.0	mm ²		
Mez kluzu	f _y	460.000	MPa		3.2.1
Poměrná štíhlost	λ _y	0.709		> 0.2	6.3.1.2(4)
Nomálová síla (tlak)	N _{Ed}	1194.230	kN		
Kritérium N _{Ed} / N _{cr,y}	η _{N,cr}	0.389		> 0.04	6.3.1.2(4)
Buckling Curve	BC _y	a0			tab. 6.2
Součinitel imperfekce	α _y	0.130			Tab. 6.1
Pomocný součinitel	Φ _y	0.785			6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěmosti	χ _y	0.893			Rov. (6.49)
Dílčí součinitel únosnosti	γ _{M1}	1.000			6.1
Vzpěrná únosnost	N _{b,y,Rd}	1379.880	kN		Rov. (6.47)
Posouzení	η	0.87		≤ 1	(6.46)

5.6.3. POSOUZENÍ ZTUŽIDLA NA TAH

Tahová síla	N _{t,Ed}	1071.080	kN		
Plocha průřezu	A	3360.0	mm ²		
Mez kluzu	f _y	460.000	MPa		3.2.1
Dílčí součinitel únosnosti	γ _{M0}	1.000			6.1
Návrhová plastická únosnost vůči nomálovým silám	N _{pl,Rd}	1545.600	kN		(6.6)
Únosnost při působení osově síly	N _{t,Rd}	1545.600	kN		
Posouzení	η	0.69		≤ 1	(6.5)

5.6.4. RUČNÍ OVĚŘENÍ

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = 0,71 \text{ pro } f_y=460 \text{ MPa}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{219,1}{5} = 43,82$$

$$43,82 \leq 90 * \varepsilon^2 = 90 * 0,71^2 = 45,37$$

=> Průřez zatříděn do 3. třídy

Posouzení na vzpěr kolmo k ose y-y, z-z

průřez je dvouose symetrický a vzpěrná délka je stejná v obou směrech, tudíž je průřez posouzen pouze k jedné ose. Vzpěrná délka tlačené diagonály je zkrácena taženou diagonálou na polovinu délky.

Součinitel imperfekce $\alpha = 0,13$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^6 * 19,28 * 10^{-6}}{3,606^2} = 3073,085 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3360 * 460}{3073,085 * 10^3}} = 0,71$$

Součinitel vzpěrnosti odvozen z tabulky [11]: $\chi = 0,892$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,892 * 3360 * 460}{1,0} = 1378,68 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1194,23}{1378,68} \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,87 \leq 1,0} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na tah

Průřez nebude oslaben otvory

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3360 * 460 * 10^3}{1,0} = 1545,50 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1071,08}{1545,50} \leq 1,0$$

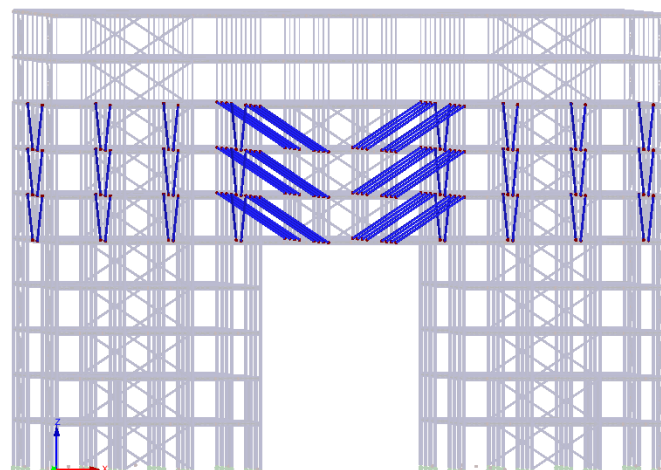
$$\mathbf{0,69 \leq 1,0}$$

VYHOVUJE

Závěr

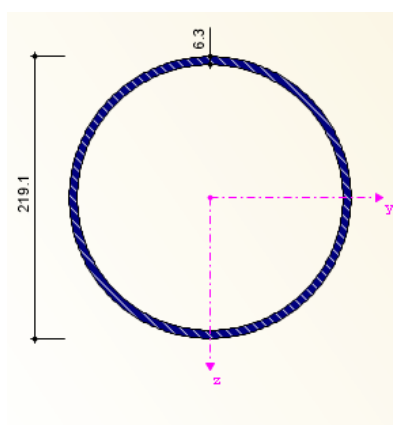
Posudky pomocí programu RF-STEEL EC3 se shodují s ručním ověřením.

5.7. POSOUZENÍ ZÁVĚSU



5.7.1. PARAMETRY PRŮŘEZU

Závěsy nad přemostěním jsou navrženy z profilu TR Ø 219,1x 6,3, S 460



Typ průřezu	Trubka			
Vnější průměr	d	219.1	mm	
Tloušťka stěny	t	6.3	mm	
Plocha průřezu	A	4210.0	mm ²	
Účinná smyková plocha	A _{v,y}	2680.2	mm ²	6.2.6(3g)
Účinná smyková plocha	A _{v,z}	2680.2	mm ²	6.2.6(3g)
Moment setrvačnosti	I _y	23860000.0	mm ⁴	
Moment setrvačnosti	I _z	23860000.0	mm ⁴	
Moment tuhosti v kroucení	I _t	47720000.0	mm ⁴	
Poloměr setrvačnosti	i _y	75.3	mm	
Poloměr setrvačnosti	i _z	75.3	mm	
Elastický průřezový modul	W _{el,y}	218000.0	mm ³	
Elastický průřezový modul	W _{el,z}	218000.0	mm ³	
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	285000.0	mm ³	
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	285000.0	mm ³	
Výsečový moment setrvačnosti	I _w	0.0	mm ⁶	
Statický moment	S _y	71313.3	mm ³	
Statický moment	S _z	0.0	mm ³	
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _{y,S460}	a0		Tab. 6.2
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _{z,S460}	a0		Tab. 6.2

5.7.2. POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA TAH

Tahová síla	$N_{t,Ed}$	1810.110	kN		
Plocha průřezu	A	4210.0	mm ²		
Mez kluzu	f_y	460.000	MPa		3.2.1
Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000			6.1
Návrhová plastická únosnost vůči normálovým silám	$N_{pl,Rd}$	1936.600	kN		(6.6)
Únosnost při působení osově síly	$N_{t,Rd}$	1936.600	kN		
Posouzení	η	0.93		≤ 1	(6.5)