



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

B1 - STATICKÝ VÝPOČET VARIANTA A

STRUCTURAL DESIGN REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S 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
2.2.2. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ - STŘECHA- ZS4	8
2.2.3. ZATÍŽENÍ SNĚHEM - ZS5.....	8
2.2.4. ZATÍŽENÍ VĚTREM ZS6 - ZS9.....	9
2.2.4.1. ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STĚNY	10
2.2.4.2. 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
4.2.2. VNITŘNÍ SÍLY	16
4.3. RUČNÍ OVĚŘENÍ VNITŘNÍCH SIL NA PRŮVLAKU	18
4.3.1. ZATÍŽENÍ	18
4.3.2. VNITŘNÍ SÍLY	18
5. RUČNÍ OVĚŘENÍ VÝPOČTU NA MSÚ A MSP U VYBRANÝCH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ	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. 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 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

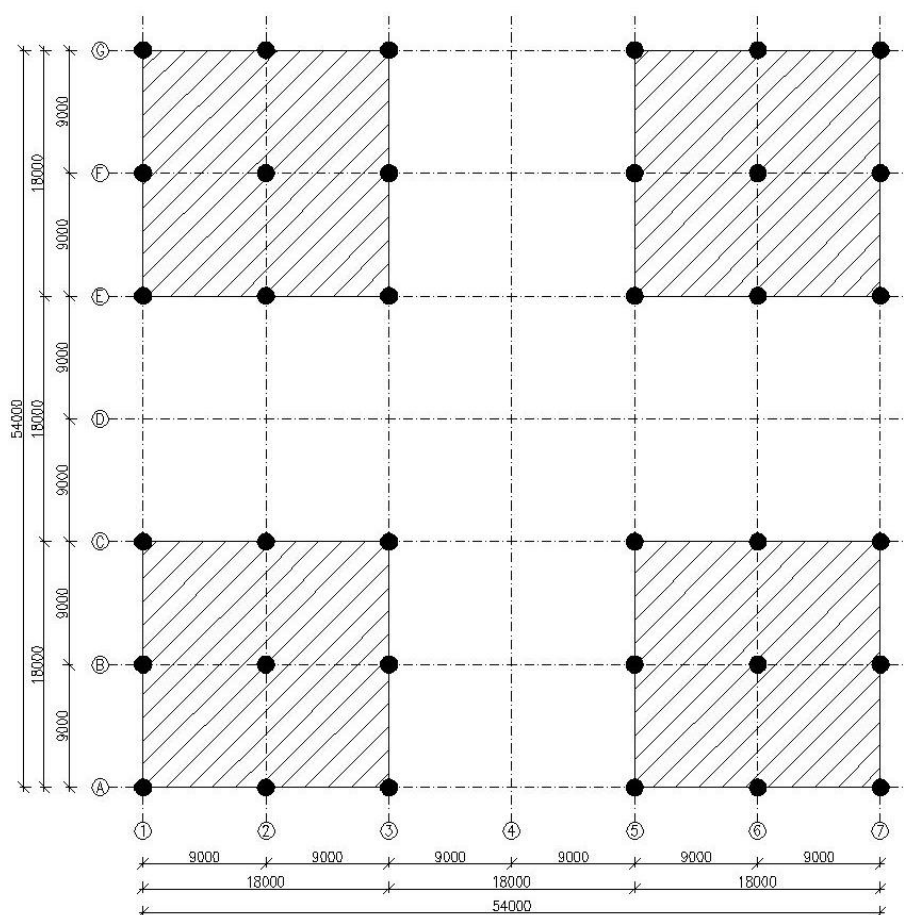
5.4.	POSOUZENÍ PRŮVLAKŮ - PROLAMOVANÝ NOSNÍK	43
5.4.1.	PARAMETRY PRŮŘEZU	44
5.4.2.	POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA MSÚ	47
5.4.3.	POSOUZENÍ NA MSP	54
5.5.	POSOUZENÍ SLOUPŮ	55
5.5.1.	POSOUZENÍ SLOUPŮ NA MSÚ	56
5.5.2.	POSOUZENÍ SLOUPU NA MSP	71
5.5.3.	POSOUZENÍ SLOUPŮ SHRUTÍ	72
5.6.	POSOUZENÍ ZTUŽIDLA	73
5.6.1.	PARAMETRY 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

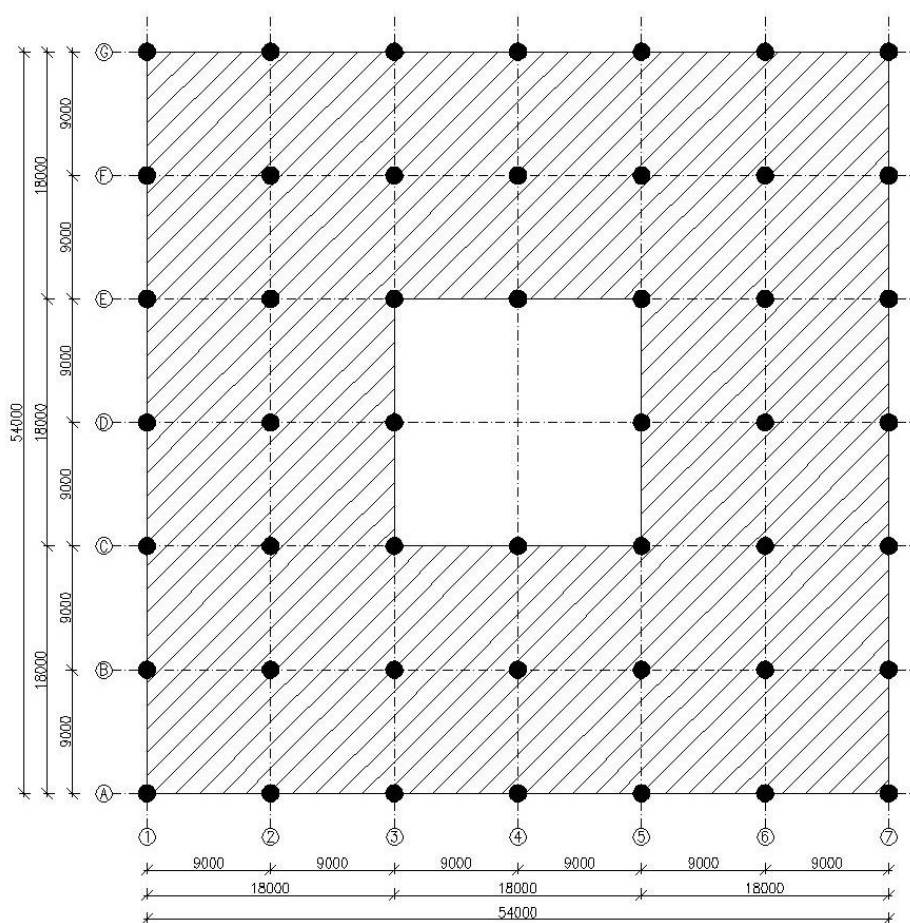
1.1. ROZMĚRY

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

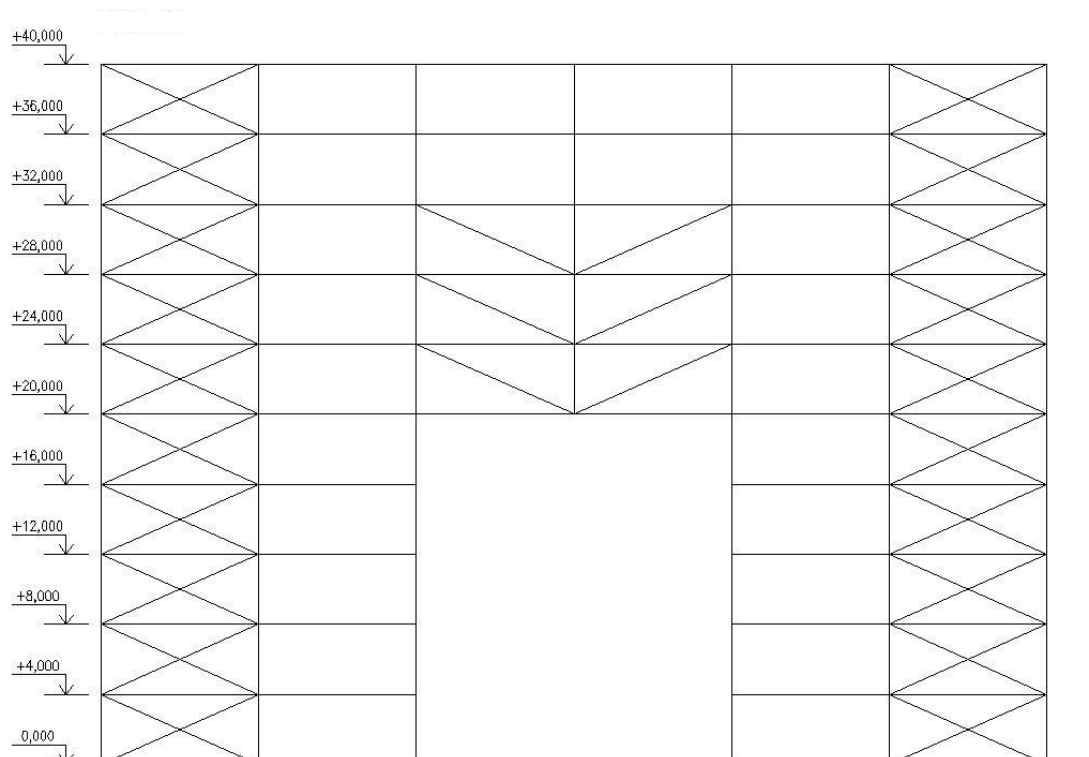
1.2. PŮDORYS 1. - 5. PODLAŽÍ



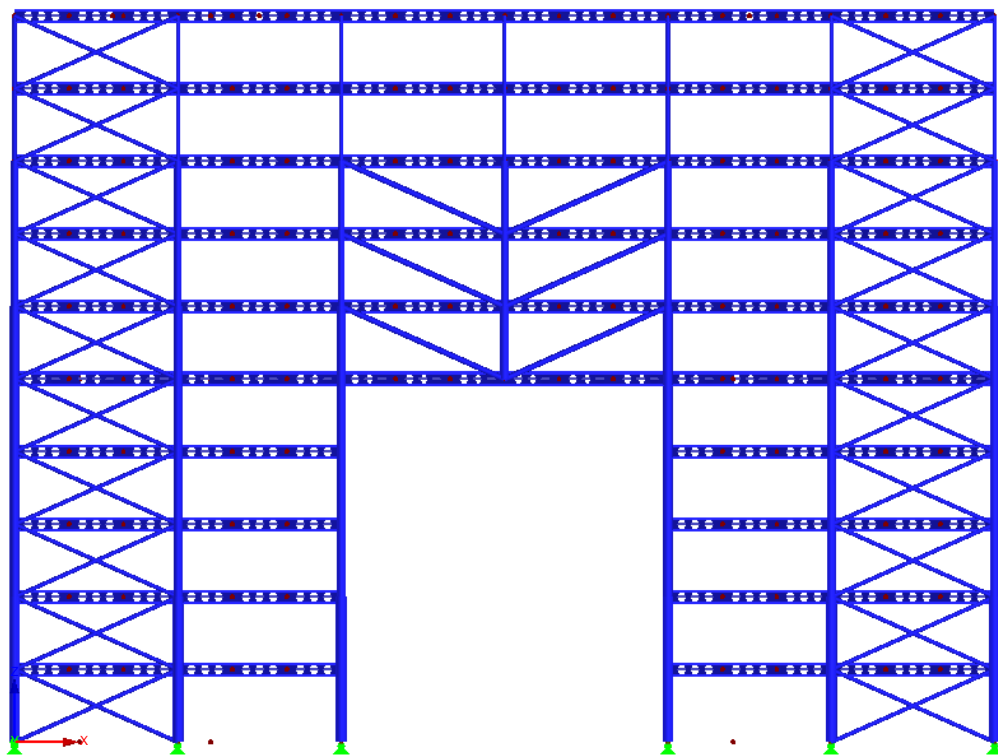
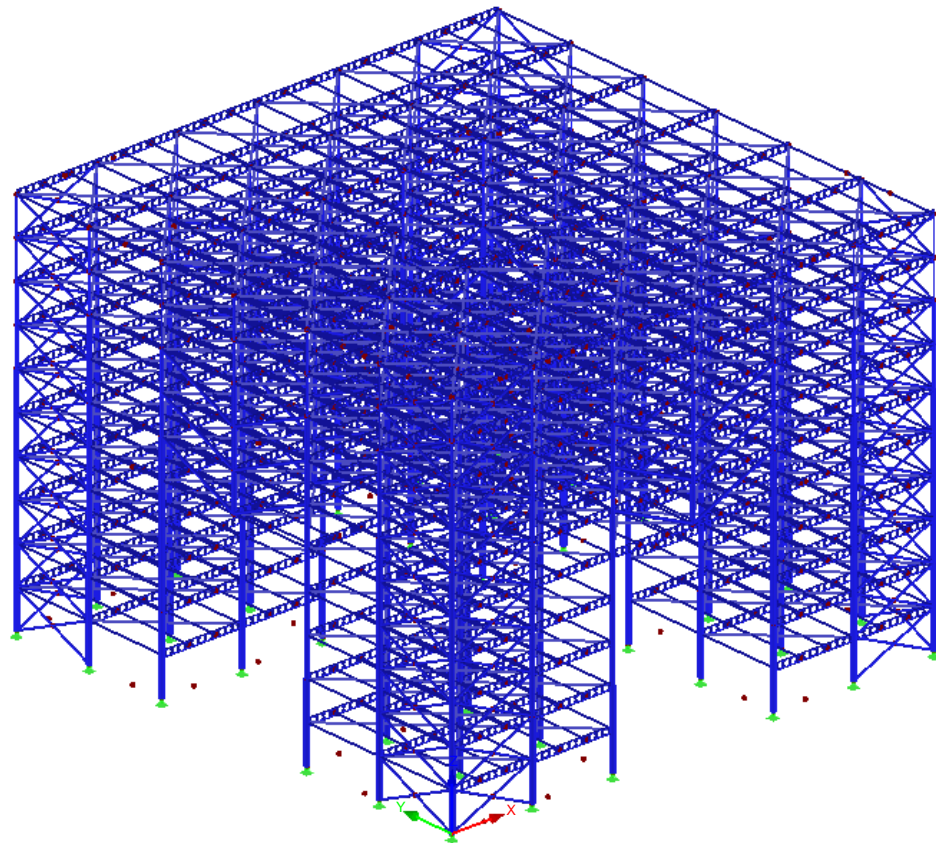
1.3. PŮDORYS 6. - 10. PODLAŽÍ



1.4. POHLED



1.5. MODEL



2. ZATÍŽENÍ

2.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

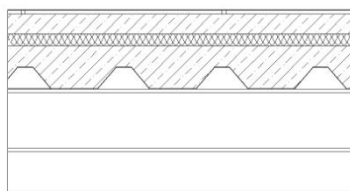
2.1.1. VLASTNÍ TÍHA - ZS1

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

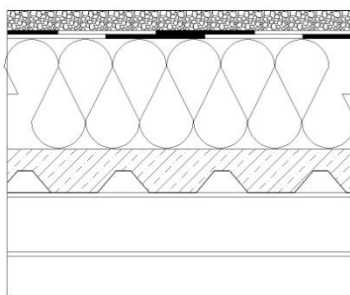


Materiál	Tloušťka [mm]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
Keramická dlažba	10	25	0,25
Betonová mazanina	50	20	1,00
Minerální vlna	30	2	0,06
Betonová deska (vylehčení a plech zanedbány)	120	23	2,76
Vedení vzduchotechniky			0,30
Kazetový podhled			0,20
Celkem g_k			4,57

Běžná stropnice: $g_k * Z\check{S} = 4,57 * 3 = 13,710 \text{ kN/m}$

Krajní stropnice: $g_k * Z\check{S} = 4,57 * 1,5 = 6,855 \text{ kN/m}$

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)	120	23	2,76
Vedení vzduchotechniky			0,30
Kazetový podhled			0,20
Celkem g_k			4,65

Běžná stropnice: $g_k * Z\check{S} = 4,65 * 3 = 13,950 \text{ kN/m}$

Krajní stropnice: $g_k * Z\check{S} = 4,65 * 1,5 = 6,975 \text{ kN/m}$

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: $q_k = 3,3 \text{ kN/m}^2$

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

2.2.3. 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
49° 45' 16.6"

Zeměpisná délka: 16.481
16° 28' 51.6"

Nadmořská výška: 442 [m.n.m.]

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

zatížení s_k : 1.39 [kPa]

Statistické parametry rozdělení ročních maxim

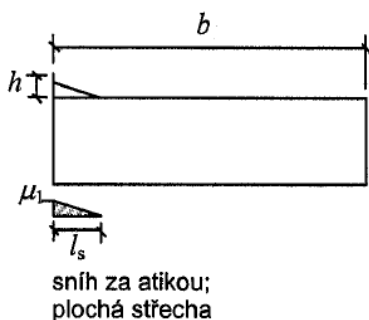
střední hodnota μ : 0.52 [kPa]

směrodatná odchylka σ : 0.33 [kPa]

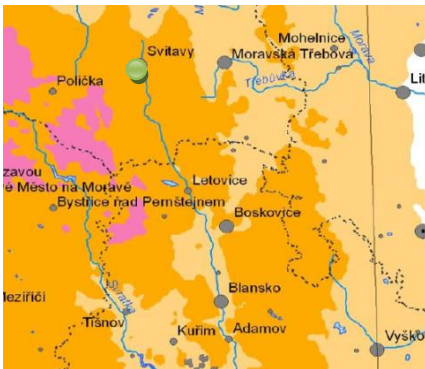
variační koeficient V : 0.63

šikmost α : 1.47

Rozdělení denních hodnot



2.2.4. 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

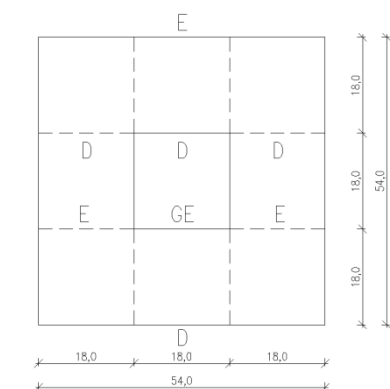
$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$

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

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



2.2.4.1. ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STĚNY

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

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

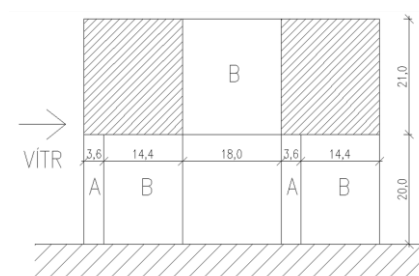
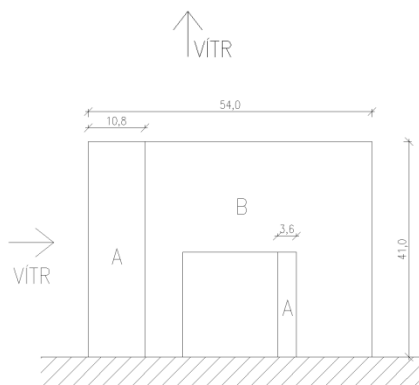
$$e_2 = \min \{b; 2h\} = \min \{18; 2 \cdot 20\} = \min \{18; 40\} = 18$$

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

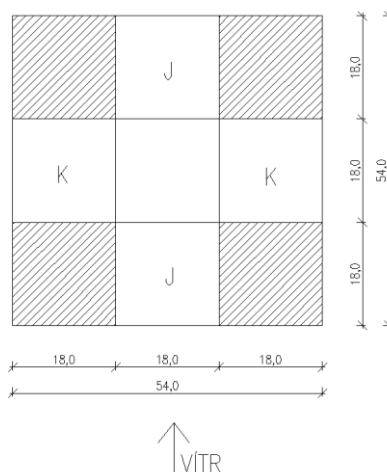
Tlak na plochu

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

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

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

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

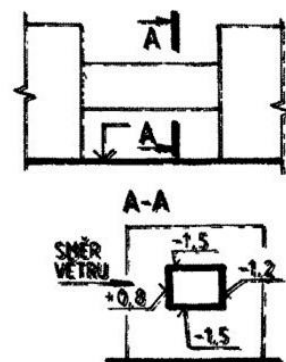
Šířka oblasti B

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

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

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



2.2.4.2. ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU

Střecha s atikou

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

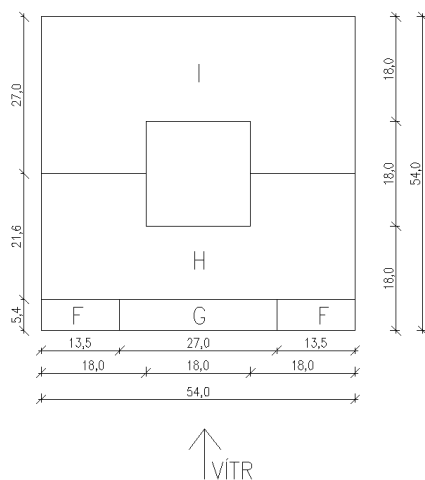
$$h_p = 1 \text{ m}$$

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

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

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

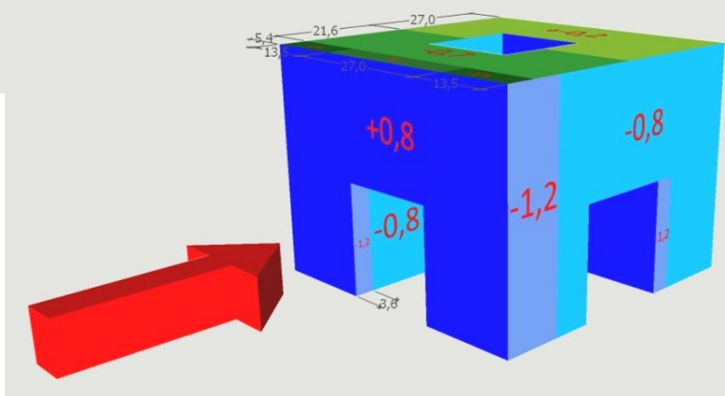
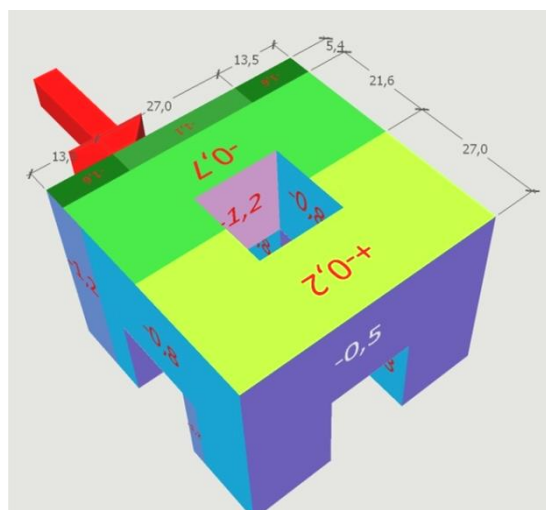
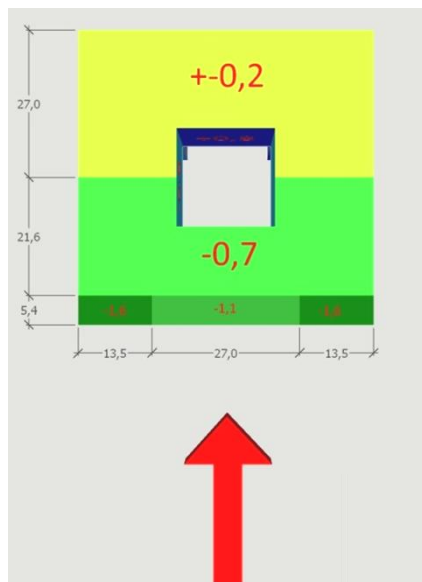
$$d/2 - e/10 = 54/2 - e/10 = 27 - 5,4 = 32,4 \text{ m}$$

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

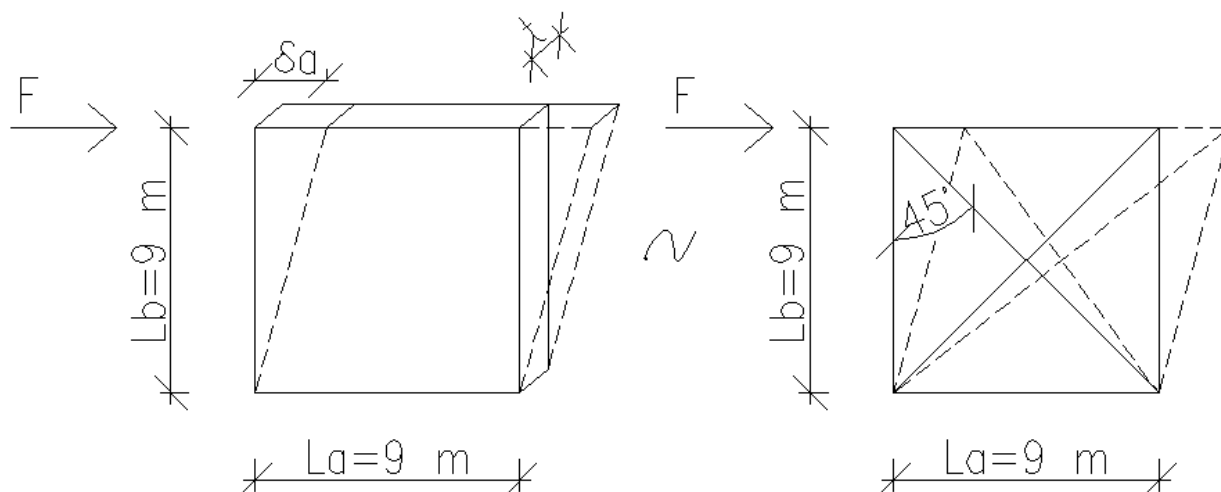
Tloušťka betonové desky schopné přenášet vodorovné síly: $t = 65$ mm.

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

Rozpětí desky: L_a a $L_b = 9$ 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:

$$\delta_a = \delta_b$$

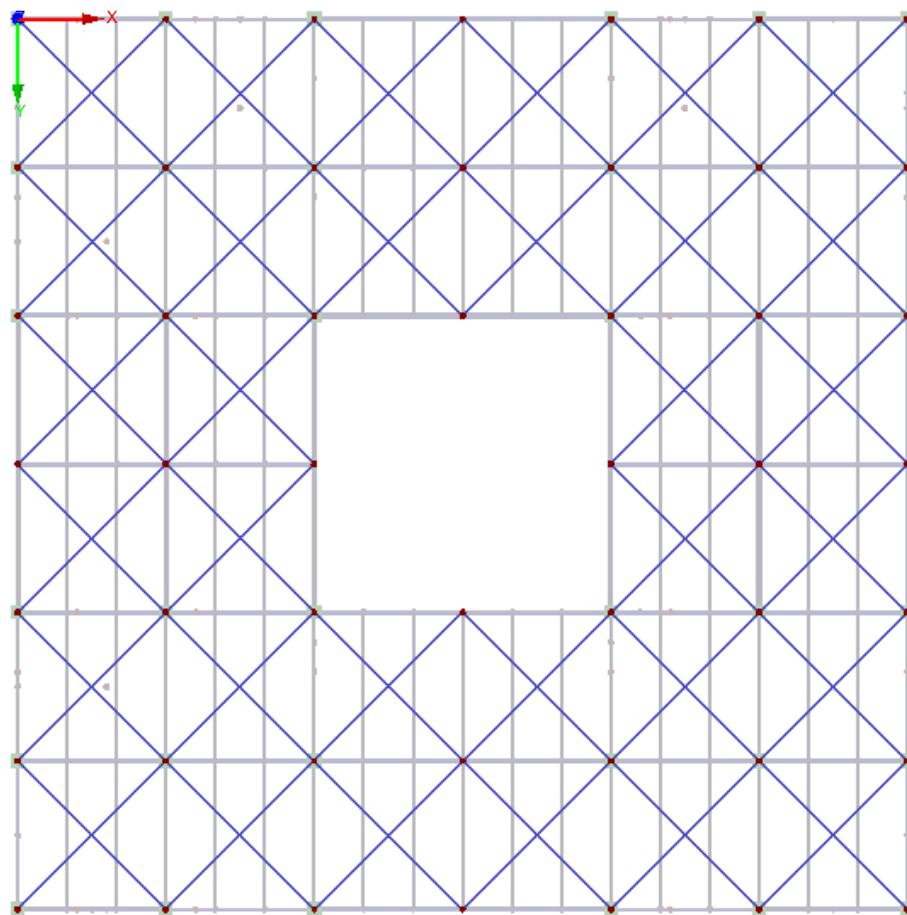
Po dosazení pak:

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

$$210000 \cdot A = \frac{12916,667 \cdot 0,065 \cdot (9^2 + 9^2)^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot 9 \cdot 9}$$

Výsledná plocha ztužidla tedy:

$$A = 0,05088643575 \text{ m}^2$$



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 9 m.

4.2.1. ZATÍŽENÍ

Zatížení	Zatěžovací šířka [m]	g_k/q_k [kN/m]
ZS1 - Vlastní tíha stropnice IPE 270 (36,1 kg/m ²)		0,361
ZS2 - Podlaha + strop (4,47 kN/m ²)	3,0	13,710
ZS3 - Užitné zatížení běžného podlaží (3,3 kN/m ²)	9,0	9,900

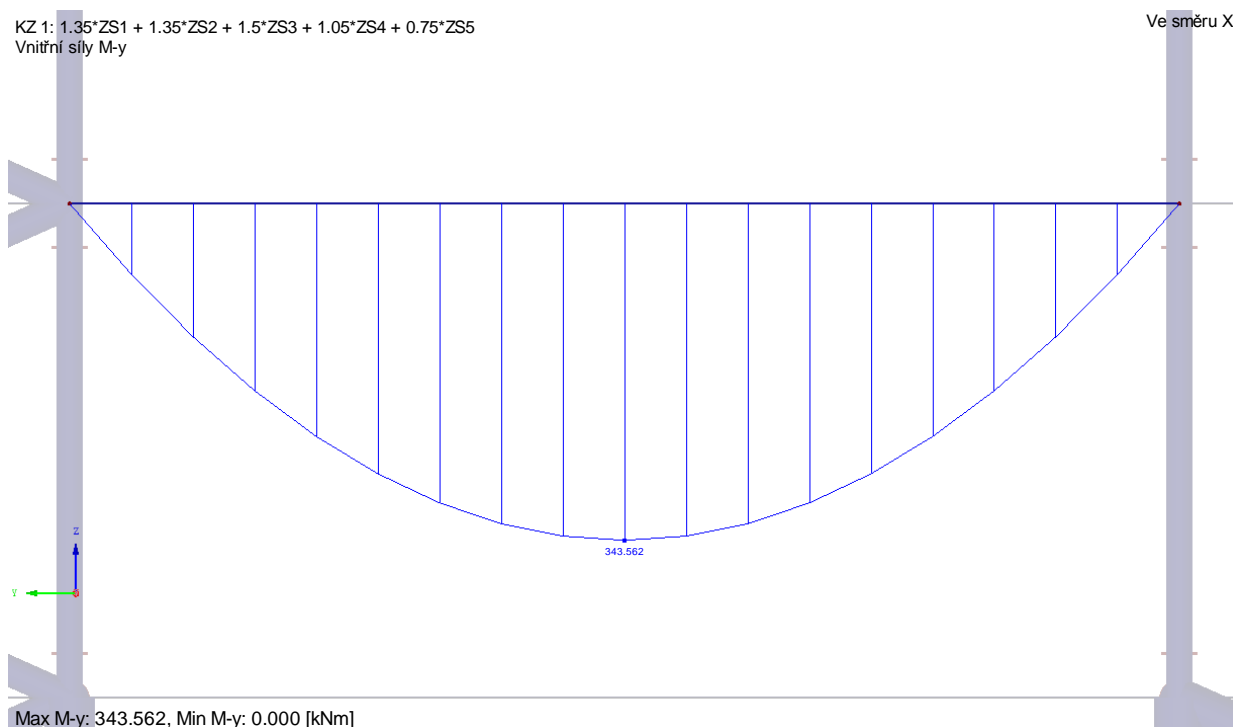
$$g_d = 1,35 * 0,361 + 1,35 * 13,710 + 1,5 * 9,900 = 33,846 \text{ kN/m}$$

4.1.2. VNITŘNÍ SÍLY

Ohybový moment

$$M_{ed} = \frac{1}{8} * g_d * l^2 = \frac{1}{8} * 33,846 * 9^2 = 342,691 \text{ kNm}$$

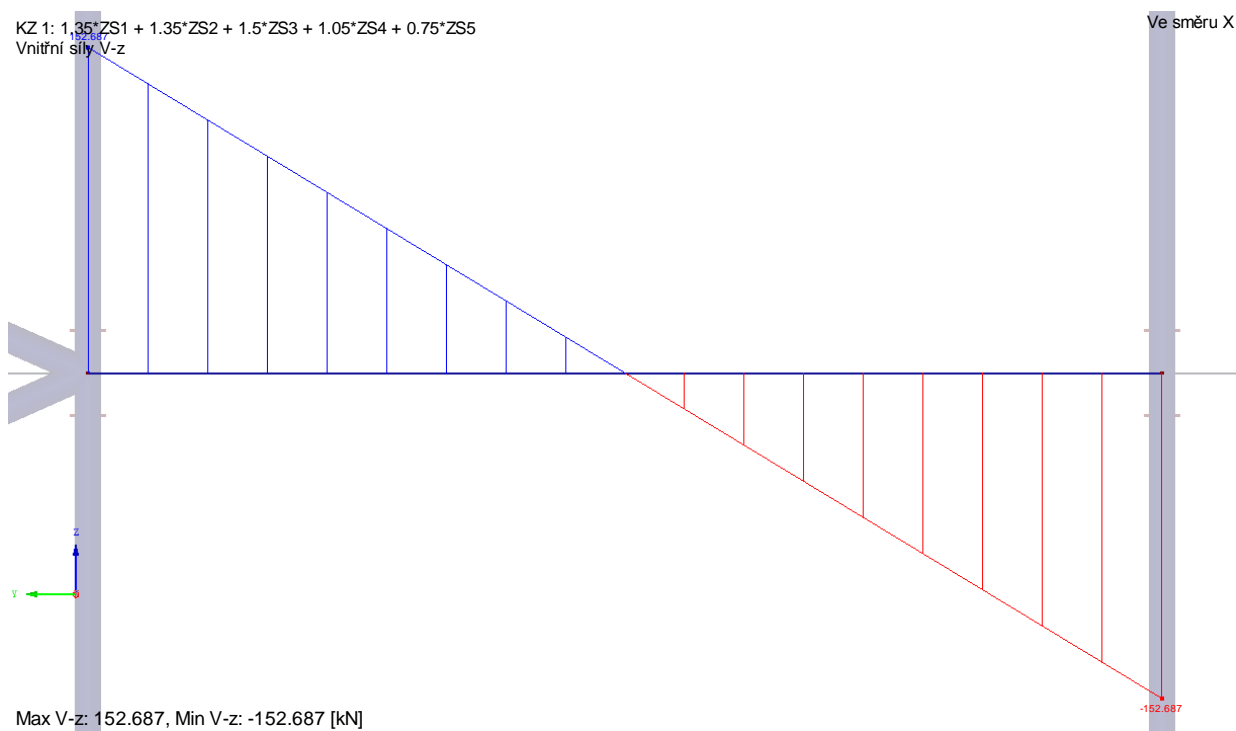
Výsledná hodnota je takřka totožná s programovým řešením, kde pro danou stropnici je $M_{ed} = 343,562 \text{ kNm}$. Hodnota se liší vzhledem k zaokrouhlování a tudíž lze programové řešení považovat za správné.



Posouvající síla:

$$V_{ed} = \frac{1}{2} * g_d * l = \frac{1}{2} * 33,846 * 9 = 152,307 \text{ kN}$$

Výsledná hodnota je takřka totožná s programovým řešením, kde pro danou stropnici je $V_{ed} = 152,687 \text{ kN}$. 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 9 m. Ve třetinách rozpětí jsou na průvlak oboustraně uloženy stropnice viz. bod 4.2. Ruční ověření vnitřních sil na stropnici. VI. tíha průvlaku (IPE 500-750) - ZS1 = 0,907 kN/m.

4.3.1. ZATÍŽENÍ

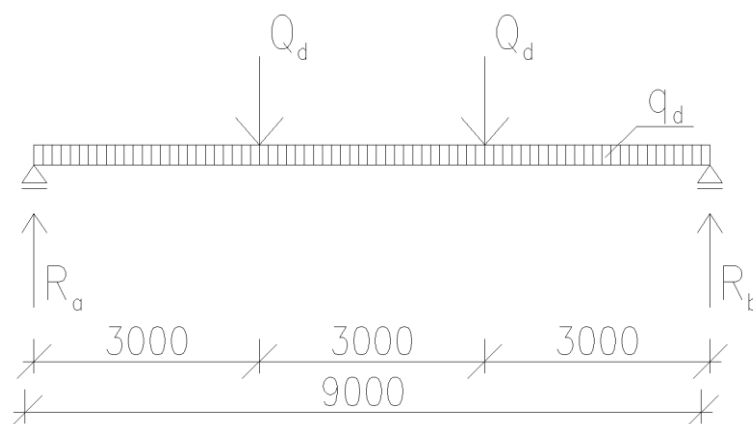
Reakce od stropnice

$$Q_d = 2 * V_{ed, \text{stropnice}} = 2 * 152,307 = 304,614 \text{ kN}$$

VI. tíha průvlaku

$$q_d = \gamma * q_k = 1,35 * 0,907 = 1,224 \text{ kN}$$

4.3.2. VNITŘNÍ SÍLY



Reakce

$$R_a = R_b = Q_d + 0,5 * q_d * l = 304,614 + 0,5 * 1,224 * 9 = 310,122 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment

$$M_{ed} = \frac{1}{8} * q_d * l^2 + Q_d * 4,5 - Q_d * 1,5$$

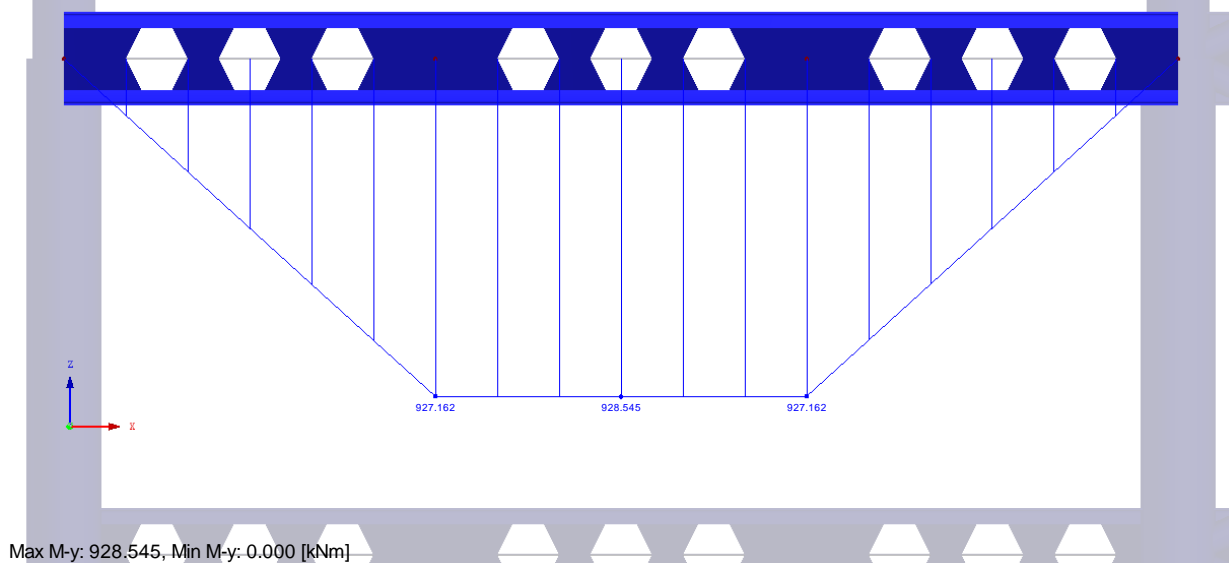
$$M_{ed} = \frac{1}{8} * 1,224 * 9^2 + 304,614 * 4,5 - 304,614 * 1,5$$

$$M_{ed} = 926,235 \text{ kNm}$$

Výsledná hodnota je takřka totožná s programovým řešením, kde pro danou stropnici je $M_{ed} = 928,545 \text{ kN}$. 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

Ve směru Y



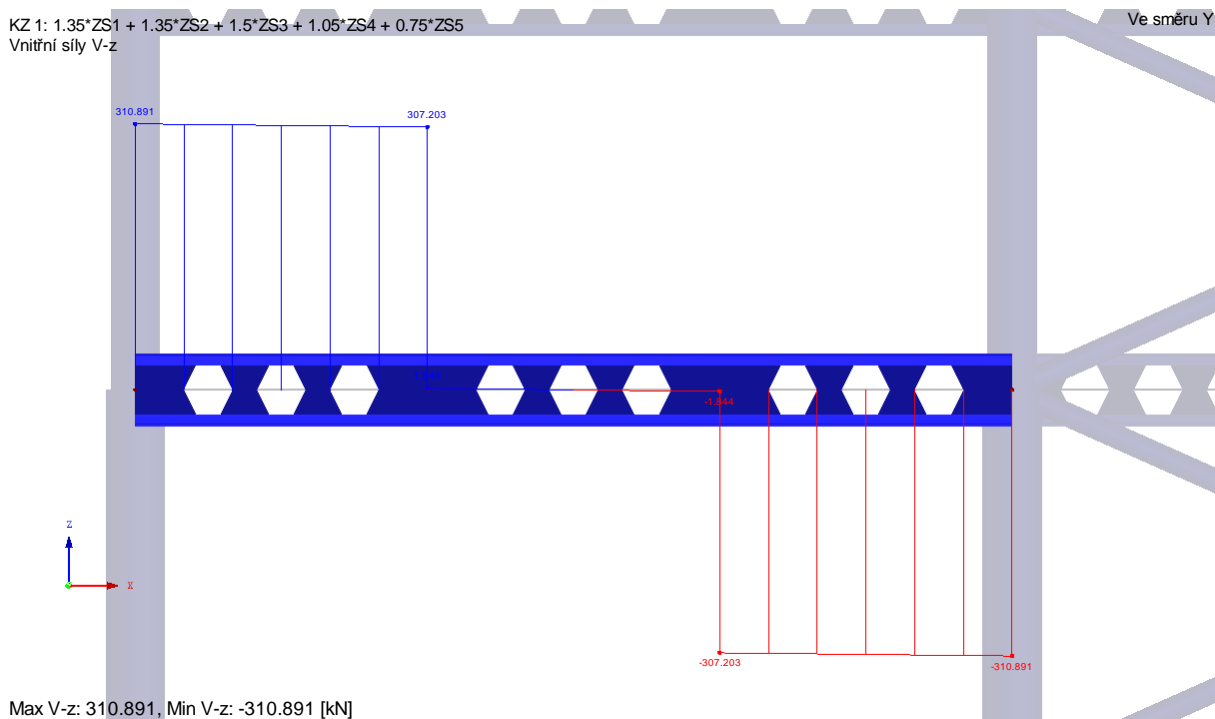
Maximální posouvající síla

$$V_{ed} = R_a = 310,122 \text{ kN}$$

Výsledná hodnota je takřka totožná s programovým řešením, kde pro danou stropnici je $V_{ed} = 310,891 \text{ kN}$. 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

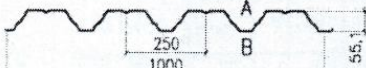
Ve směru Y

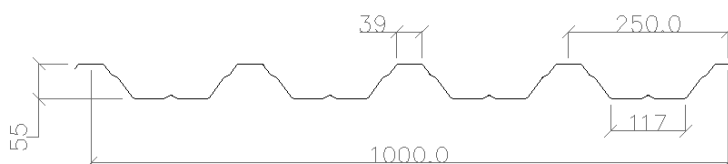


5. RUČNÍ OVĚŘENÍ VÝPOČTU NA MSÚ A MSP U VYBRANÝCH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ

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 3 m. Tloušťka plechu 1,13 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
 TR 55/250	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

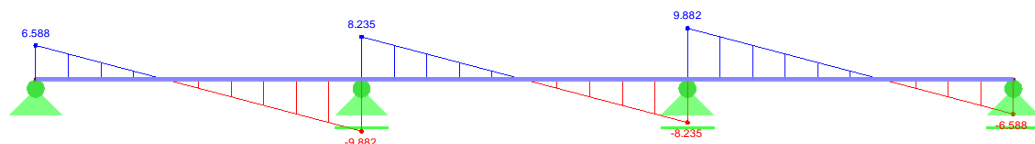
Materiál	Objemová tíha [kN/m ³]	g _k /q _k [kN/m ²]
Vlastní tíha plechu tl. 1,13 mm		0,113
Čerstvý beton tl. 120 mm (vylehčení zanedbáno)	26	3,12
Montážní zatížení (pracovníci, montážní zařízení)		1,0

$$g_d = 1,35 * (0,113 + 3,12) + 1,5 * (0,75 * 1) = 5,490 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{k,MSP} = 0,113 + 3,12 = 3,233 \text{ kN/m}^2$$

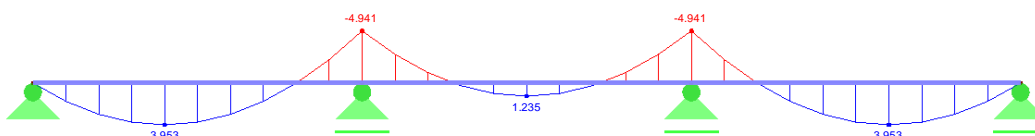
5.1.2. VNITŘNÍ SÍLY

$$V_{ed,max} = 9,250 \text{ kN}$$



$$M_{ed,max \text{ v poli}} = 3,953 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,max \text{ nad podporou}} = -4,941 \text{ kNm}$$



5.1.3. POSOUZENÍ NA MSÚ

Návrhový moment únosnosti nad podporou

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff} * f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{17600 * 320}{1,0} = 5,632 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{4,941}{5,632} = 0,88 \leq 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

Návrhový moment únosnosti v poli

$$M_{Rd} = \frac{W_{eff} * f_{yb}}{\gamma_{M0}} = \frac{17870 * 320}{1,0} = 5,718 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{3,953}{5,718} = 0,69 \leq 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

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

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

$$\frac{V_{ed}}{V_{b,Rd,1}} \leq 1,00 \quad \frac{9,882}{88,800} = 0,11 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

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

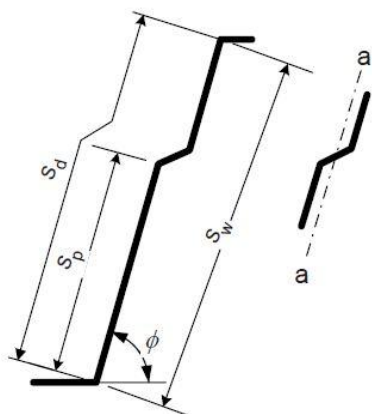
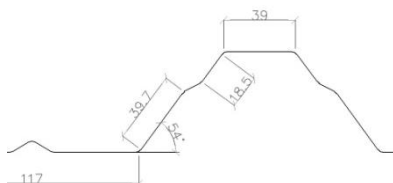
$$\lambda_w = 0,346 * \frac{s_w}{t} * \sqrt{\frac{0,534 * f_{yb}}{k_\tau * E}} = 0,346 * \frac{71,8}{0,88} * \sqrt{\frac{0,534 * 320}{7,92 * 210000}} = 0,29 \leq 0,83$$

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

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

Moment setrvačnosti jedné podélné výztuhy I_s

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

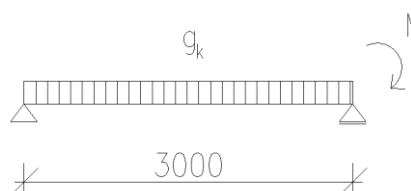


Posouzení na kombinaci ohybu a smyku

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

$$0,88 + 0,11 = 0,99 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

5.1.4. POSOUZENÍ NA MSP



$$M = -\frac{1}{10} * g_k * L^2 = -\frac{1}{10} * 3,233 * 3^2 = -2,910 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{E * I_{eff}} * \left(\frac{5}{384} * g_k * L^4 + \frac{1}{16} * M * L^2 \right) = \\ &= \frac{1}{210000 * 615000} * \left(\frac{5}{384} * 3,233 * 3000^4 - \frac{1}{16} * 2,910 * 3000^2 \right) \\ &= 24,28 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\delta = 26,40 \text{ mm} < \delta_{t,max} = \frac{l}{180} = \frac{3000}{180} = 16,67 \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

=> Trapézový plech bude při montáži podepřen v polovině rozpětí, tudíž zatěžovací šířka je 1,5 m. První mezní stav není přepočítán - automaticky vyhoví.

$$M = -\frac{1}{10} * g_k * L^2 = -\frac{1}{10} * 3,233 * 1,5^2 = -0,727 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{E * I_{eff}} * \left(\frac{5}{384} * g_k * L^4 + \frac{1}{16} * M * L^2 \right) = \\ &= \frac{1}{210000 * 615000} * \left(\frac{5}{384} * 3,233 * 1500^4 - \frac{1}{16} * 0,727 * 1500^2 \right) \\ &= 1,65 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\delta = 1,65 \text{ mm} < \delta_{t,max} = \frac{l}{180} = \frac{1500}{180} = 8,33 \quad \text{VYHOVUJE}$$

a současně platí

$$\delta = 1,65 \text{ mm} < \delta_{t,max} = \frac{tl_{desky}}{10} = \frac{110}{10} = 11 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Rybníkový efekt není třeba uvažovat

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

5.2. POSOUZENÍ BETONOVÉ DESKY

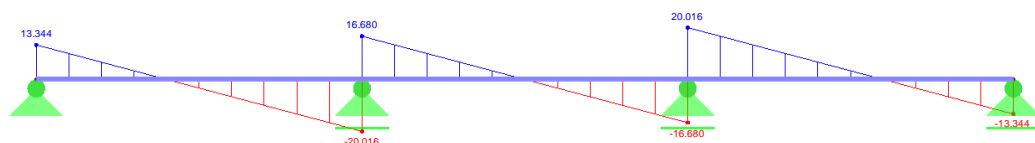
5.2.1. ZATÍŽENÍ

Materiál	g_k/q_k [kN/m ²]
ZS2 - Ostatní stálé	4,57
ZS3 - Užitné - běžné podlaží	3,30

$$g_d = 1,35 * 4,57 + 1,5 * 3,30 = 11,12 \text{ kN/m}^2$$

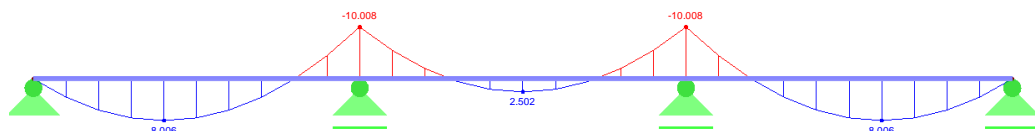
5.2.2. VNITŘNÍ SÍLY

$$V_{ed,max} = 20,016 \text{ kN}$$



$$M_{ed,max \text{ v poli}} = 8,006 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,max \text{ nad podporou}} = -10,008 \text{ kNm}$$



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

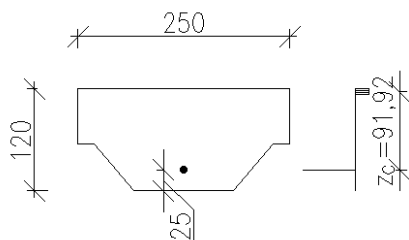
$$A_s = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 8^2}{4} = 50,27 \text{ mm}^2$$

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

$$z_c = h_d - c - \frac{x}{2} = 120 - 25 - \frac{6,17}{2} = 91,92 \text{ mm}$$



Moment únosnosti

$$M_{Rd} = A_s * f_{sd} * z_c = 50,27 * 434,78 * 91,92 = 2,009 \text{ kNm}$$

Moment únosnosti pro 1 m šířky desky

$$M_{Rd,1} = \frac{M_{Rd}}{b} = \frac{2,009}{0,25} = 8,036 \text{ kNm}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{8,006}{8,036} = 0,99 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost jednoho žebra desky nad podporou

Beton C25/30, výztuž B500B Ø 8 po 125 mm

Návrhová pevnost výztuže

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

Plocha výztuže pro 1 žebro

$$A_s = 2 * \frac{\pi * d^2}{4} = 2 * \frac{\pi * 8^2}{4} = 100,53 \text{ mm}^2$$

Poloha neutrální osy - přibližně

$$x = \frac{A_s * f_{sd}}{0,85 * f_{cd} * b} = \frac{100,53 * 434,78}{0,85 * 16,67 * 164} = 18,81 \text{ mm}$$

Rameno vnitřních sil

$$z_c = h_d - c - \frac{x}{2} = 120 - 25 - \frac{18,81}{2} = 85,595 \text{ mm}$$

Moment únosnosti

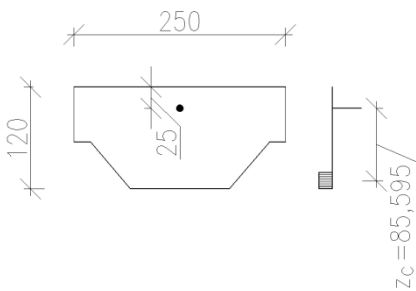
$$M_{Rd} = A_s * f_{sd} * z_c = 100,53 * 434,78 * 85,595 = 3,74 \text{ kNm}$$

Moment únosnosti pro 1 m šířky desky

$$M_{Rd,1} = \frac{M_{Rd}}{b} = \frac{3,74}{0,25} = 14,96 \text{ kNm}$$

Posouzení:

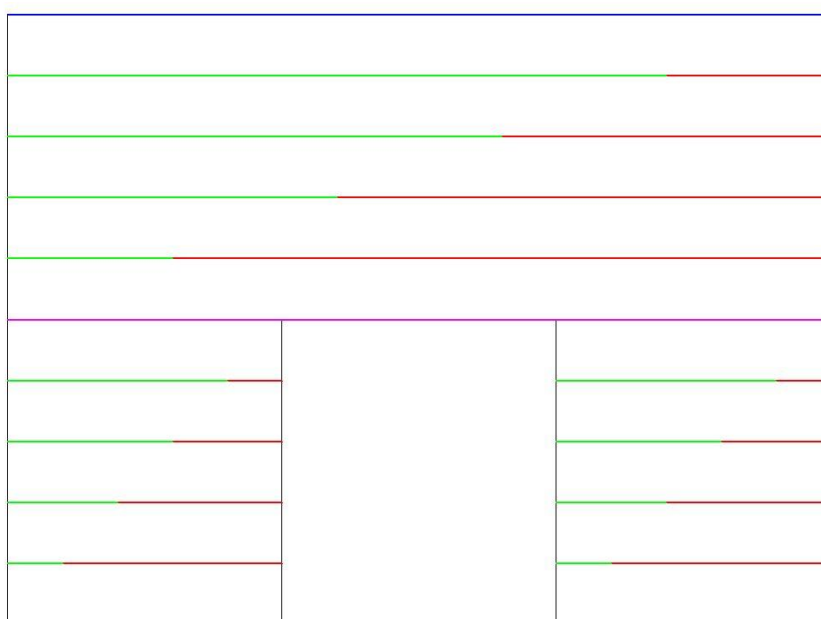
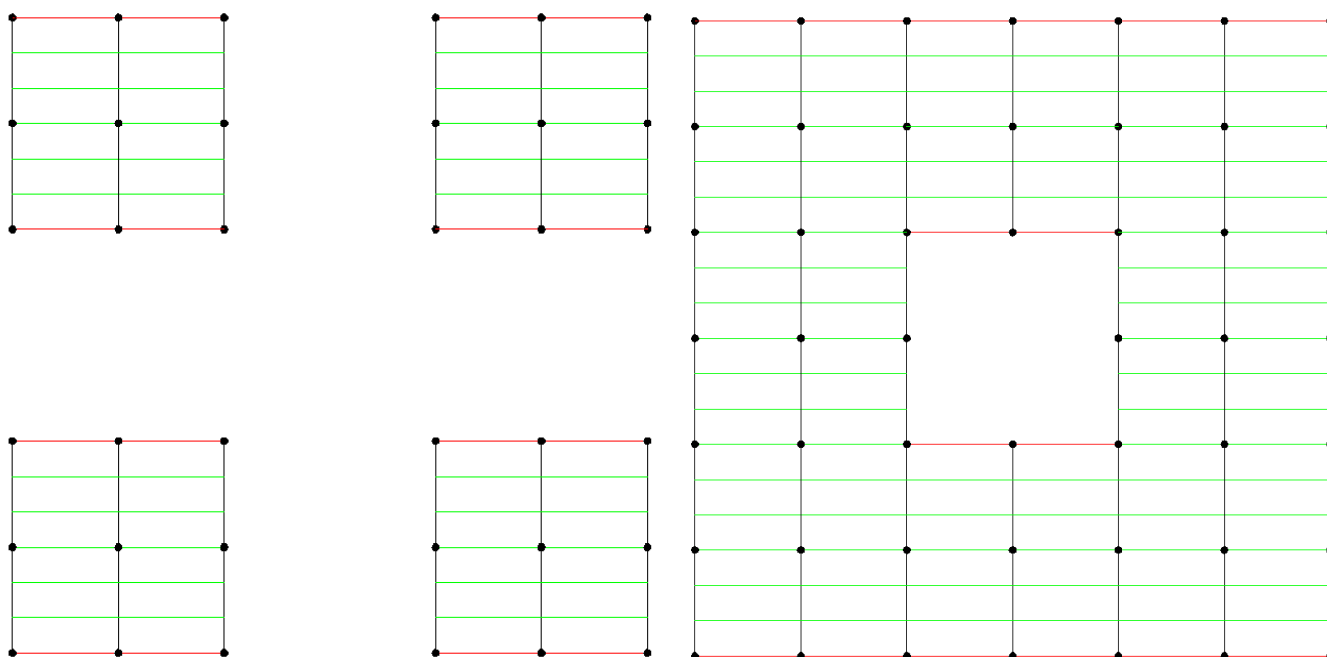
$$\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{10,008}{14,96} = 0,67 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$



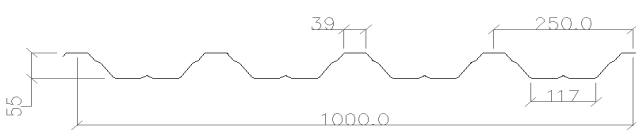
5.3. POSOUZENÍ STROPNICE

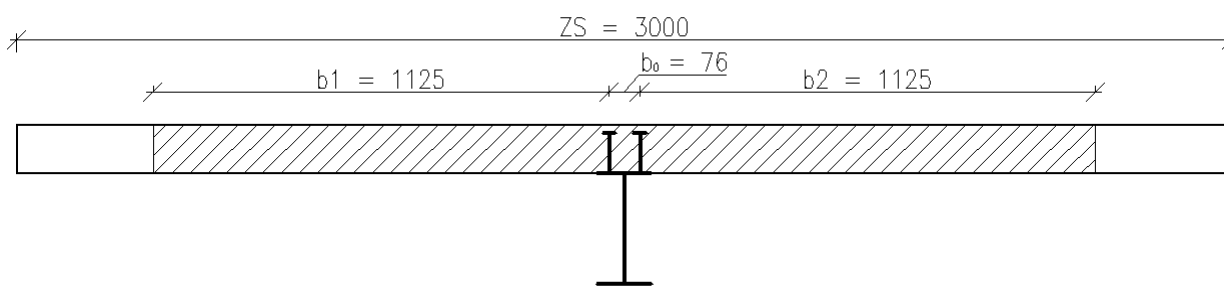
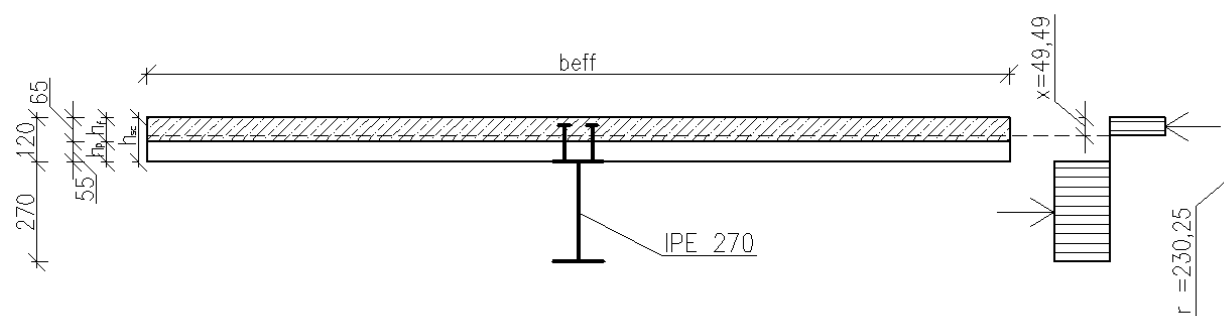
Spřažené ocelobetonové stropnice byly rozděleny na 4 druhy dle zatížení a následně posouzeny.

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

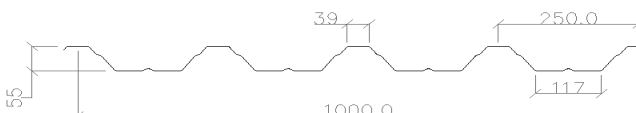
Posouzení spřaženého nosníku - Stropnice A			
Orientace trapézového plechu	KOLMO		
Vstupní údaje:			
Délka nosníku L_e	9000	mm	
Vzájemná vzdálenost nosníků l_s - zatěžovací šířka	3000	mm	
Trapézový plech	TR 55/250	S320G	
f_{yk}	235	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	235	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka plechu	1,13	mm	
střední šířka žebra b_0	164,20	mm	
Osová vzdálenost žeber 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	65,00	mm	$h_c=h_f$
Plocha spolupůsobícího betonu A_c	151190	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	65	mm	
Nosník	IPE 270	S355	
Průřezová plocha A_a	4594	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	5,7900E+07	mm ⁴	
W_a	4,2900E+05	mm ³	
Tloušťka pásnice t_f	10,20	mm	
Výška nosníku h_a	270	mm	
Výška stojiny h_w	219,6	mm	
Tloušťka stojiny t_w	6,6	mm	
Šířka stojiny	135	mm	
Hmotnost	36,1	kg/m	

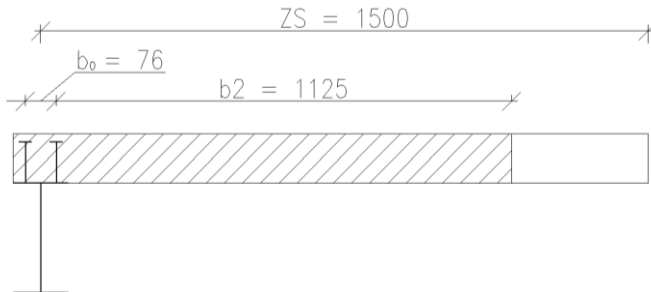
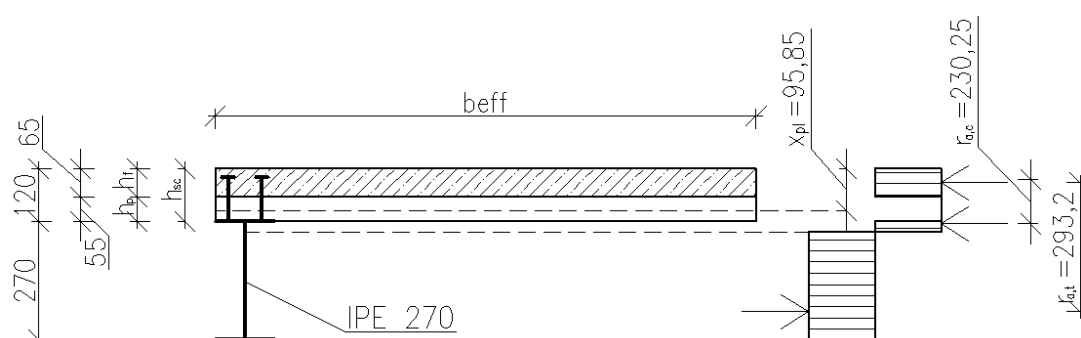
Spřahovací trny	SD 19/100		
Průměr dřívku trnu d	19	mm	
Výška trnu h_{sc}	100	mm	
Mez pevnosti v tahu f_u	400	MPa	
Součinitel spřažení γ_V	1,25		
Posouzení únosnosti v ohybu			
			
Účinná šířka desky b_{eff}	2326	mm	$b_{eff}=b_0+b_1+b_2$
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0	76	mm	
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 1. straně stojiny	1125	mm	$b_1=L_e/8$
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 2. straně stojiny	1125	mm	$b_2=L_e/8$
Vzdálenosti b_1 a b_2 nesmí být větší než polovina vzdálenosti nosníků od krajního spřahovacího prostředku	1462	mm	$(l_s-b_0)/2$
			VYHOVUJE
			
Návrhový ohybový moment M_{ed}	343,77	kNm	
Poloha plastické neutrální osy x_{pl}	49,49	mm	$x_{pl}=(A_a*f_{yd})/b_{eff}*0,85*f_{cd}$
			Neutrální osa v betonu
Rameno vnitřních sil r	230,25	mm	$r=h_a/2+h_f+h_p-x_{pl}/2$
Moment únosnosti $M_{pl,Rd}$	375,514	kNm	$M_{pl,Rd}=A_a*f_{yd}*r$
$(M_{ed}/M_{pl,Rd}) \leq 1$	0,92	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Posouzení vertikální smyk			
Návrhová posouvající síla V_{ed}	152,73	kN	
Plastická únosnost ve smyku $V_{pl,Rd}$	297,06	kN	
Plocha stojiny A_w	1449,36	mm ²	
$(V_{ed}/V_{pl,Rd}) \leq 1,00$	0,51	\leq	1,00
			VYHOVUJE

Únosnost spřažení			
Uvažováno je s úplným spřažením,			
na polovině rozpětí je tedy třeba přenést sílu N_{cr}	1630,870	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	1,21		$k_t=(0,7/\sqrt{nr}) \cdot (b_0/h_p) \cdot (h_{sc}/h_p-1)$
Počet trnu v jednom žebře v příčném řezu nosníkem (max. 2) n_r	2,00	ks	
Redukční součinitel $k_{t,max}$	0,80		
Redukovaná smyková únosnost jednoho trnu $P_{Rd} \cdot k_t$	58,07	kN	$P_{Rd} \cdot k_t$
Potřebný počet trnů na polovinu rozpětí n_f	28,09	ks	$n_f=N_{cr}/(P_{Rd} \cdot k_t)$
	29,00	ks	
Počet trnů který, je možno umístit na polovinu nosníku n_s	36,00	ks	$n_s=((l_s/2)/b_z) \cdot n_r$
	36,00	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	20	mm	VYHOVUJE
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	50,5	mm	VYHOVUJE
Rozteč trnů ve směru pásnice nosníku (podélná vzdálenost trnů) s_l			
max. 800 mm	800	\geq	250 mm
max. $6 \cdot (h_p + h_f)$	720	\geq	250 mm
min. 5d	95	\leq	250 mm
			VYHOVUJE
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0 max. 4d	76	\geq	76
			VYHOVUJE
Vzdálenost trnu od okraje pásnice min. 20 mm	20	\geq	20
			VYHOVUJE
Minimální šířka žebra min 50	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 $g_{k,1}$	8,641	kN/m	
Charakteristické zatížení pro 2. fázi ostatní stélé + proměnné $g_{k,2}$	15,330	kN/m	
Složky pro výpočet zatížení:			
beton deska (vylehčení a plech zanedbány)	2,760	kN/m ²	
vl. tíha nosníku	0,361	kN/m	
zatěžovací šířka	3,000	m	
ostatní stálé	1,810	kN/m ²	
proměnné	3,300	kN/m ²	
Průhyb 1. fáze δ_1	60,71	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	28,47	mm	$\delta_2 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_i)$
Celkový průhyb δ	28,47	mm	$\delta = \delta_1 + \delta_2$
Maximální průhyb δ_{max}	36	mm	$\delta_{max} = L_e / 250$
Posouzení průhyb $\delta / \delta_{max} \leq 1,00$	0,79	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Pracovní součinitel n	13,55		$n = E_a / E_{c,eff}$
Plocha ideálního průřezu A_i	15753,26	mm ²	$A_i = A_a + A_c / n$
Statický moment S_i	1,5341E+06	mm ³	$S_i = A_a * c_a + (A_c * c_c) / n$
Poloha těžiště nosníku c_a	255	mm	$c_a = h_a / 2 + h_p + h_f$
Poloha těžiště desky c_c	32,5	mm	$c_c = h_c / 2$
Poloha těžiště ideálního průřezu c_i	97,39	mm	$c_i = S_i / A_i$
z_a	157,61	mm	$z_a = c_a - c_i$
z_c	64,89	mm	$z_c = c_i - c_c$
Moment setrvačnosti ideálního průřezu I_i	2,1907E+08	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	8,1895E+05	mm ⁴	$I_c = 1/12 * b_{eff} * h_c^3$
Napětí v ocelovém nosníku v montážní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	87,49	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_{k,1} * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	203,94	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}	155,22	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_k * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	111,67	Mpa	$\sigma_a = (M_{ed} / I_i) * z_a$
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,31	\leq	1,00
			VYHOVUJE

5.3.2. POSOUZENÍ STROPNICE B

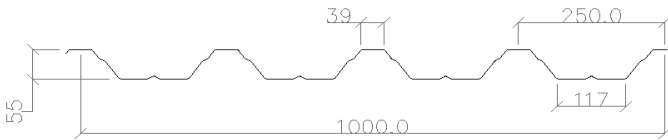
Posouzení spřaženého nosníku - Stropnice B			
Orientace trapézového plechu	KOLMO		
Vstupní údaje:			
Délka nosníku L_e	9000	mm	
Vzájemná vzdálenost nosníků l_s - zatěžovací šířka	1500	mm	
Trapézový plech	TR 55/250	S320G	
f_{yk}	235	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	235	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka plechu	1,13	mm	
střední šířka žebra b_0	164,20	mm	
Osová vzdálenost žeber 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	65,00	mm	$h_c=h_f$
Plocha spolupůsobícího betonu A_c	78065	mm ²	$A_c=b_{eff} \cdot h_c$
Tloušťka betonu v žebře (výška žebra) h_p	55	mm	
Tloušťka betonu nad povrchem plechu h_f	65	mm	
Nosník	IPE 270	S355	
Průřezová plocha A_a	4594	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	5,7900E+07	mm ⁴	
W_a	4,2900E+05	mm ³	
Tloušťka pásnice t_f	10,20	mm	
Výška nosníku h_a	270	mm	
Výška stojiny h_w	219,6	mm	
Tloušťka stojiny t_w	6,6	mm	
Šířka stojiny b_f	135	mm	
Hmotnost	36,1	kg/m	

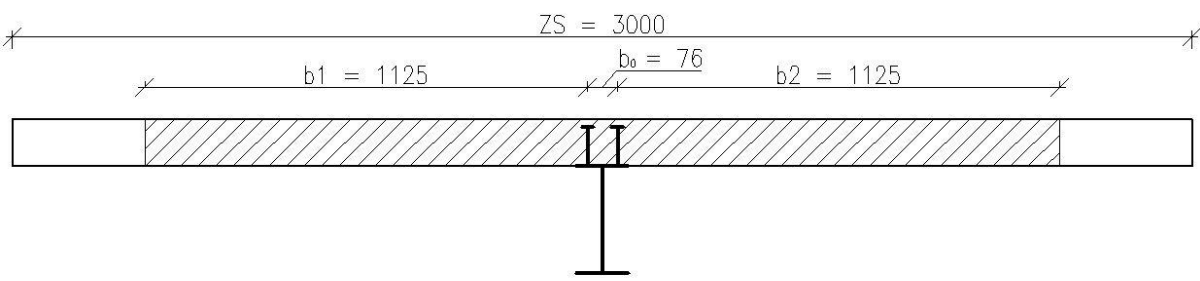
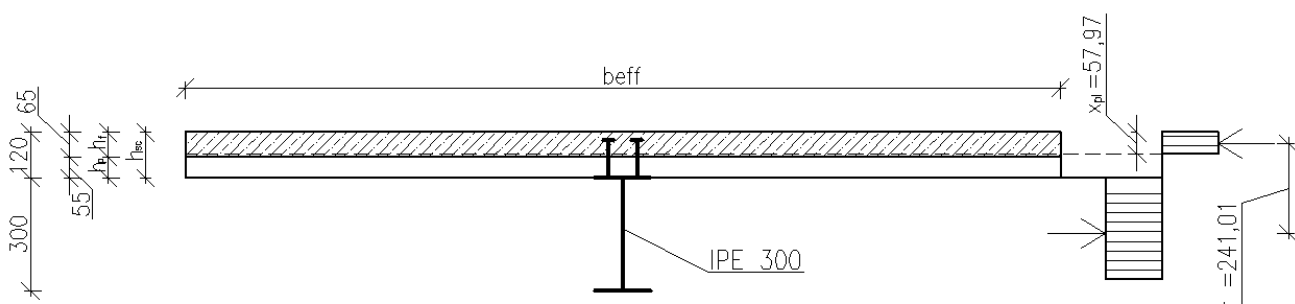
Spřahovací trny	SD 19/100		
Průměr dřívku trnu d	19	mm	
Výška trnu h_{sc}	100	mm	
Mez pevnosti v tahu f_u	400	MPa	
Součinitel spřažení γ_V	1,25		
Posouzení únosnosti v ohybu			
			
Účinná šířka desky b_{eff}	1201	mm	$b_{eff}=b_0+b_1+b_2$
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0	76	mm	
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 1. straně stojiny	1125	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 nosníků od krajního spřahovacího prostředku	712	mm	$(l_s-b_0)/2$
			VYHOVUJE
			
Návrhový ohybový moment M_{ed}	207,45	kNm	
Poloha plastické neutrální osy x_{pl}	95,85	mm	$x_{pl}=(A_a*f_{yd})/b_{eff}*0,85*f_{cd}$
			Neutrální osa v oceli
Ověření výšky tlačené oceli xx	10,95	mm	$xx=A_{a,c}/f_{yd}$
			Neutrální osa ve stojině
Výška tlačené stojiny x	15,41	mm	$x=(A_{a,c}-(t_f*b_f))/t_w$
Normálová síla v betonu $N_c = N_{a,t}$ - tah	1105,92	kN	$N_c=0,85*f_{cd}*b_{eff}*h_f$
Normálová síla v oceli $N_{a,c}$ - tlakové	524,95	kN	$N_{a,c}=A_{a,c}*f_{yd}-N_c$
Plocha tlačené oceli $A_{a,c}$	1478,73	mm ²	$A_{a,c}=N_{a,c}/f_{yd}$
Poloha neutrální osy $r_{a,c}$	93,48	mm	$r_{a,c}=h_f/2+h_p+z_{a,c}$
Poloha neutrální osy $r_{a,t}$	293,20	mm	$r_{a,t}=h_a-z_{a,t}+h_p+h_f/2$
Poloha těžiště tažené pásnice $z_{a,t}$	64,30	mm	
Poloha těžiště tlačené pásnice $z_{a,c}$	5,98	mm	
Moment únosnosti $M_{pl,Rd}$	275,184	kNm	$M_{pl,Rd}=N_{a,t}*r_{a,t}-N_{a,c}*r_{a,c}$
$(M_{ed}/M_{pl,Rd}) \leq 1$	0,75	\leq	1,00
			VYHOVUJE

Posouzení vertikální smyk			
Návrhová posouvající síla V_{ed}	92,20	kN	
Plastická únosnost ve smyku $V_{pl,Rd}$	297,06	kN	
Plocha stojiny A_w	1449,36	mm ²	
$(V_{ed}/V_{pl,Rd}) \leq 1,00$	0,31	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Únosnost spřažení			
Uvažováno je s úplným spřažením,			
na polovině rozpětí je tedy třeba přenést sílu N_{cr}	1630,870	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	1,21		$k_t=(0,7/\sqrt{nr}) \cdot (b_0/h_p) \cdot (h_{sc}/h_p-1)$
Počet trnu v jednom žebře v příčném řezu nosníkem (max. 2) n_r	2,00	ks	
Redukční součinitel $k_{t,max}$	0,80		
Redukovaná smyková únosnost jednoho trnu $P_{Rd} \cdot k_t$	58,07	kN	$P_{Rd} \cdot k_t$
Potřebný počet trnů na polovinu rozpětí n_f	28,09	ks	$n_f=N_{cr}/(P_{Rd} \cdot k_t)$
	29,00	ks	
Počet trnů který, je možno umístit na polovinu nosníku n_s	36,00	ks	$n_s=((l_s/2)/b_2) \cdot n_r$
	36,00	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	20	mm	VYHOVUJE
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	50,5	mm	VYHOVUJE
Rozteč trnů ve směru pásnice nosníku (podélná vzdálenost trnů) s_l			
max. 800 mm	800	\geq	250 mm
max. $6 \cdot (h_p+h_f)$	720	\geq	250 mm
min. 5d	95	\leq	250 mm
			VYHOVUJE
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0 max. 4d	76	\geq	76
			VYHOVUJE
Vzdálenost trnu od okraje pásnice min. 20 mm	20	\geq	20
			VYHOVUJE
Minimální šířka žebra min 50	117	\geq	50
			VYHOVUJE

Přesah trnu nad horní hranu plechu min. 2d	38	≤	45
			VYHOVUJE
Posouzení MSP			
Charakteristické zatížení pro 1. fázi při montáži $g_{k,1}$	4,501	kN/m	
Charakteristické zatížení pro 2. fázi ostatní stélé + proměnné $g_{k,2}$	10,065	kN/m	
Složky pro výpočet zatížení:			
beton deska (vylehčení a plech zanedbány)	2,760	kN/m ²	
vl. tíha nosníku	0,361	kN/m	
zatěžovací šířka	1,500	m	
ostatní stálé	1,810	kN/m ²	
obvodový plášť	2,400	kN/m	
proměnné	3,300	kN/m ²	
Průhyb 1. fáze δ_1	31,62	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	22,20	mm	$\delta_2 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_i)$
Celkový průhyb δ	22,20	mm	$\delta = \delta_1 + \delta_2$
Maximální průhyb δ_{max}	36	mm	$\delta_{max} = L_e / 250$
Posouzení průhyb $\delta / \delta_{max} \leq 1,00$	0,62	≤	1,00
			VYHOVUJE
Pracovní součinitel n	13,55		$n = E_a / E_{c,eff}$
Plocha ideálního průřezu A_i	10355,94	mm ²	$A_i = A_a + A_c / n$
Statický moment S_i	1,3587E+06	mm ³	$S_i = A_a * c_a + (A_c * c_c) / n$
Poloha těžiště nosníku c_a	255	mm	$c_a = h_a / 2 + h_o + h_f$
Poloha těžiště desky c_c	32,5	mm	$c_c = h_c / 2$
Poloha těžiště ideálního průřezu c_i	131,20	mm	$c_i = S_i / A_i$
z_a	123,80	mm	$z_a = c_a - c_i$
z_c	98,70	mm	$z_c = c_i - c_c$
Moment setrvačnosti ideálního průřezu I_i	1,8447E+08	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	4,2285E+05	mm ⁴	$I_c = 1/12 * b_{eff} * h_c^3$
Napětí v ocelovém nosníku v montážní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	45,57	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_{k,1} * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	106,23	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	≤	1,00
			VYHOVUJE
Napětí v ocelovém nosníku v provozní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	101,91	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_k * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	68,39	Mpa	$\sigma_a = (M_{ed} / I_i) * z_a$
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,19	≤	1,00
			VYHOVUJE

5.3.3. POSOUZENÍ STROPNICE C

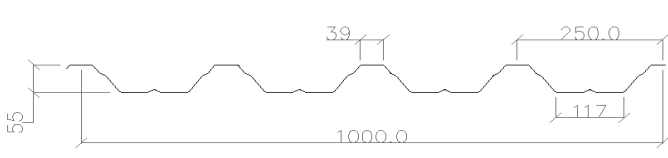
Posouzení spřaženého nosníku - Stropnice C			
Orientace trapézového plechu	KOLMO		
Vstupní údaje:			
Délka nosníku L_e	9000	mm	
Vzájemná vzdálenost nosníků l_s - zatěžovací šířka	3000	mm	
Trapézový plech	TR 55/250	S320G	
f_{yk}	235	MPa	
γ_M	1,00		
f_{yd}	235	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka plechu	1,13	mm	
střední šířka žebra b_0	164,20	mm	
Osová vzdálenost žeber 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	65,00	mm	$h_c=h_f$
Plocha spolupůsobícího betonu A_c	151190	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	65	mm	
Nosník	IPE 300	S355	
Průřezová plocha A_a	5381	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	8,3560E+07	mm ⁴	
W_a	5,5700E+05	mm ³	
Tloušťka pásnice t_f	10,70	mm	
Výška nosníku h_a	300	mm	
Výška stojiny h_w	248,6	mm	
Tloušťka stojiny t_w	7,1	mm	
Šířka stojiny	150	mm	
Hmotnost	42,2	kg/m	

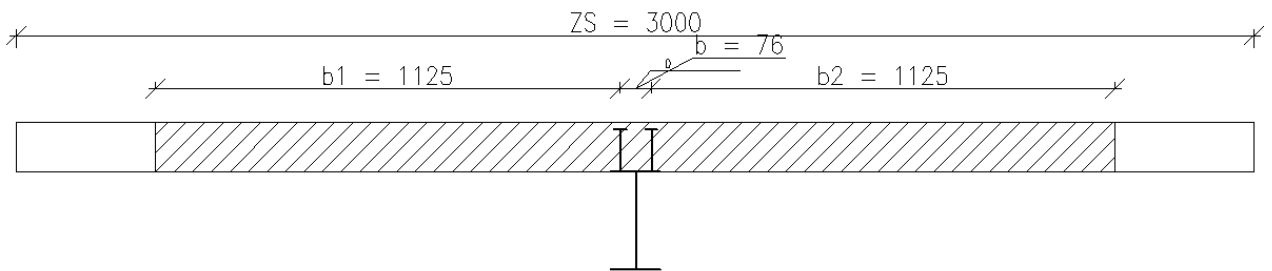
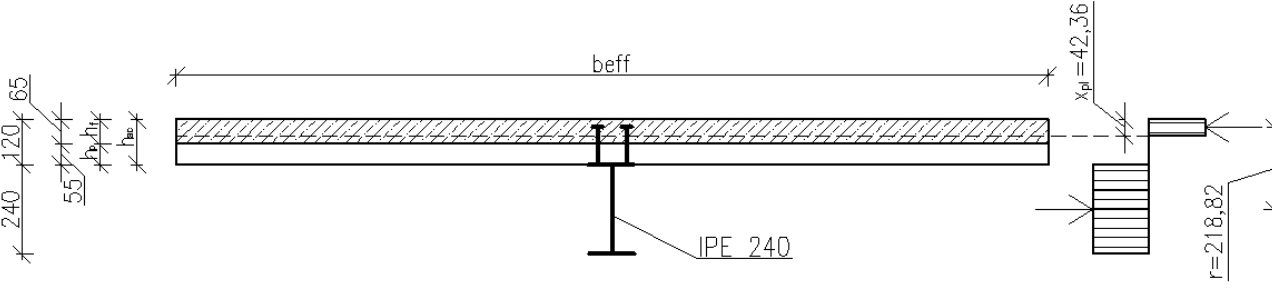
Spřahovací trny		SD 19/100	
Průměr dřívku trnu d	19	mm	
Výška trnu h_{sc}	100	mm	
Mez pevnosti v tahu f_u	400	MPa	
Součinitel spřažení γ_V	1,25		
Posouzení únosnosti v ohybu			
			
Účinná šířka desky b_{eff}	2326	mm	$b_{eff}=b_0+b_1+b_2$
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0	76	mm	
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 1. straně stojiny	1125	mm	$b_1=L_e/8$
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 2. straně stojiny	1125	mm	$b_2=L_e/8$
Vzdálenosti b_1 a b_2 nesmí být větší než polovina vzdálenosti nosníků od krajního spřahovacího prostředku	1462	mm	$(l_s-b_0)/2$
			VYHOVUJE
			
Návrhový ohybový moment M_{ed}	396,01	kNm	
Poloha plastické neutrální osy x_{pl}	57,97	mm	$x_{pl}=(A_a \cdot f_{yd})/b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}$
			Neutrální osa v betonu
Rameno vnitřních sil r	241,01	mm	$r=h_a/2+h_f+h_p-x_{pl}/2$
Moment únosnosti $M_{pl,Rd}$	460,399	kNm	$M_{pl,Rd}=A_a \cdot f_{yd} \cdot r$
$(M_{ed}/M_{pl,Rd}) \leq 1$	0,86	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Posouzení vertikální smyk			
Návrhová posouvající síla V_{ed}	176,01	kN	
Plastická únosnost ve smyku $V_{pl,Rd}$	361,77	kN	
Plocha stojiny A_w	1765,06	mm ²	
$(V_{ed}/V_{pl,Rd}) \leq 1,00$	0,49	\leq	1,00
			VYHOVUJE

Únosnost spřažení			
Uvažováno je s úplným spřažením,			
na polovině rozpětí je tedy třeba přenést sílu N_{cr}	1910,255	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	1,21		$k_t=(0,7/\sqrt{n_r}) \cdot (b_0/h_p) \cdot (h_{sc}/h_p-1)$
Počet trnu v jednom žebře v příčném řezu nosníkem (max. 2) n_r	2,00	ks	
Redukční součinitel $k_{t,max}$	0,80		
Redukovaná smyková únosnost jednoho trnu $P_{Rd} \cdot k_t$	58,07	kN	$P_{Rd} \cdot k_t$
Potřebný počet trnů na polovinu rozpětí n_f	32,90	ks	$n_f=N_{cr}/(P_{Rd} \cdot k_t)$
	33,00	ks	
Počet trnů který, je možno umístit na polovinu nosníku n_s	36,00	ks	$n_s=((l_s/2)/b_z) \cdot n_r$
	36,00	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	20	mm	VYHOVUJE
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	50,5	mm	VYHOVUJE
Rozteč trnů ve směru pásnice nosníku (podélná vzdálenost trnů) s_l			
max. 800 mm	800	\geq	250 mm
max. $6 \cdot (h_p + h_f)$	720	\geq	250 mm
min. 5d	95	\leq	250 mm
			VYHOVUJE
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0 max. 4d	76	\geq	64
			VYHOVUJE
Vzdálenost trnu od okraje pásnice min. 20 mm	20	\geq	28
			VYHOVUJE
Minimální šířka žebra min 50	50	\leq	117
			VYHOVUJE
Přesah trnu nad horní hranu plechu min. 2d	38	\leq	45
			VYHOVUJE

Posouzení MSP			
Charakteristické zatížení pro 1. fázi při montáži $g_{k,1}$	8,702	kN/m	
Charakteristické zatížení pro 2. fázi ostatní stélé + proměnné $g_{k,2}$	19,026	kN/m	
Složky pro výpočet zatížení:			
beton deska (vylehčení a plech zanedbány)	2,760	kN/m ²	
vl. tíha nosníku	0,422	kN/m	
zatěžovací šířka	3,000	m	
ostatní stálé	1,890	kN/m ²	
proměnné	3,300	kN/m ²	
vítr	1,920	kN/m ²	
Průhyb 1. fáze δ_1	42,37	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	26,84	mm	$\delta_2 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_i)$
Celkový průhyb δ	26,84	mm	$\delta = \delta_1 + \delta_2$
Maximální průhyb δ_{max}	36	mm	$\delta_{max} = L_e / 250$
Posouzení průhyb $\delta / \delta_{max} \leq 1,00$	0,75	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Pracovní součinitel n	13,55		$n = E_a / E_{c,eff}$
Plocha ideálního průřezu A_i	16540,26	mm ²	$A_i = A_a + A_c / n$
Statický moment S_i	1,8155E+06	mm ³	$S_i = A_a * c_a + (A_c * c_c) / n$
Poloha těžiště nosníku c_a	270	mm	$c_a = h_a / 2 + h_p + h_f$
Poloha těžiště desky c_c	32,5	mm	$c_c = h_c / 2$
Poloha těžiště ideálního průřezu c_i	109,77	mm	$c_i = S_i / A_i$
z_a	160,23	mm	$z_a = c_a - c_i$
z_c	77,27	mm	$z_c = c_i - c_c$
Moment setrvačnosti ideálního průřezu I_i	2,8840E+08	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	8,1895E+05	mm ⁴	$I_c = 1/12 * b_{eff} * h_c^3$
Napětí v ocelovém nosníku v montážní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	88,11	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_{k,1} * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	158,18	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}	192,64	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_k * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	107,03	Mpa	$\sigma_a = (M_{ed} / I_i) * z_a$
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,30	\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	9000	mm	
Vzájemná vzdálenost nosníků l_s - zatěžovací šířka	3000	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	1,13	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	65,00	mm	$h_c=h_f$
Plocha spolupůsobícího betonu A_c	150410	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	65	mm	
Nosník	IPE 240	S355	
Průřezová plocha A_a	3912	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	3,8920E+07	mm ⁴	
W_a	3,2400E+05	mm ³	
Tloušťka pásnice t_f	9,80	mm	
Výška nosníku h_a	240	mm	
Výška stojiny h_w	190,4	mm	
Tloušťka stojiny t_w	6,2	mm	
Šířka stojiny	120	mm	
Hmotnost	30,7	kg/m	

Spřahovací trny	SD 16/100		
Průměr dřívku trnu d	16	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}	2314	mm	$b_{eff}=b_0+b_1+b_2$
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0	64	mm	
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 1. straně stojiny	1125	mm	$b_1=L_e/8$
Hodnota účinné šířky betonové pásnice na 2. straně stojiny	1125	mm	$b_2=L_e/8$
Vzdálenosti b_1 a b_2 nesmí být větší než polovina vzdálenosti nosníků od krajního spřahovacího prostředku	1468	mm	$(l_s-b_0)/2$
			VYHOVUJE
			
Návrhový ohybový moment M_{ed}	286,48	kNm	
Poloha plastické neutrální osy x_{pl}	42,36	mm	$x_{pl}=(A_a \cdot f_{yd})/b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}$
			Neutrální osa v betonu
Rameno vnitřních sil r	218,82	mm	$r=h_a/2+h_f+h_p-x_{pl}/2$
Moment únosnosti $M_{pl,Rd}$	303,886	kNm	$M_{pl,Rd}=A_a \cdot f_{yd} \cdot r$
$(M_{ed}/M_{pl,Rd}) \leq 1$	0,94	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Posouzení vertikální smyk			
Návrhová posouvající síla V_{ed}	131,79	kN	
Plastická únosnost ve smyku $V_{pl,Rd}$	241,95	kN	
Plocha stojiny A_w	1180,48	mm ²	
$(V_{ed}/V_{pl,Rd}) \leq 1,00$	0,54	\leq	1,00
			VYHOVUJE

Únosnost spřažení			
Uvažováno je s úplným spřažením,			
na polovině rozpětí je tedy třeba přenést sílu N_{cr}	1388,760	kN	$N_{cr}=A_a \cdot f_{yd}$
Smyková únosnost jednoho trnu P_{Rd} , menší z hodnot	51,472	kN	$P_{Rd}=(0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2/4)/\gamma_v$
	52,285	kN	$P_{Rd}=(0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_u \cdot E_{cm}})/\gamma_v$
Poměr h_{sc}/d	6,25		
Součinitel α pro $h_{sc}/d > 4$	1,00		
Součinitel α pro $3 \leq h_{sc}/d \leq 4$	1,45		$\alpha=0,2 \cdot (h_{sc}/d+1)$
Redukční součinitel pro žebra kolmo k desce k_t	1,21		$k_t=(0,7/\sqrt{v(nr)}) \cdot (b_0/h_p) \cdot (h_{sc}/h_p-1)$
Počet trnu v jednom žebře v příčném řezu nosníkem (max. 2) n_r	2,00	ks	
Redukční součinitel $k_{t,max}$	0,80		
Redukovaná smyková únosnost jednoho trnu $P_{Rd} \cdot k_t$	41,18	kN	$P_{Rd} \cdot k_t$
Potřebný počet trnů na polovinu rozpětí n_f	33,73	ks	$n_f=N_{cr}/(P_{Rd} \cdot k_t)$
	34,00	ks	
Počet trnů který, je možno umístit na polovinu nosníku n_s	36,00	ks	$n_s=((l_s/2)/b_z) \cdot n_r$
	36,00	ks	VYHOVUJE
Konstrukční zásady pro umístění spřahovacích trnů			
Max průměr trnu (pro trny provaňované skrz plech) 20 mm	16	mm	VYHOVUJE
Průměr dířku trnu $16 \leq d \leq 25$	16	mm	VYHOVUJE
Krytí trnu min. 20 mm	20	mm	VYHOVUJE
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	50,5	mm	VYHOVUJE
Rozteč trnů ve směru pásnice nosníku (podélná vzdálenost trnů) s_l			
max. 800 mm	800	\geq	250 mm
max. $6 \cdot (h_p + h_f)$	720	\geq	250 mm
min. 5d	80	\leq	250 mm
			VYHOVUJE
Osová vzdálenost spřahovacích prvků b_0 max. 4d	64	\geq	64
			VYHOVUJE
Vzdálenost trnu od okraje pásnice min. 20 mm	20	\geq	20
			VYHOVUJE
Minimální šířka žebra min 50	117	\geq	50
			VYHOVUJE
Přesah trnu nad horní hranu plechu min. 2d	32	\leq	45
			VYHOVUJE

Posouzení MSP			
Charakteristické zatížení pro 1. fázi při montáži $g_{k,1}$	8,587	kN/m	
Charakteristické zatížení pro 2. fázi ostatní stélé + proměnné $g_{k,2}$	14,129	kN/m	
Složky pro výpočet zatížení:			
beton deska (vylehčení a plech zanedbány)	2,760	kN/m ²	
vl. tíha nosníku	0,307	kN/m	
zatěžovací šířka	3,000	m	
ostatní stálé	1,890	kN/m ²	
proměnné	0,750	kN/m ²	
vítr	1,408	kN/m ²	
sníh	1,450	kN/m ²	
Průhyb 1. fáze δ_1	89,75	mm	$\delta_1 = (5/384) * (g_{k,1} * L_e^4) / (210000 * I_i)$
Nosník bude při montáži podepřen tudíž δ_1	0,00	mm	
Průhyb 2. fáze δ_2	35,15	mm	$\delta_2 = (5/384) * (g_{k,2} * L_e^4) / (210000 * I_i)$
Celkový průhyb δ	35,15	mm	$\delta = \delta_1 + \delta_2$
Maximální průhyb δ_{max}	36	mm	$\delta_{max} = L_e / 250$
Posouzení průhyb $\delta / \delta_{max} \leq 1,00$	0,98	\leq	1,00
			VYHOVUJE
Pracovní součinitel n	13,55		$n = E_a / E_{c,eff}$
Plocha ideálního průřezu A_i	15013,69	mm ²	$A_i = A_a + A_c / n$
Statický moment S_i	1,2997E+06	mm ³	$S_i = A_a * c_a + (A_c * c_c) / n$
Poloha těžiště nosníku c_a	240	mm	$c_a = h_a / 2 + h_p + h_f$
Poloha těžiště desky c_c	32,5	mm	$c_c = h_c / 2$
Poloha těžiště ideálního průřezu c_i	86,57	mm	$c_i = S_i / A_i$
z_a	153,43	mm	$z_a = c_a - c_i$
z_c	54,07	mm	$z_c = c_i - c_c$
Moment setrvačnosti ideálního průřezu I_i	1,6353E+08	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	8,1472E+05	mm ⁴	$I_c = 1/12 * b_{eff} * h_c^3$
Napětí v ocelovém nosníku v montážní fázi			
Návrhový moment M_{ed}	86,94	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_{k,1} * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	268,34	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}	143,06	kNm	$M_{ed} = (1/8) * q_k * L_e^2$
Napětí v ocelovém nosníku σ_a	134,23	Mpa	$\sigma_a = (M_{ed} / I_i) * z_a$
Posouzení napětí v ocelovém nosníku $\sigma_a / f_{yd} \leq 1,00$	0,38	\leq	1,00
			VYHOVUJE

5.3.5. POSOUZENÍ STROPNICE SHRUTÍ

Stručný výstup statického posudku Stropnice A			
GEOMETRIE			
Délka	9,00 m		
Vzájemná vzdálenost nosníků	3,00 m		
Efektivní šířka beff	2,326 m		
Ocelový nosník	IPE 270		
Ocel	S355		
Betonová deska - celková výška	120 mm		
Beton	C25/30		
Trapézový plech	TR 55/250		
Ocel	S320G		
Orientace plechu	KOLMO		
Spřahovací trny	SD 19/100		
Rozteč trnů	2ks po 250 mm		
Stupeň spřažení	PLNĚ		
Celkový počet trnů na nosníku	72,00 ks		
POSOUZENÍ MSÚ			
Únosnost v ohybu	0,92	VYHOVUJE	
Únosnost ve smyku	0,51	VYHOVUJE	
Nosník bude v montážním stavu podepřen			
POSOUZENÍ MSP			
Svislý průhyb	0,79	VYHOVUJE	
POSOUZENÍ NAPĚTÍ V OCEL. NOSNÍKU			
V montážní fázi	0,00	VYHOVUJE	
V provozní fázi	0,31	VYHOVUJE	
Celkem	0,31	VYHOVUJE	

Stručný výstup statického posudku Stropnice B			
GEOMETRIE			
Délka	9,00 m		
Vzájemná vzdálenost nosníků	1,50 m		
Efektivní šířka beff	1,201 m		
Ocelový nosník	IPE 270		
Ocel	S355		
Betonová deska - celková výška	120 mm		
Beton	C25/30		
Trapézový plech	TR 55/250		
Ocel	S320G		
Orientace plechu	KOLMO		
Spřahovací trny	SD 19/100		
Rozteč trnů	2ks po 250 mm		
Stupeň spřažení	PLNĚ		
Celkový počet trnů na nosníku	72,00 ks		
POSOUZENÍ MSÚ			
Únosnost v ohybu	0,75	VYHOVUJE	
Únosnost ve smyku	0,31	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	0,19	VYHOVUJE	
Celkem	0,19	VYHOVUJE	

Stručný výstup statického posudku Stropnice C			
GEOMETRIE			
Délka	9,00 m		
Vzájemná vzdálenost nosníků	3,00 m		
Efektivní šířka beff	2,326 m		
Ocelový nosník	IPE 300		
Ocel	S355		
Betonová deska - celková výška	120 mm		
Beton	C25/30		
Trapézový plech	TR 55/250		
Ocel	S320G		
Orientace plechu	KOLMO		
Spřahovací trny	SD 19/100		
Rozteč trnů	2ks po 250 mm		
Stupeň spřažení	PLNĚ		
Celkový počet trnů na nosníku	72,00 ks		
POSOUZENÍ MSÚ			
Únosnost v ohybu	0,86	VYHOVUJE	
Únosnost ve smyku	0,49	VYHOVUJE	
Nosník bude v montážním stavu podepřen			
POSOUZENÍ MSP			
Svislý průhyb	0,75	VYHOVUJE	
POSOUZENÍ NAPĚTÍ V OCEL. NOSNÍKU			
V montážní fázi	0,00	VYHOVUJE	
V provozní fázi	0,30	VYHOVUJE	
Celkem	0,30	VYHOVUJE	

Stručný výstup statického posudku Stropnice D			
GEOMETRIE			
Délka	9,00 m		
Vzájemná vzdálenost nosníků	3,00 m		
Efektivní šířka beff	2,314 m		
Ocelový nosník	IPE 240		
Ocel	S355		
Betonová deska - celková výška	120 mm		
Beton	C25/30		
Trapézový plech	TR 55/250		
Ocel	S320G		
Orientace plechu	KOLMO		
Spřahovací trny	SD 16/100		
Rozteč trnů	2ks po 250 mm		
Stupeň spřažení	PLNĚ		
Celkový počet trnů na nosníku	72,00 ks		
POSOUZENÍ MSÚ			
Únosnost v ohybu	0,94	VYHOVUJE	
Únosnost ve smyku	0,54	VYHOVUJE	
Nosník bude v montážním stavu podepřen			
POSOUZENÍ MSP			
Svislý průhyb	0,98	VYHOVUJE	
POSOUZENÍ NAPĚTÍ V OCEL. NOSNÍKU			
V montážní fázi	0,00	VYHOVUJE	
V provozní fázi	0,38	VYHOVUJE	
Celkem	0,38	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

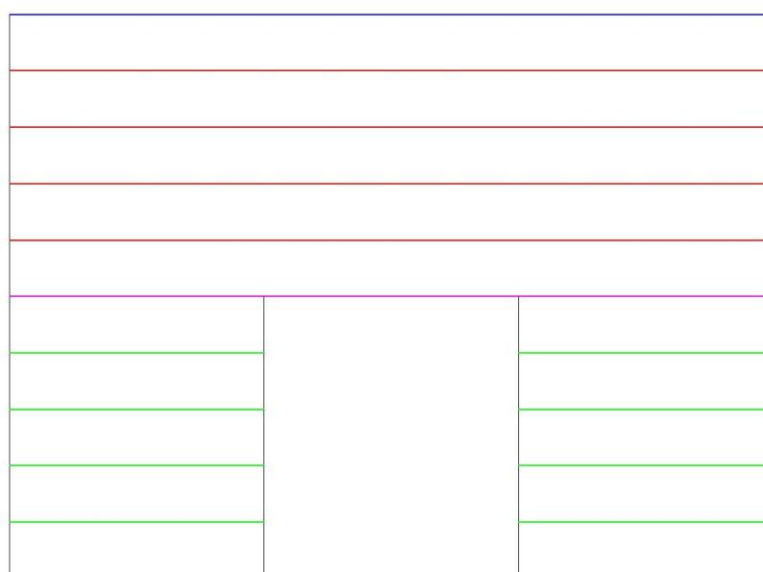
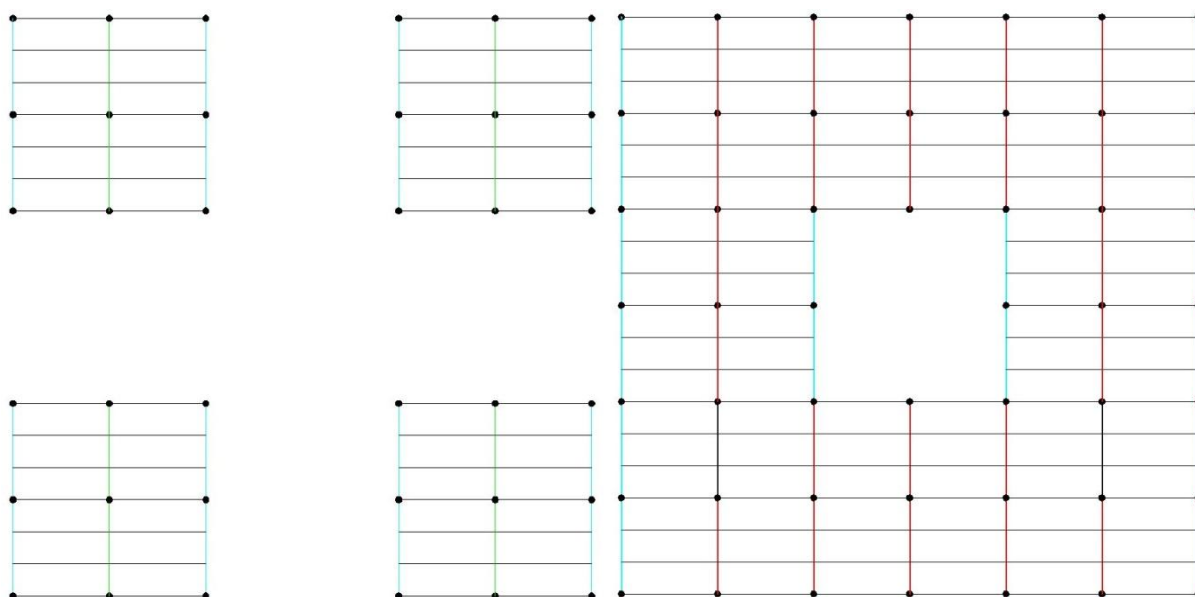
Průvlak C: střední průvlak v 6. - 9. podlaží

PRŮVLAK D

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

PRŮVLAK E

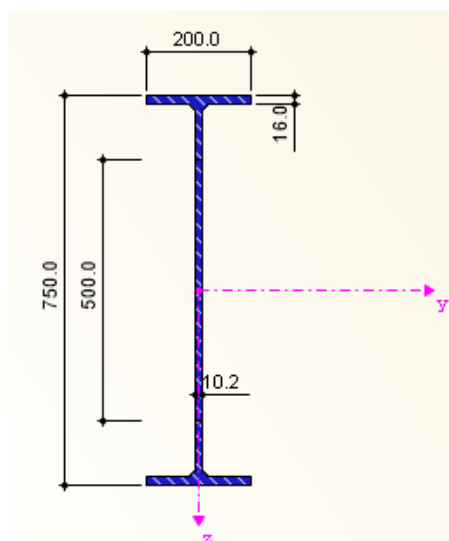
Průvlak E: krajní průvlaky všech podlaží



5.4.1. PARAMETRY PRŮŘEZU

Pro průvlaky A,D a E je použit:

Prolamovaný nosník IPE 500-750, S355



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	h	750,0	mm
Šířka profilu	b	200,0	mm
Vzdálenost těžišť pásů	h _c	702,95	mm
Délka pole	p	750,0	mm
Délka spoje nosníku	w	250,0	mm
Šířka otvoru v nejužším místě	b ₀	250,0	mm
Tloušťka stojiny	t _w	10,2	mm
Tloušťka pásnice	t _f	16,0	mm
Uvažovaná výška stojiny pro zatřídění	c _{w1}	676,0	mm
Výška přečnívající části stojiny pro zatřídění	c _{w2}	88,0	mm
Uvažovaná šířka pásnice pro zatřídění	c _f	73,9	mm
Plocha průřezu	A	9050,0	mm ²
Smyková plocha - plocha stojiny	A _y	2550,0	mm ²
Plocha T prvku	A _{TP}	4525,0	mm ²
Plocha spoje T prvku	A _{TS}	2550,0	mm ²
Moment setrvačnosti k osy y	I _y	975100000,0	mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I _z	21400000,0	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I _t	897000,0	mm ⁴
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	3165550,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	329578,0	mm ³
Elastický průřezový modul	W _{el,y}	2900400,0	mm ³
Elastický průřezový modul	W _{el,z}	214000,0	mm ³
Průřezový modul T pásu - pruh	W _{T,SP}	43536,9	mm ³

-zatřídění průřezu

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

Pásnice

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{73,9}{16} = 4,62$$

$$4,62 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,2$$

Stojina

$$\frac{c_{w1}}{t_w} = \frac{676,0}{10,2} = 66,27$$

$$56,1 \leq 83 * \varepsilon = 83 * 0,81 = 67,23$$

Přečnívající část stojiny

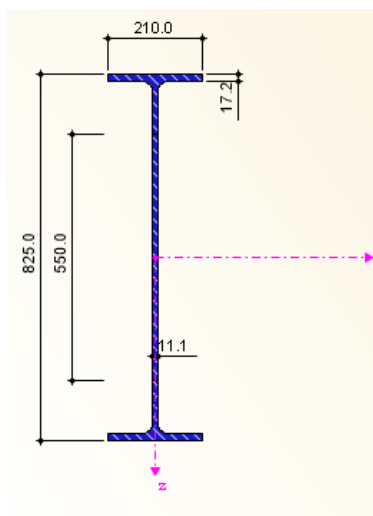
$$\frac{c_{w2}}{t_w} = \frac{88}{10,2} = 8,63$$

$$8,63 \leq 14 * \varepsilon = 14 * 0,81 = 11,34$$

=> Průřez zatříděn do 3. třídy

Pro průvlak B je použit:

Prolamovaný nosník IPE 550-825, S355



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	h	825,0	mm
Šířka profilu	b	210,0	mm
Vzdálenost těžišť pásů	h _c	681,25	mm
Délka pole	p	825,0	mm
Délka spoje nosníku	w	275,0	mm
Šířka otvoru v nejužším místě	b ₀	275,0	mm
Tloušťka stojiny	t _w	11,1	mm
Tloušťka pásnice	t _f	17,2	mm
Uvažovaná výška stojiny pro zatřídění	c _{w1}	751,5	mm
Výška přečnávající části stojiny pro zatřídění	c _{w2}	96,3	mm
Uvažovaná šířka pásnice pro zatřídění	c _f	75,45	mm
Plocha průřezu	A	10347,5	mm ²
Smyková plocha - plocha stojiny v místě otvoru	A _y	3052,5	mm ²
Plocha T prvku	A _{TP}	5193,75	mm ²
Plocha spoje T prvku	A _{TS}	3052,5	mm ²
Moment setrvačnosti k osy y	I _y	1350000000,0	mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I _z	26700000,0	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I _t	1240000,0	mm ⁴
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	4013610,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	392361,0	mm ³
Elastický průřezový modul	W _{el,y}	3273780,0	mm ³
Elastický průřezový modul	W _{el,z}	254286,0	mm ³
Průřezový modul T pásu - pruh	W _{T,SP}	57163,8	mm ³

zatřídění průřezu

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

Pásnice

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{75,45}{17,2} = 4,62$$

$$4,39 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,2$$

Stojina

$$\frac{c_{w1}}{t_w} = \frac{751,5}{11,1} = 67,7$$

$$67,7 \leq 124 * \varepsilon = 124 * 0,81 = 100,44$$

Přečnávající část stojiny

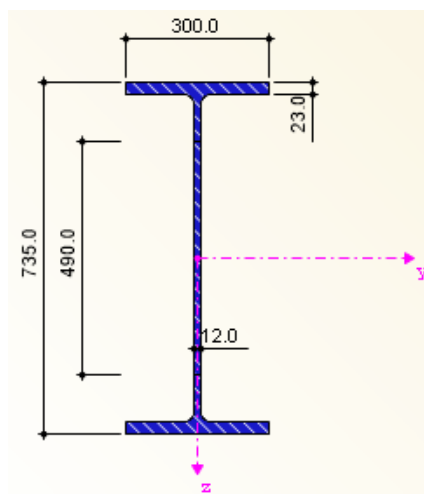
$$\frac{c_{w2}}{t_w} = \frac{96,3}{11,1} = 8,68$$

$$8,68 \leq 14 * \varepsilon = 14 * 0,81 = 11,34$$

=> Průřez zatříděn do 3. třídy

Pro průvlak C je použit:

Prolamovaný nosník HEA 500-735, S355



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	h	735,0	mm
Šířka profilu	b	300,0	mm
Vzdálenost těžišť pásů	h_c	714,8	mm
délka pole	p	735,0	mm
délka spoje nosníku	w	245,0	mm
šířka otvoru v nejužším místě	b_0	245,0	mm
Tloušťka stojiny	t_w	12,0	mm
Tloušťka pásnice	t_f	23,0	mm
Uvažovaná výška stojiny pro zatřídění	c_{w1}	635,0	mm
Výška přečnívající části stojiny pro zatřídění	c_{w2}	49,5	mm
Uvažovaná šířka pásnice pro zatřídění	c_f	117,0	mm
Plocha průřezu	A	16860,0	mm ²
Smyková plocha - plocha stojiny v místě otvoru	A_y	2940,0	mm ²
Plocha T prvku	A_{TP}	8405,0	mm ²
Plocha spoje T prvku	A_{TS}	2940,0	mm ²
Moment setrvačnosti k osy y	I_y	1709000000,0	mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	103700000,0	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I_t	310000,0	mm ⁴
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	5831790,0	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	1050110,0	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{el,y}$	4651470,0	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{el,z}$	691333,0	mm ³
Průřezový modul T pásu - pruh	$W_{T,SP}$	50116,1	mm ³

zatřídění průřezu

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

Pásnice

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{117,23}{23} = 5,08$$

$$5,08 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,2$$

Stojina

$$\frac{c_{w1}}{t_w} = \frac{635,00}{12} = 52,91$$

$$52,91 \leq 72 * \varepsilon = 72 * 0,81 = 58,32$$

Přečnívající část stojiny

$$\frac{c_{w2}}{t_w} = \frac{49,5}{12,0} = 4,125$$

$$4,125 \leq 9 * \varepsilon = 9 * 0,81 = 7,2$$

=> Průřez zatříděn do 1. třídy

5.4.2. POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA MSÚ

- ohyb podle osy y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{el,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2900400 * 355 * 10^{-6}}{1,0} = 1029,64 \text{ kNm}$$

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

$$\frac{928,53}{1029,64} \leq 1,0$$

$$\underline{0,90 \leq 1,0}$$

VYHOVUJE

	Průvlak	$M_{ed,max}$ [kNm]	Kombinace	$M_{pl(El),Rd}$ [kNm]	Jednotkový posudek
Průvlak A	IPE 500-750	928,53	KZ1	1029,64	0,90
Průvlak B	IPE 550-825	1070,57	KZ11	1162,13	0,92
Průvlak C	HEA 500-735	937,67	KZ11	2070,29	0,45
Průvlak D	IPE 500-750	765,30	KZ7	1029,64	0,74
Průvlak E	IPE 500-750	573,28	KZ11	1029,64	0,56

- vzpěr kolmo k ose y-y

Křivka vzpěrné pevnosti: a

$$L_{cr,y} = 9000 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 975,1 * 10^6}{9000^2} = 24950,07 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{9050 * 355}{24950,07 * 10^3}} = 0,37$$

Součinitel vzpěrnosti odvozen z tabulky [11]: $\chi_y = 0,963$

$$N_{y,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,963 * 9050 * 355}{1,0} = 3093,88 \text{ kN}$$

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

$$\frac{36,84}{3093,88} \leq 1,0$$

$$\underline{0,01 \leq 1,0}$$

VYHOVUJE

	$N_{ed,max}$ [kN]	Kombinace	$N_{y,Rd}$ [kNm]	Jednotkový posudek
Průvlak A	36,84	KZ2	3093,88	0,01
Průvlak B	268,20	KZ2	3563,16	0,08
Průvlak C	1451,00	KZ2	3563,16	0,25
Průvlak D	22,28	KZ2	3093,88	0,01
Průvlak E	962,82	KZ2	3093,88	0,31

- vzpěr kolmo k ose z-z

Křivka vzpěrné pevnosti: b

Vzdálenost mezi stropnicemi

$$L_{cr,z} = 3000 \text{ mm}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^3 * 21,4 * 10^6}{3000^2} = 4928,2 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{9050 * 355}{4928,2 * 10^3}} = 0,81$$

Součinitel vzpěrnosti odvozen z tabulky [11]: $\chi_z = 0,718$

$$N_{z,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,718 * 9050 * 355}{1,0} = 2306,8 \text{ kN}$$

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

$$\frac{36,84}{2306,8} \leq 1,0$$

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

VYHOVUJE

	$N_{ed,max}$ [kN]	Kombinace	$N_{z,Rd}$ [kNm]	Jednotkový posudek
Průvlak A	36,84	KZ2	2306,80	0,02
Průvlak B	268,20	KZ2	2729,31	0,10
Průvlak C	1451,00	KZ2	5291,00	0,27
Průvlak D	22,28	KZ2	2306,80	0,01
Průvlak E	962,82	KZ2	2306,80	0,42

- posouzení klopení - ohyb na střední části průvlaku

$L = 3 \text{ m}$ - nosník je zabezpečen proti klopení a vzpěru kolmo k ose z připojenými stropnicemi

$$C_1 = 1,0$$

$$C_2 = 0,5$$

$$C_3 = 1,0$$

$$k_z = 1$$

$$k_w = 1$$

$$z_g = 750/2 - 270/2 = 240 \text{ mm}$$

bezrozměrný parametr působíště zatížení

$$\zeta_g = \frac{\pi * z_g}{k_z * L} * \sqrt{\frac{E * I_z}{G * I_t}} = \frac{\pi * 240}{1 * 3000} * \sqrt{\frac{210 * 10^3 * 21400000}{81 * 10^3 * 897000}} = 1,98$$

bezrozměrný parametr kroucení

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w * L} * \sqrt{\frac{E * I_w}{G * I_t}} = \frac{\pi}{1 * 3000} * \sqrt{\frac{210 * 10^3 * 2,873 * 10^{12}}{81 * 10^3 * 897000}} = 3,018$$

kritický moment μ_{cr}

$$\begin{aligned} \mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} * \left[\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 * \zeta_g - C_3 * \zeta_g)^2} - (C_2 * \zeta_g - C_3 * \zeta_g) \right] = \\ &= \frac{1,00}{1} * \left[\sqrt{1 + 3,018^2 + (0,50 * 1,98 - 1,00 * 1,98)^2} - (0,5 * 1,98 - 1,0 * 1,98) \right] = \\ &= 4,320 \end{aligned}$$

pružný kritický moment

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \mu_{cr} * \sqrt{\frac{E * I_z * G * I_t}{L}} = \\ &= 4,320 * \sqrt{\frac{210 * 10^3 * 21400000 * 81 * 10^3 * 897000}{3000}} = 4506904,8 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Křivka vzpěrné pevnosti: b

$$L_{cr,y} = 3000 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2600400 * 355}{4506,904 * 10^6}} = 0,453$$

Součinitel klopení odvozen z tabulky [11]: $\chi_{LT} = 0,939$

	χ_{LT}
Průvlak A	0,906
Průvlak B	0,939
Průvlak C	0,957
Průvlak D	0,906
Průvlak E	0,906

- posouzení na osový tlak a ohyb

	M_{ed} [kNm]	N_{ed} [kN]	Kombinace
Průvlak A	926,14	35,99	KZ2
Průvlak B	995,65	268,10	KZ2
Průvlak C	936,94	1451,00	KZ2
Průvlak D	765,29	15,29	KZ6
Průvlak E	498,00	904,46	KZ1

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0,6 * \bar{\lambda}_y * \frac{N_{ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq C_{my} \left(1 + 0,6 * \frac{N_{ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,0 \left(1 + 0,6 * 0,37 * \frac{35,99}{3093,88} \right) \leq 1,0 \left(1 + 0,6 * \frac{35,99}{3093,88} \right)$$

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

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,05 * \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \geq \left(1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} * \frac{N_{ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,05 * 0,81}{(1 - 0,25)} * \frac{35,99}{2306,8} \right) \geq \left(1 - \frac{0,05}{(1 - 0,25)} * \frac{35,99}{2306,80} \right)$$

$$k_{zy} = \underline{0,99} \geq 0,99$$

	k_{yy}	k_{zy}
Průvlak A	1,00	0,99
Průvlak B	1,01	0,99
Průvlak C	1,04	0,96
Průvlak D	1,00	0,99
Průvlak E	1,06	0,97

A)

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

$$\frac{35,99}{3093,88} + 1,00 * \frac{926,14}{0,906 * 1029,64} \leq 1,0$$

$$1,00 \leq 1,0$$

	Jednotkový posudek
Průvlak A	1,00
Průvlak B	0,99
Průvlak C	0,90
Průvlak D	0,83
Průvlak E	0,86

B)

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

$$\frac{35,99}{2306,8} + 0,99 * \frac{926,14}{0,906 * 1029,64} \leq 1,0$$

$$0,99 \leq 1,0$$

	Jednotkový posudek
Průvlak A	0,99
Průvlak B	1,00
Průvlak C	0,73
Průvlak D	0,81
Průvlak E	0,91

- posouzení na smyk

	V _{ed} [kN]	Kombinace
Průvlak A	310,89	KZ1
Průvlak B	358,41	KZ11
Průvlak C	314,80	KZ11
Průvlak D	256,48	KZ7
Průvlak E	196,12	KZ11

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_y \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2550 \cdot (355 / \sqrt{3})}{1,0} = 522,65 \text{ kNm}$$

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

$$\frac{310,89}{522,65} \leq 1,0$$

$$\underline{\underline{0,59 \leq 1,0}}$$

VYHOVUJE

	Jednotkový posudek
Průvlak A	0,59
Průvlak B	0,57
Průvlak C	0,52
Průvlak D	0,49
Průvlak E	0,38

- vnitřní síly na T prvku - Vierendeelův model

$$N_{T,ed} = \frac{M_{ed}}{h_c} = \frac{926,14}{702,95 \cdot 10^{-3}} = 1317,50 \text{ kN}$$

$$N_{T,EdN} = \frac{N_{ed}}{2} = \frac{35,99}{2} = 18,00 \text{ kN}$$

Celková normálová síla působící na T prvek:

$$N_{T,Ed} = N_{T,EdM} + N_{T,EdN} = 1317,5 + 18,0 = 1335,5 \text{ kN}$$

$$V_{T,Ed} = \frac{V_{ed}}{2} = \frac{310,89}{2} = 155,45 \text{ kN}$$

$$V_{S,Ed} = \frac{V_{ed} \cdot p}{h_c} = \frac{310,89 \cdot 750}{702,95} = 331,70 \text{ kN}$$

$$M_{T,Ed} = \frac{V_{T,ed} \cdot w}{2} = \frac{155,45 \cdot 250 \cdot 10^{-3}}{2} = 19,43 \text{ kN}$$

	$N_{T,ed}$ [kN]	$V_{T,Ed}$ [kN]	$V_{S,Ed}$ [kN]	$M_{T,Ed}$ [kN]
Průvlak A	1335,50	155,45	331,71	19,43
Průvlak B	1595,55	179,21	434,04	24,64
Průvlak C	2036,27	157,40	323,70	19,28
Průvlak D	1130,95	128,24	273,65	16,03
Průvlak E	1184,41	98,06	209,25	12,26

- únosnost T prvku - pásu

$$N_{T,Rd} = A_{TP} * f_y = 4525 * 355 = 1606,38 \text{ kN}$$

$$V_{T,Rd} = A_{T,P} * \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 4525 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 927,44 \text{ kN}$$

$$M_{T,Rd} = W_{T,P} * f_y = 435369,0 * 355 = 154,56 \text{ kNm}$$

- únosnost v místě svaru prolamovaného nosníku

$$V_{s,Rd} = A_{T,S} * \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 2550 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 522,65 \text{ kN}$$

- Posouzení

Pro: IPE 500-735 Průvlak A, D a E	Vzorec	Jednotkový posudek	Posouzení
Tlak pásu	$N_{T,ed}/N_{T,Rd}$	0,83	VYHOVUJE
Ohyb pásu	$M_{T,ed}/M_{T,Rd}$	0,13	VYHOVUJE
Smyk pásu	$V_{T,ed}/V_{T,Rd}$	0,97	VYHOVUJE
Kombinace M+N pásu		0,96	VYHOVUJE
Smyk v místě svaru	$V_{S,ed}/V_{S,Rd}$	0,15	VYHOVUJE

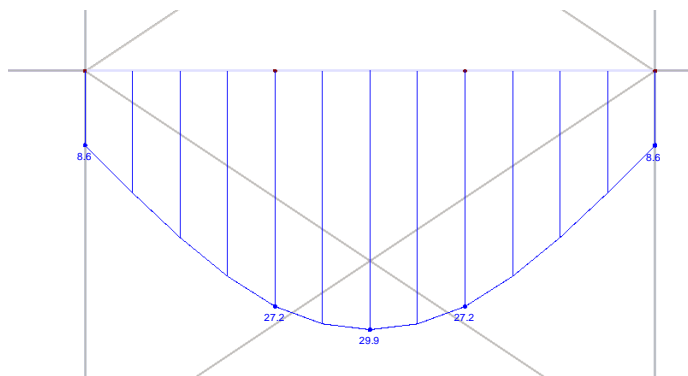
Pro: IPE 550-825 Průvlak B	Vzorec	Jednotkový posudek	Posouzení
Tlak pásu	$N_{T,ed}/N_{T,Rd}$	0,87	VYHOVUJE
Ohyb pásu	$M_{T,ed}/M_{T,Rd}$	0,12	VYHOVUJE
Smyk pásu	$V_{T,ed}/V_{T,Rd}$	0,34	VYHOVUJE
Kombinace M+N pásu		0,99	VYHOVUJE
Smyk v místě svaru	$V_{S,ed}/V_{S,Rd}$	0,15	VYHOVUJE

Pro: HEA 500-735 Průvlak C	Vzorec	Jednotkový posudek	Posouzení
Tlak pásu	$N_{T,ed}/N_{T,Rd}$	0,68	VYHOVUJE
Ohyb pásu	$M_{T,ed}/M_{T,Rd}$	0,11	VYHOVUJE
Smyk pásu	$V_{T,ed}/V_{T,Rd}$	0,79	VYHOVUJE
Kombinace M+N pásu		0,88	VYHOVUJE
Smyk v místě svaru	$V_{S,ed}/V_{S,Rd}$	0,13	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 KZ13



$$u_y = 29,9 - 8,6 = 21,3 \text{ mm}$$

Doporučená největší hodnota průhybu

$$u_{max} = \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

$$u \leq u_{max}$$

$$21,3 \text{ mm} \leq 24 \text{ mm}$$

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

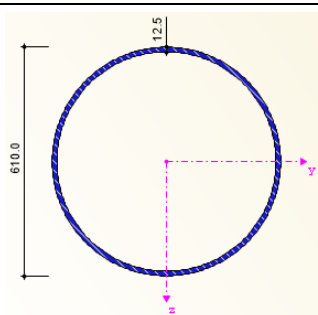
SLOUP B Sloup B: pro sloupy v 3. a 4. podlaží

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

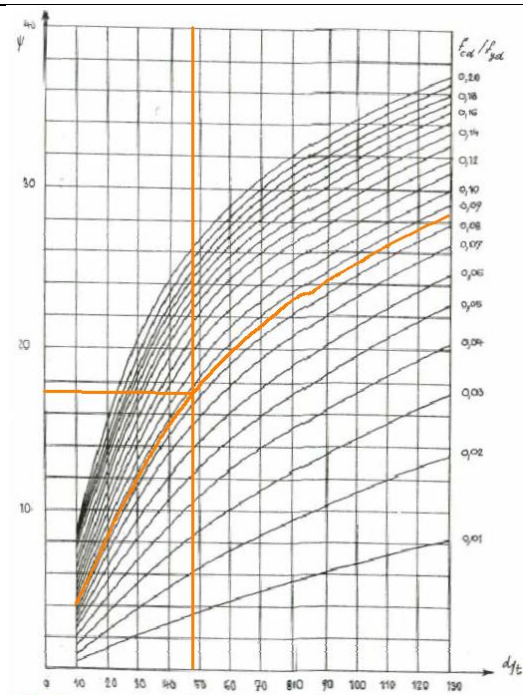
SLOUP D Sloup D: pro sloupy v 7. a 8. podlaží

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

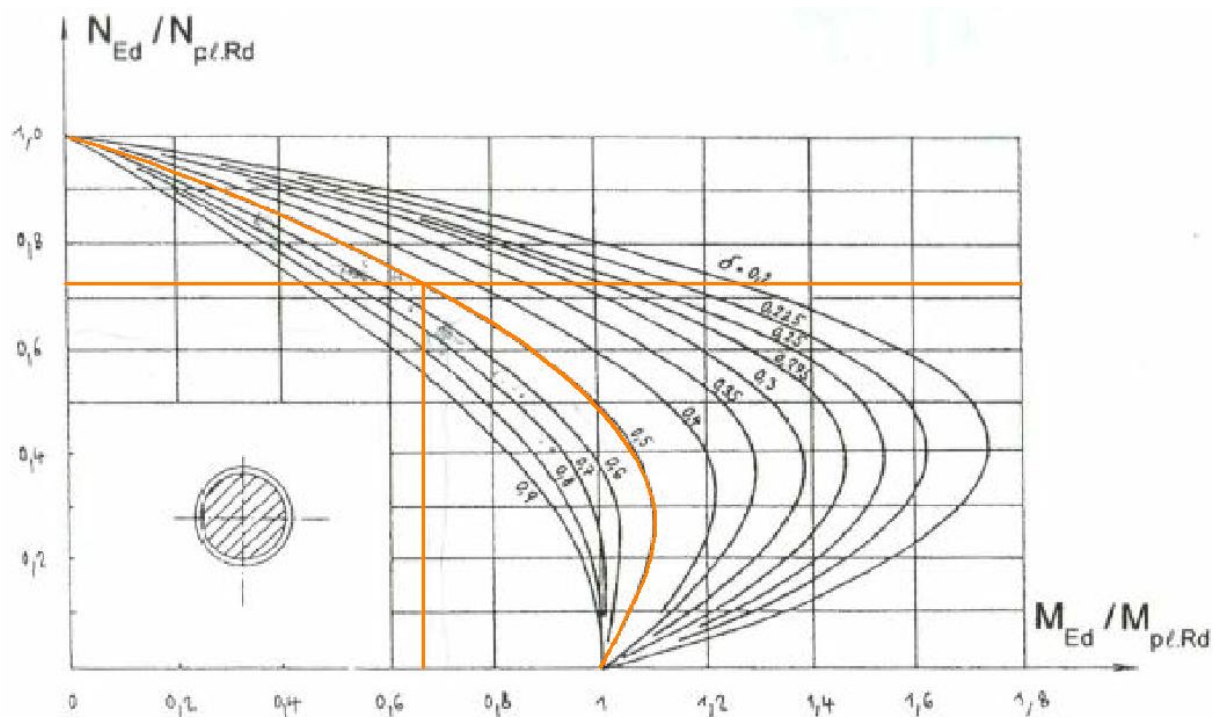
5.5.1. POSOUZENÍ SLOUPŮ NA MSÚ

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 610,0x12,5			
Plocha průřezu A_a	23500	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	610		
Vnitřní průměr trubky	585	mm	
E_a	210000	MPa	
I_a	1,0480E+09	mm ⁴	
d/t	48,80		
Plastický průřezový modul ocelového průřezu $W_{pl,a}$	4463000	mm ₃	
Součinitel α_M	0,9		
Beton C45/55			
fck	45	MPa	
γ_C	1,50		
f_{cd}	30,00	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_C$
Plocha betonu A_c	268782,89	mm ²	
E_{cm}	36	Mpa	
I_c	5,7490E+09	mm ⁴	
Betonářská výztuž B500B			
6f10			
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	3,8584E+06	mm ⁴	
Procento vyztužení ρ_s	0,1752	%	$\rho_s=(A_s/A_c)*100$

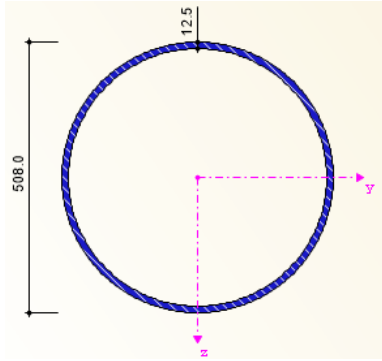
Posouzení bude provedeno zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1994-1-1			
Podmínky návrhu:			
Posouzení možnosti boulení			
	48,80		d/t
	59,58		$90 \cdot (235/f_y)$
$d/t < 90 \cdot (235/f_y)$	VYHOVUJE		k vyboulení nedojde
Poměr δ (příspěvek oceli na celkovou únosnost)=	0,50		$\delta = A_a \cdot f_{yd} / N_{pl,Rd}$
$0,2 \leq \delta \leq 0,9$	VYHOVUJE		
Poměrná štíhlost je $\lambda \leq 2,0$	VYHOVUJE		
Vnitřní síly - rozhodující kombinace		KZ3	
Návrhový ohybový moment $M_{ed,y}$	0,00	kNm	
Návrhový ohybový moment $M_{ed,z}$	0,00	kNm	
Normálová síla N_{ed}	12189,37	kN	
Návrhová únosnost spřaženého průřezu v tlaku $N_{pl,Rd}$	16610,769	kN	$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} + A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{sd}$
Charakteristická únosnost spřaženého průřezu v tlaku $N_{pl,Rk}$	20673,230	kN	$N_{pl,Rk} = A_a \cdot f_{yk} + A_c \cdot f_{ck} + A_s \cdot f_{sk}$
Charakteristická hodnota účinné ohybové tuhosti $(EI)_{eff}$	2,2101E+14	Nmm ²	$(EI)_{eff} = E_a \cdot I_a + E_s \cdot I_s + K_c \cdot E_{cm} \cdot I_c$
Ohybová tuhost $(EI)_{eff,II}$	1,9889E+14	Nmm ²	$(EI)_{eff,II} = K_o \cdot (E_a \cdot I_a + E_s \cdot I_s + K_c \cdot E_{cm} \cdot I_{c,II})$
Poměrná štíhlost λ	0,389		$\lambda = \sqrt{N_{pl,Rk} / N_{cr}}$
Kritická síla N_{cr}	136332,82	kN	$N_{cr} = \pi^2 \cdot (EI)_{eff} / L^2$
Součinitel vzpěrnosti χ :			
křivka a	0,955		
Únosnost sloupu v tlaku - vzpěr	15863,28	kN	$\chi \cdot N_{pl,Rd}$
Součinitel β	1,00		
Součinitel k	1,0982	min. 1,00	$k = \beta / (N_{ed} / N_{cr,eff})$
Návrhový ohybový moment $M_{ed,II}$	0,00	kNm	$M_{ed,II} = k \cdot M_{ed}$
Momentová únosnost $M_{pl,Rd}$	1861,63	kNm	$W_{pl,a} \cdot f_{yd} \cdot (1 + 0,01 \cdot \psi)$
součinitel ψ	17,5		



f_{cd}/f_{yd}	0,085		
d/t	48,80		
Poměr $N_{ed}/N_{pl,Rd}$	0,734		
μ_d	0,65		

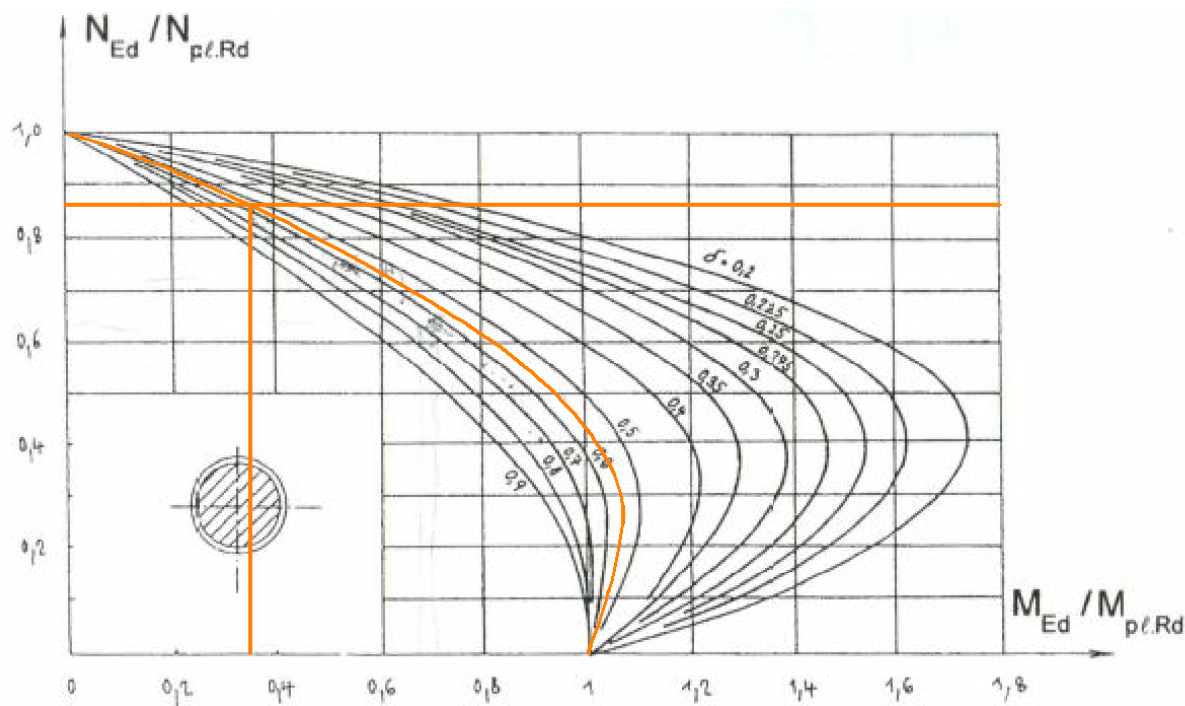


Posouzení:			
$N_{ed}/(\chi \cdot N_{pl,Rd}) \leq 1$	0,77	\leq	1,00
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0000	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0000	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) + M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq 1,0$	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 508,0x12,5			
Plocha průřezu A_a	19500	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	508		
Vnitřní průměr trubky	483	mm	
E_a	210000	MPa	
I_a	5,9760E+08	mm ⁴	
d/t	40,64		
Plastický průřezový modul ocelového průřezu $W_{pl,a}$	3070000	mm ₃	
Součinitel α_M	0,9		
Beton C45/55			
fck	45	MPa	
γ_C	1,50		
f_{cd}	30,00	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_C$
Plocha betonu A_c	183224,75	mm ²	
E_{cm}	36	Mpa	
I_c	2,6715E+09	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	3,8584E+06	mm ⁴	
Procento vyztužení ρ_s	0,2571	%	$\rho_s=(A_s/A_c)*100$

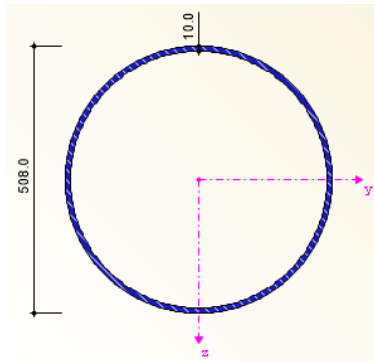
Posouzení bude provedeno zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1994-1-1			
Podmínky návrhu:			
Posouzení možnosti boulení			
	40,64		d/t
	59,58		90*(235/f _y)
d/t < 90*(235/f _y)	VYHOVUJE		k vyboulení nedojde
Poměr δ (příspěvek oceli na celkovou únosnost)=	0,55		δ=A _a *f _{yd} /N _{pl,Rd}
0,2 ≤ δ ≤ 0,9	VYHOVUJE		
Poměrná štíhlost je λ ≤ 2,0	VYHOVUJE		
Vnitřní síly - rozhodující kombinace		KZ3	
Návrhový ohybový moment M _{ed,y}	73,54	kNm	
Návrhový ohybový moment M _{ed,z}	33,53	kNm	
Normálová síla N _{ed}	10968,90	kN	
Návrhová únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rd}	12624,025	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}	15403,114	kN	N _{pl,Rk} =A _a *f _{yk} +A _c *f _{ck} +A _s *f _{sk}
Charakteristická hodnota účinné ohybové tuhosti (EI) _{eff}	1,2636E+14	Nmm ²	(EI) _{eff} =E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *E _{cm} *I _c
Ohybová tuhost (EI) _{eff,II}	1,1372E+14	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	0,445		λ=√(N _{pl,Rk} /N _{cr})
Kritická síla N _{cr}	77947,65	kN	N _{cr} =π ² *(EI) _{eff} /L ²
Součinitel vzpěrnosti χ:			
křivka a	0,940		
Únosnost sloupu v tlaku - vzpěr	11866,58	kN	χ*N _{pl,Rd}
Součinitel β	1,00		
Součinitel k	1,1638	min. 1,00	k=β/(N _{ed} /N _{cr,eff})
Návrhový ohybový moment M _{ed,II}	85,58	kNm	M _{ed,II} =k*M _{ed}
Momentová únosnost M _{pl,Rd}	1275,12	kNm	W _{pl,a} *f _{yd} *(1+0,01*ψ)
součinitel ψ	17		

f_{cd}/f_{yd}	0,085		
d/t	40,64		
Poměr $N_{ed}/N_{pl,Rd}$	0,869		
μ_d	0,35		



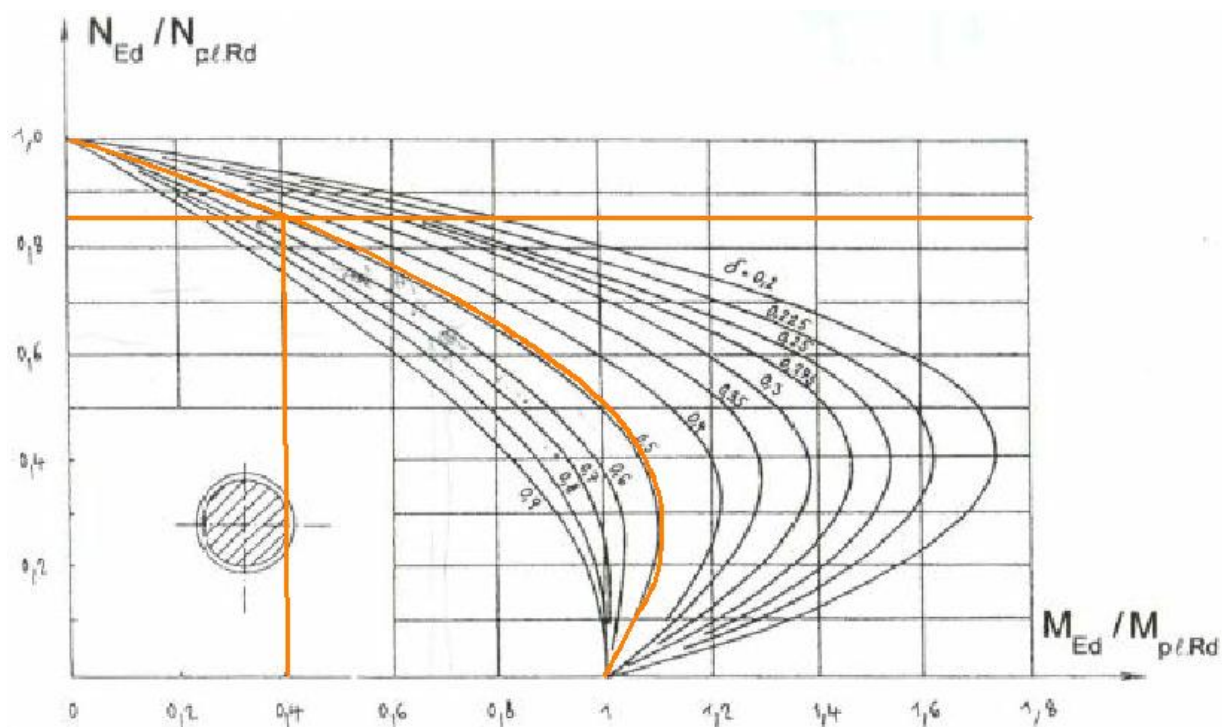
Posouzení:

$N_{ed}/(\chi \cdot N_{pl,Rd}) \leq 1$	0,92	\leq	1,00
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,1648	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0751	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) + M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq 1,0$	0,2399	\leq	1,00
			VYHOVUJE

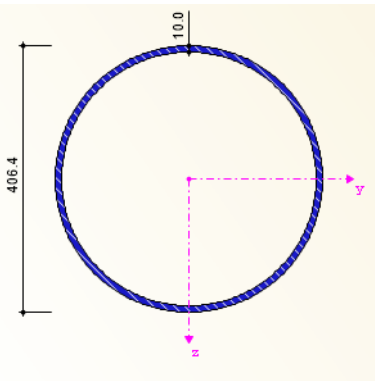
Posouzení spřaženého sloupu C			
Vstupní údaje:			
Opravný součinitel K_c	0,6		
Opravný součinitel $K_{e,II}$	0,5		
Kalibrační součinitel K_o	0,9		
Délka sloupu L	4000	mm	
Ocelová trubka TR Ø 508,0x10			
Plocha průřezu A_a	15600	mm ²	
Ocel S355			
f_{yk}	355	MPa	
γ_M	1,00		
γ_{M0}	1,00		
f_{yd}	355	MPa	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_M$
Tloušťka stěny trubky	10		
Vnější průměr trubky	508		
Vnitřní průměr trubky	488	mm	
E_a	210000	MPa	
I_a	4,8520E+08	mm ⁴	
d/t	50,80		
Plastický průřezový modul ocelového průřezu $W_{pl,a}$	2480000	mm ₃	
Součinitel α_M	0,9		
Beton C45/55			
fck	45	MPa	
γ_C	1,50		
f_{cd}	30,00	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_C$
Plocha betonu A_c	187037,86	mm ²	
E_{cm}	36	Mpa	
I_c	2,7839E+09	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	3,8584E+06	mm ⁴	
Procento vyztužení ρ_s	0,2518	%	$\rho_s=(A_s/A_c)*100$

Posouzení bude provedeno zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1994-1-1			
Podmínky návrhu:			
Posouzení možnosti boulení			
	50,80		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)=	0,49		$\delta = A_a * f_{yd} / N_{pl,Rd}$
$0,2 \leq \delta \leq 0,9$	VYHOVUJE		
Poměrná štíhlost je $\lambda \leq 2,0$	VYHOVUJE		
Vnitřní síly - rozhodující kombinace		KZ3	
Návrhový ohybový moment $M_{ed,y}$	29,08	kNm	
Návrhový ohybový moment $M_{ed,z}$	9,96	kNm	
Normálová síla N_{ed}	9773,21	kN	
Návrhová únosnost spřaženého průřezu v tlaku $N_{pl,Rd}$	11353,918	kN	$N_{pl,Rd} = A_a * f_{yd} + A_c * f_{cd} + A_s * f_{sd}$
Charakteristická únosnost spřaženého průřezu v tlaku $N_{pl,Rk}$	14190,204	kN	$N_{pl,Rk} = A_a * f_{yk} + A_c * f_{ck} + A_s * f_{sk}$
Charakteristická hodnota účinné ohybové tuhosti $(EI)_{eff}$	1,0276E+14	Nmm ²	$(EI)_{eff} = E_a * I_a + E_s * I_s + K_c * E_{cm} * I_c$
Ohybová tuhost $(EI)_{eff,II}$	9,2477E+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	0,473		$\lambda = \sqrt{N_{pl,Rk} / N_{cr}}$
Kritická síla N_{cr}	63389,02	kN	$N_{cr} = \pi^2 * (EI)_{eff} / L^2$
Součinitel vzpěrnosti χ :			
křivka a	0,932		
Únosnost sloupu v tlaku - vzpěr	10581,85	kN	$\chi * N_{pl,Rd}$
Součinitel β	1,00		
Součinitel k	1,1823	min. 1,00	$k = \beta / (N_{ed} / N_{cr, eff})$
Návrhový ohybový moment $M_{ed,II}$	34,38	kNm	$M_{ed,II} = k * M_{ed}$
Momentová únosnost $M_{pl,Rd}$	1038,87	kNm	$W_{pl,a} * f_{yd} * (1 + 0,01 * \psi)$
součinitel ψ	18		

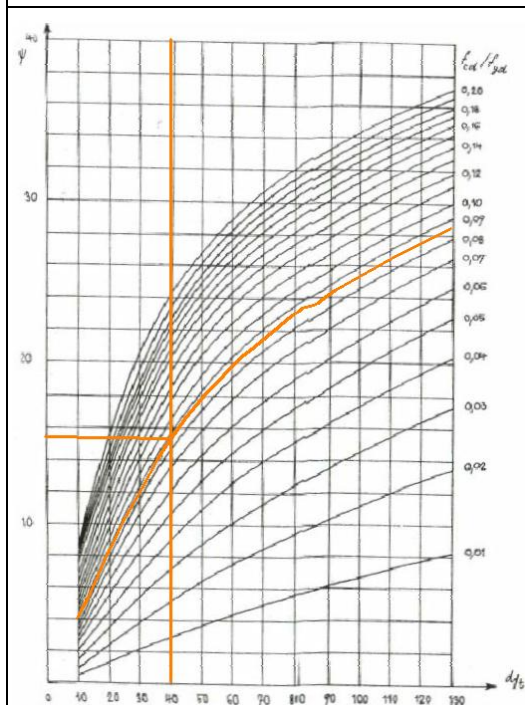
f_{cd}/f_{yd}	0,085		
d/t	50,80		
Poměr $N_{ed}/N_{pl,Rd}$	0,861		
μ_d	0,4		



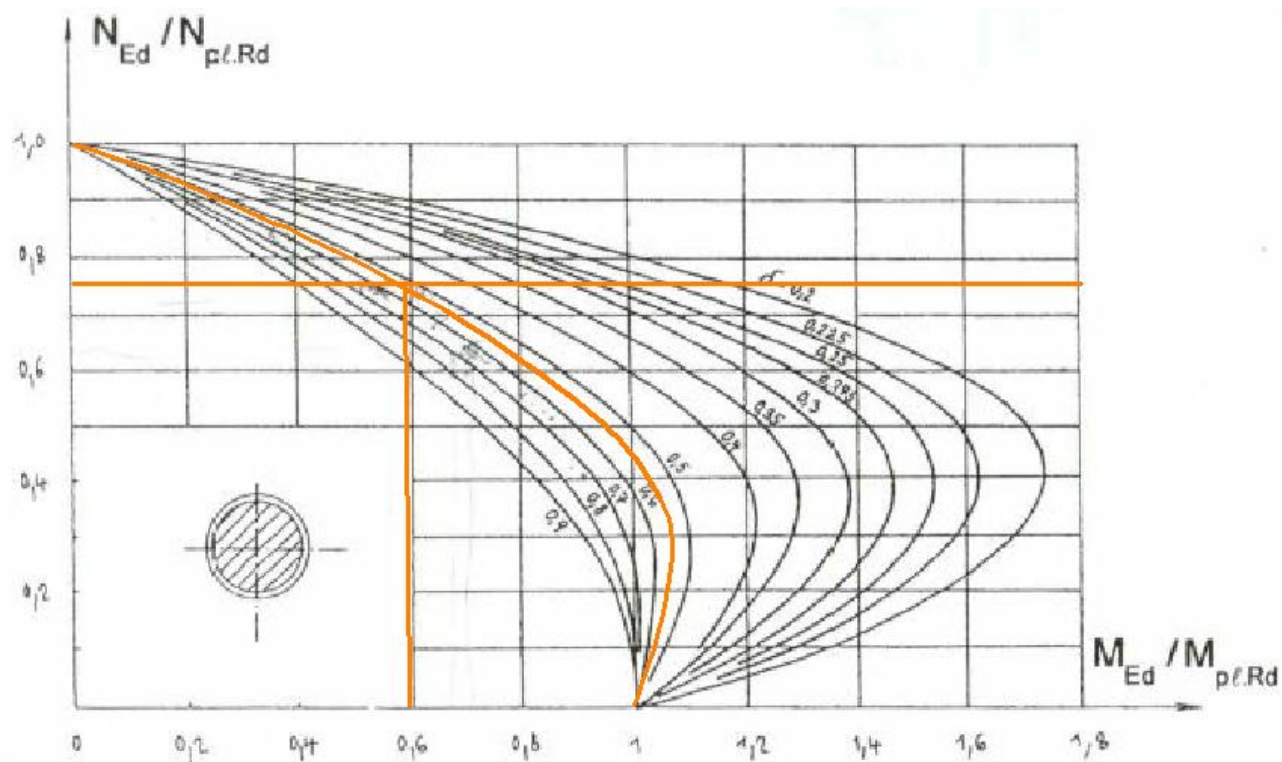
Posouzení:			
$N_{ed}/(\chi \cdot N_{pl,Rd}) \leq 1$	0,92	\leq	1,00
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0700	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0240	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) + M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq 1,0$	0,0939	\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 406,4x10			
Plocha průřezu A_a	12500	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	406,4		
Vnitřní průměr trubky	386,4	mm	
E_a	210000	MPa	
I_a	2,4480E+08	mm ⁴	
d/t	40,64		
Plastický průřezový modul ocelového průřezu $W_{pl,a}$	1572000	mm ₃	
Součinitel α_M	0,9		
Beton C45/55			
fck	45	MPa	
γ_C	1,50		
f_{cd}	30,00	MPa	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_C$
Plocha betonu A_c	117263,84	mm ²	
E_{cm}	36	Mpa	
I_c	1,0943E+09	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	3,8584E+06	mm ⁴	
Procento vyztužení ρ_s	0,4017	%	$\rho_s=(A_s/A_c)*100$

Posouzení bude provedeno zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1994-1-1			
Podmínky návrhu:			
Posouzení možnosti boulení			
	40,64		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)	0,54		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}	32,85	kNm	
Návrhový ohybový moment M _{ed,z}	40,86	kNm	
Normálová síla N _{ed}	6255,09	kN	
Návrhová únosnost spřaženého průřezu v tlaku N _{pl,Rd}	8160,198	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}	9949,873	kN	N _{pl,Rk} =A _a *f _{yk} +A _c *f _{ck} +A _s *f _{sk}
Charakteristická hodnota účinné ohybové tuhosti (EI) _{eff}	5,2242E+13	Nmm ²	(EI) _{eff} =E _a *I _a +E _s *I _s +K _c *E _{cm} *I _c
Ohybová tuhost (EI) _{eff,II}	4,7014E+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	0,556		λ=√(N _{pl,Rk} /N _{cr})
Kritická síla N _{cr}	32225,43	kN	N _{cr} =π ² *(EI) _{eff} /L ²
Součinitel vzpěrnosti χ:			
křivka a	0,906		
Únosnost sloupu v tlaku - vzpěr	7393,14	kN	χ*N _{pl,Rd}
Součinitel β	1,00		
Součinitel k	1,2409	min. 1,00	k=β/(N _{ed} /N _{cr,eff})
Návrhový ohybový moment M _{ed,II}	40,76	kNm	M _{ed,II} =k*M _{ed}
Momentová únosnost M _{pl,Rd}	644,56	kNm	W _{pl,a} *f _{yd} *(1+0,01*ψ)
součinitel ψ	15,5		

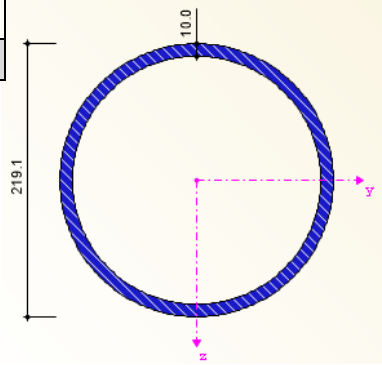


f_{cd}/f_{yd}	0,085		
d/t	40,64		
Poměr $N_{ed}/N_{pl,Rd}$	0,767		
μ_d	0,6		

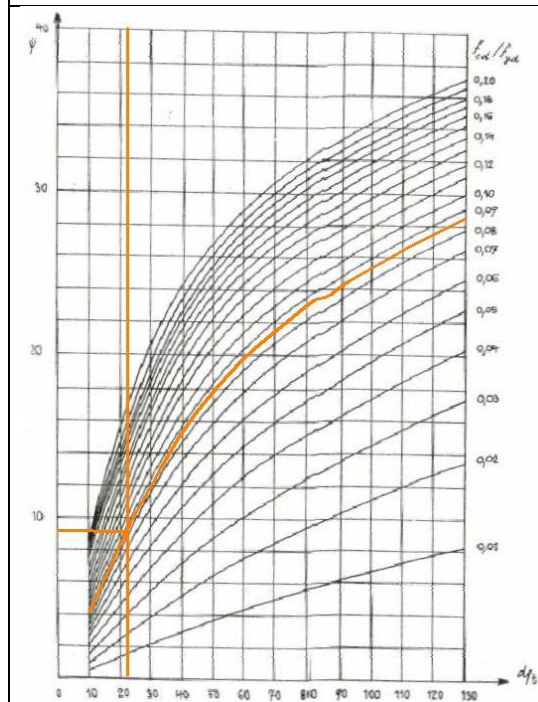


Posouzení:

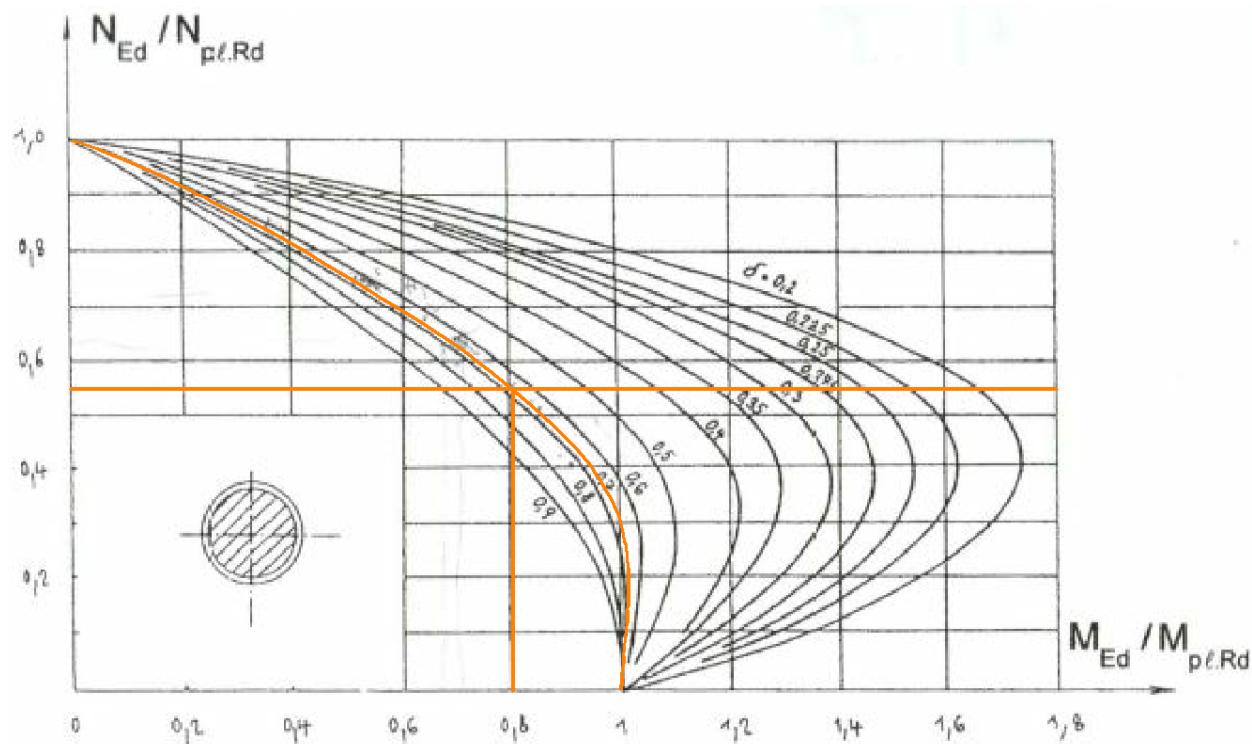
$N_{ed}/(\chi \cdot N_{pl,Rd}) \leq 1$	0,85	\leq	1,00	
				VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0849	\leq	0,9	
				VYHOVUJE
$M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,1057	\leq	0,9	
				VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) + M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq 1,0$	0,1906	\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 219,1x10			
Plocha průřezu A_a		6570	
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	219,1		
Vnitřní průměr trubky	199,1	mm	
E_a	210000	MPa	
I_a	3,5980E+07	mm ⁴	
d/t	21,91		
Plastický průřezový modul ocelového průřezu $W_{pl,a}$	438000	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	31133,82	mm ²	
E_{cm}	36	Mpa	
I_c	7,7136E+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	3,8584E+06	mm ⁴	
Procento vyztužení ρ_s	1,5128	%	$\rho_s=(A_s/A_c)*100$

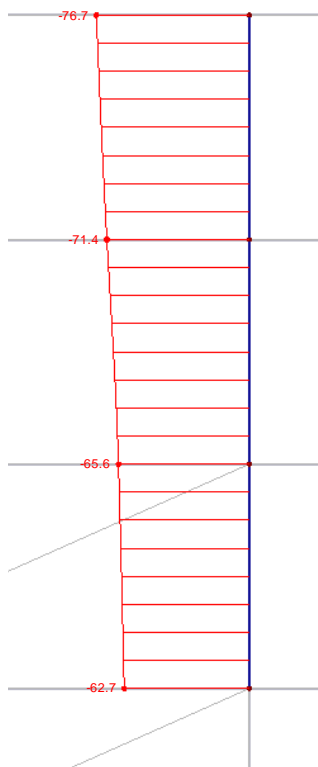
Posouzení bude provedeno zjednodušenou metodou dle ČSN EN 1994-1-1			
Podmínky návrhu:			
Posouzení možnosti boulení			
	21,91		d/t
	59,58		$90 \cdot (235/f_y)$
$d/t < 90 \cdot (235/f_y)$	VYHOVUJE		k vyboulení nedojde
Poměr δ (příspěvek oceli na celkovou únosnost)=	0,67		$\delta = A_a \cdot f_{yd} / N_{pl,Rd}$
$0,2 \leq \delta \leq 0,9$	VYHOVUJE		
Poměrná štíhlost je $\lambda \leq 2,0$	VYHOVUJE		
Vnitřní síly - rozhodující kombinace		KZ3	
Návrhový ohybový moment $M_{ed,y}$	0,01	kNm	
Návrhový ohybový moment $M_{ed,z}$	9,32	kNm	
Normálová síla N_{ed}	1913,60	kN	
Návrhová únosnost spřaženého průřezu v tlaku $N_{pl,Rd}$	3471,147	kN	$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} + A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{sd}$
Charakteristická únosnost spřaženého průřezu v tlaku $N_{pl,Rk}$	3968,872	kN	$N_{pl,Rk} = A_a \cdot f_{yk} + A_c \cdot f_{ck} + A_s \cdot f_{sk}$
Charakteristická hodnota účinné ohybové tuhosti $(EI)_{eff}$	8,3677E+12	Nmm ²	$(EI)_{eff} = E_a \cdot I_a + E_s \cdot I_s + K_c \cdot E_{cm} \cdot I_c$
Ohybová tuhost $(EI)_{eff,II}$	7,5307E+12	Nmm ²	$(EI)_{eff,II} = K_o \cdot (E_a \cdot I_a + E_s \cdot I_s + K_c \cdot K_{e,II} \cdot E_{cm} \cdot I_c)$
Poměrná štíhlost λ	0,877		$\lambda = \sqrt{N_{pl,Rk} / N_{cr}}$
Kritická síla N_{cr}	5161,64	kN	$N_{cr} = \pi^2 \cdot (EI)_{eff} / L^2$
Součinitel vzpěrnosti χ :			
křivka a	0,750		
Únosnost sloupu v tlaku - vzpěr	2603,36	kN	$\chi \cdot N_{pl,Rd}$
Součinitel β	1,00		
Součinitel k	1,5892	min. 1,00	$k = \beta \cdot (N_{ed} / N_{cr, eff})$
Návrhový ohybový moment $M_{ed,II}$	0,02	kNm	$M_{ed,II} = k \cdot M_{ed}$
Momentová únosnost $M_{pl,Rd}$	169,48	kNm	$W_{pl,a} \cdot f_{yd} \cdot (1 + 0,01 \cdot \psi)$
součinitel ψ	9		



f_{cd}/f_{yd}	0,0845		
d/t	21,91		
Poměr $N_{ed}/N_{pl,Rd}$	0,5513		
μ_d	0,8		



Posouzení:			
$N_{ed}/(\chi \cdot N_{pl,Rd}) \leq 1$	0,74	\leq	1,00
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0001	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq \alpha_M$	0,0687	\leq	0,9
			VYHOVUJE
$M_{ed,y}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) + M_{ed,z}/(\mu_d \cdot M_{pl,Rd}) \leq 1,0$	0,0688	\leq	1,00
			VYHOVUJE



5.5.2. POSOUZENÍ SLOUPU NA MSP

Největší vodorovná deformace sloupu jako celku ve vrcholu budovy je od kombinace KZ16

$$u_y = 76,7 \text{ mm}$$

Doporučená největší hodnota vodorovné deformace sloupu jako celku ve vrcholu budovy

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

$$u_y \leq u_{max}$$

$$76,7 \text{ mm} \leq 80 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Největší vodorovná deformace sloupu v každém podlaží je od kombinace KZ18

$$u_y = 10,5 \text{ mm}$$

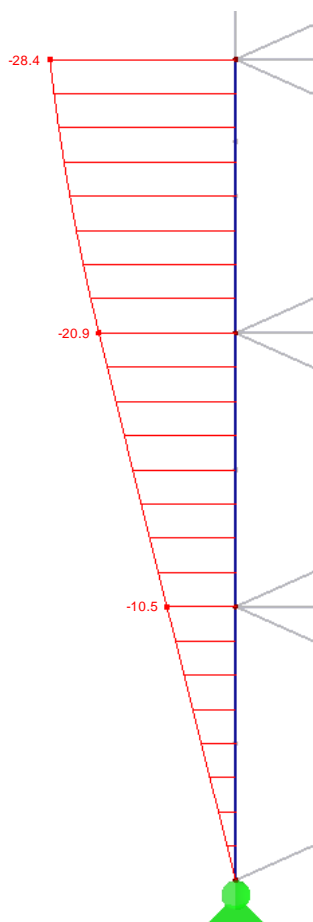
Doporučená největší hodnota vodorovné deformace sloupu jako celku ve vrcholu budovy

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

$$u_y \leq u_{max}$$

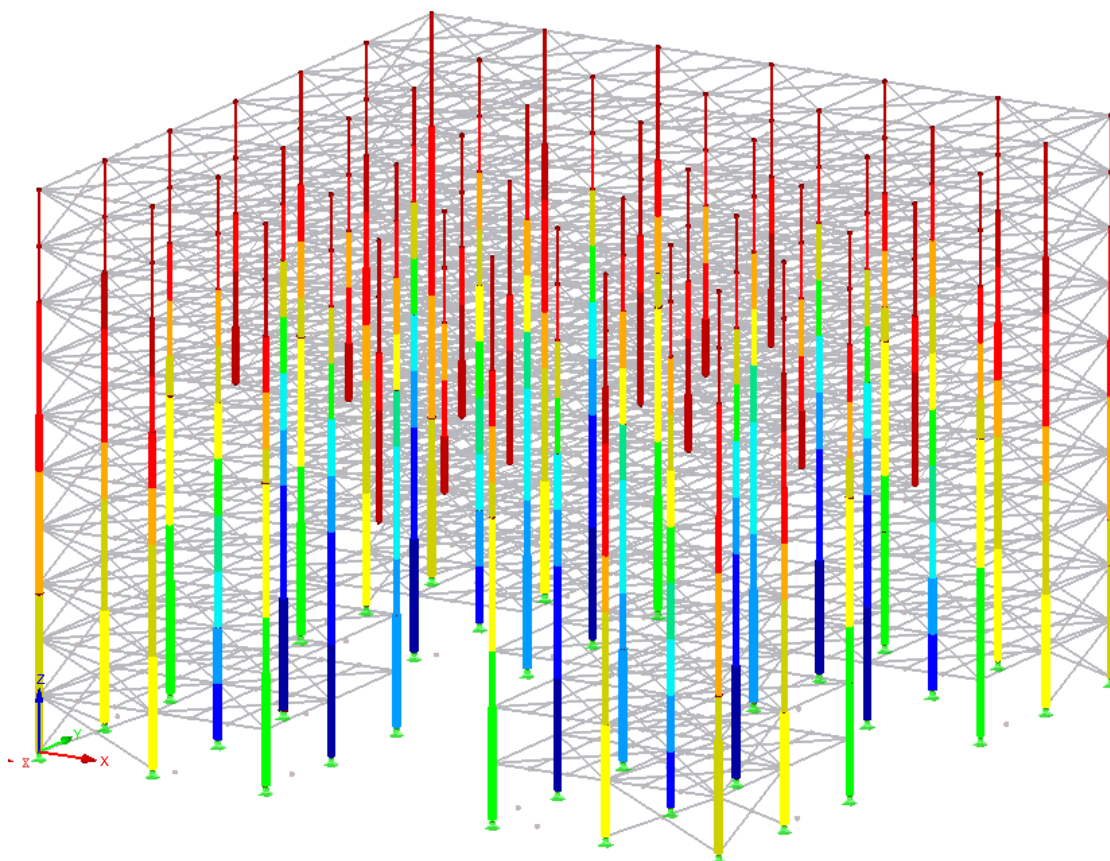
$$10,5 \text{ mm} \leq 13,33 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

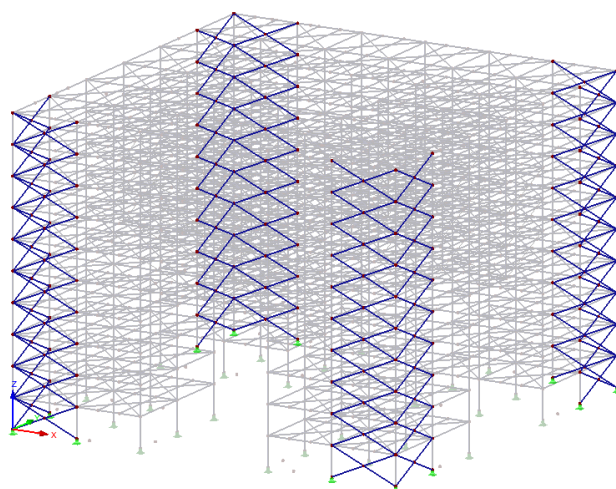


5.5.3. POSOUZENÍ SLOUPŮ SHRUTÍ

OZN. SLOUPU	Ocelová trubka	OCEL	Beton	Betonářská výztuž		Jednotkový posudek na vzpěrnou únosnost
SLOUP A	TR Ø 610,0/12,5	S355	C45/55	B500B	6Ø10	0,77
SLOUP B	TR Ø 508,0/12,5	S355	C45/55	B500B	6Ø10	0,92
SLOUP C	TR Ø 508,0/10	S355	C45/55	B500B	6Ø10	0,92
SLOUP D	TR Ø 406,4/10	S355	C45/55	B500B	6Ø10	0,85
SLOUP E	TR Ø 219,1/10	S355	C45/55	B500B	6Ø10	0,74

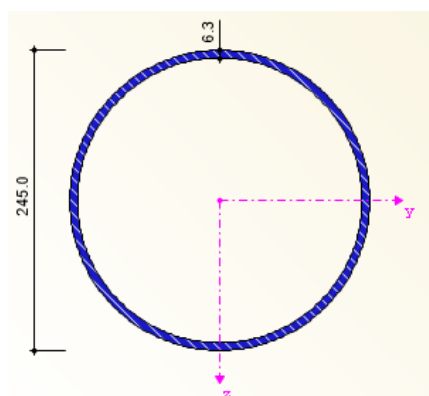


5.6. POSOUZENÍ ZTUŽIDLA



5.6.1. PARAMETRY PRŮŘEZU

Ztužidla jsou navržena z profilu TR Ø 245,1x6,3; S 355



Typ průřezu	Trubka			
Vnější průměr	d	245.0	mm	
Tloušťka stěny	t	6.3	mm	
Plocha průřezu	A	4724.4	mm ²	
Účinná smyková plocha	A _{v,y}	3007.6	mm ²	6.2.6(3)g
Účinná smyková plocha	A _{v,z}	3007.6	mm ²	6.2.6(3)g
Moment setrvačnosti	I _y	33671300.0	mm ⁴	
Moment setrvačnosti	I _z	33671300.0	mm ⁴	
Moment tuhosti v kroucení	I _t	67342600.0	mm ⁴	
Poloměr setrvačnosti	i _y	84.4	mm	
Poloměr setrvačnosti	i _z	84.4	mm	
Elastický průřezový modul	W _{el,y}	274868.0	mm ³	
Elastický průřezový modul	W _{el,z}	274868.0	mm ³	
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	359043.0	mm ³	
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	359043.0	mm ³	
Výsečový moment setrvačnosti	I _w	0.0	mm ⁶	
Statický moment	S _y	89760.7	mm ³	
Statický moment	S _z	0.0	mm ³	
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _y	a		Tab. 6.2
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _z	a		Tab. 6.2

5.6.2. POSOUZENÍ NA VZPĚR

Modul pružnosti	E	210000.000	MPa		
Moment setrvačnosti	I _y	33671300.0	mm ⁴		
Vzpěrná délka prutu	L _{cr,y}	4.924	m		
Pružná kritická síla	N _{cr,y}	2877.850	kN		
Plocha průřezu	A	4724.4	mm ²		
Mez kluzu	f _y	355.000	MPa		3.2.1
Poměrná štíhlost	λ _y	0.763		> 0.2	6.3.1.2(4)
Normálová síla (tlak)	N _{Ed}	1311.080	kN		
Kritérium N _{Ed} / N _{cr,y}	η _{N,cr}	0.456		> 0.04	6.3.1.2(4)
Buckling Curve	BC _y	a			tab. 6.2
Součinitel imperfekce	α _y	0.210			Tab. 6.1
Pomocný součinitel	Φ _y	0.851			6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	χ _y	0.816			Rov. (6.49)
Dílčí součinitel únosnosti	γ _{M1}	1.000			6.1
Vzpěrná únosnost	N _{b,y,Rd}	1368.450	kN		Rov. (6.47)
Posouzení	η	0.96		≤ 1	(6.46)

5.6.3. POSOUZENÍ ZTUŽIDLA NA TAH

Tahová síla	N _{t,Ed}	1184.880	kN		
Plocha průřezu	A	4724.4	mm ²		
Mez kluzu	f _y	355.000	MPa		3.2.1
Dílčí součinitel únosnosti	γ _{M0}	1.000			6.1
Návrhová plastická únosnost vůči normálovým silám	N _{pl,Rd}	1677.150	kN		(6.6)
Únosnost při působení osově síly	N _{t,Rd}	1677.150	kN		
Posouzení	η	0.71		≤ 1	(6.5)

5.6.4. RUČNÍ OVĚŘENÍ

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = 0,81 \text{ pro } f_y=355 \text{ MPa}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{245,1}{6,3} = 38,90$$

$$38,20 \leq 70 * \varepsilon^2 = 70 * 0,81^2 = 45,93$$

=> Průřez zatříděn do 2. 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 $\alpha = 0,21$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^6 * 33,67 * 10^{-6}}{4,924^2} = 2878,23 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{4724 * 355}{2878,23 * 10^3}} = 0,763$$

Součinitel vzpěrnosti odvozen z tabulky [11]: $\chi = 0,816$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,816 * 4724 * 355}{1,0} = 1553,72 \text{ kN}$$

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

$$\frac{1311,08}{1368,45} \leq 1,0$$

$$0,96 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na tah

Průřez nebude oslaben otvory

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4724 * 355 * 10^{-3}}{1,0} = 1677,02 \text{ kN}$$

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

$$\frac{1184,88}{1677,02} \leq 1,0$$

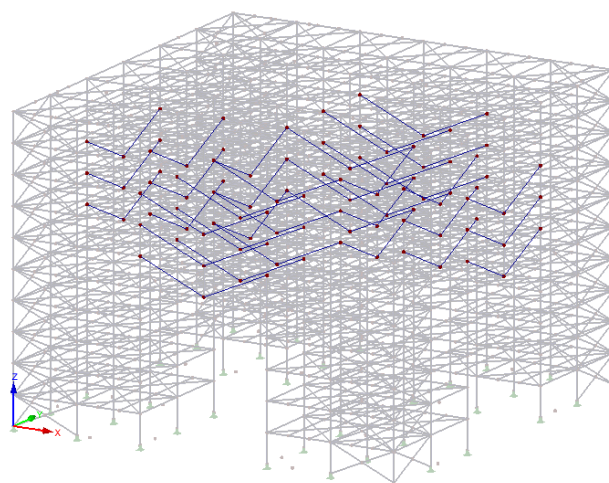
$$0,71 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Závěr

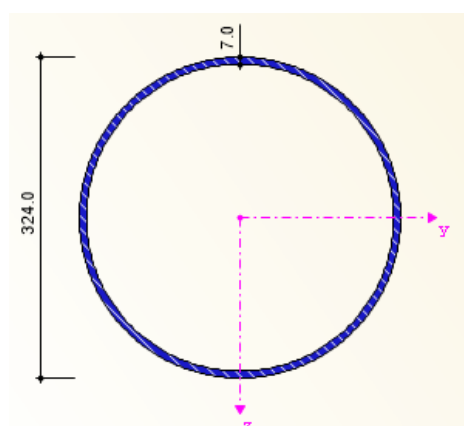
Posudky pomocí programu RF-STEEL EC3 se shodují s ručním ověřením.

5.7. POSOUZENÍ ZÁVĚSU



5.7.1. PARAMETRY PRŮŘEZU

Závěsy nad přemostěním jsou navrženy z profilu TR Ø 324,0x7,0; S 460



Typ průřezu	Trubka			
Vnější průměr	d	324.0	mm	
Tloušťka stěny	t	7.0	mm	
Plocha průřezu	A	6971.2	mm ²	
Učinná smyková plocha	A _{v,y}	4438.0	mm ²	6.2.6(3)g)
Učinná smyková plocha	A _{v,z}	4438.0	mm ²	6.2.6(3)g)
Moment setrvačnosti	I _y	87608700.0	mm ⁴	
Moment setrvačnosti	I _z	87608700.0	mm ⁴	
Moment tuhosti v kroucení	I _t	1.75217E+0	mm ⁴	
Poloměr setrvačnosti	i _y	112.1	mm	
Poloměr setrvačnosti	i _z	112.1	mm	
Elastický průřezový modul	W _{el,y}	540795.0	mm ³	
Elastický průřezový modul	W _{el,z}	540795.0	mm ³	
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	703537.0	mm ³	
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	703537.0	mm ³	
Výsečový moment setrvačnosti	I _w	0.0	mm ⁶	
Statický moment	S _y	175884.0	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	$N_{t,Ed}$	3163.150	kN		
Plocha průřezu	A	6971.2	mm ²		
Mez kluzu	f_y	460.000	MPa		3.2.1
Dílčí součinitel únosnosti	γ_{MO}	1.000			6.1
Návrhová plastická únosnost vůči normálovým silám	$N_{pl,Rd}$	3206.750	kN		(6.6)
Únosnost při působení osově síly	$N_{t,Rd}$	3206.750	kN		
Posouzení	η	0.99		≤ 1	(6.5)