

STATICKÝ VÝPOČET

NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

*Sklad, přístřešek pro svařování a retenční nádrž,
areálová kanalizace – SAKO Brno, a.s., Černovická 15*

Stavba : Sklad, přístřešek pro svařování a retenční nádrž,
areálová kanalizace – SAKO Brno, a.s., Černovická 15

Část : Stavebně konstrukční část

Stupeň : JP DPS

Investor : SAKO Brno, a.s., Jedovnická 4147/2, 628 00 Brno-Židenice

Vypracoval: Ing. Jiří Crhán

Normy :

Eurokód 1: ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí

Část 1.1: Obecné zatížení-Objemové tíhy, vlastní tíha a
užitná zatížení pro pozemní stavby

Část 1-3 : Obecná zatížení - Zatížení sněhem

Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem

Eurokód 2: ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí

Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Eurokód 3: ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí

Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Eurokód 6: ČSN EN 1996-1-1 Navrhování zděných konstrukcí

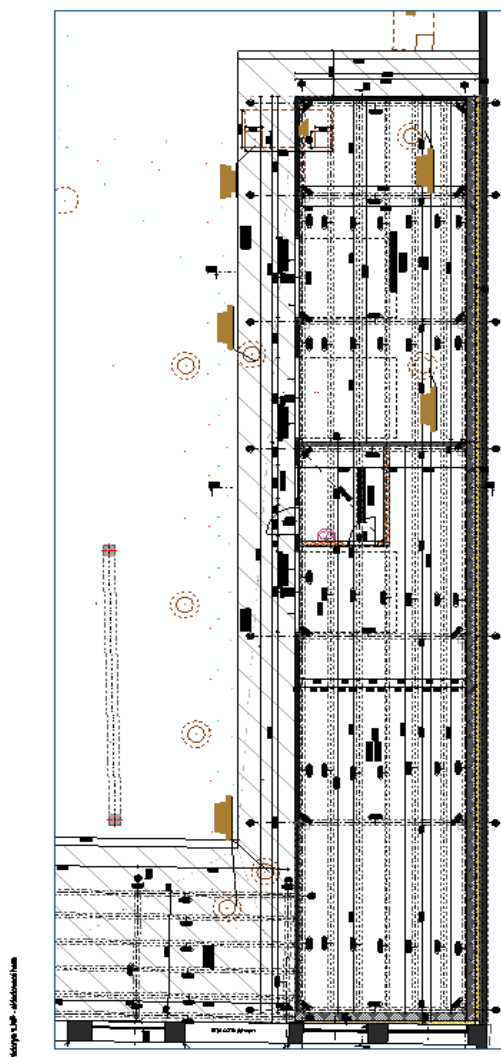
Část 1-1 : Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce

Eurokód 7: ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí

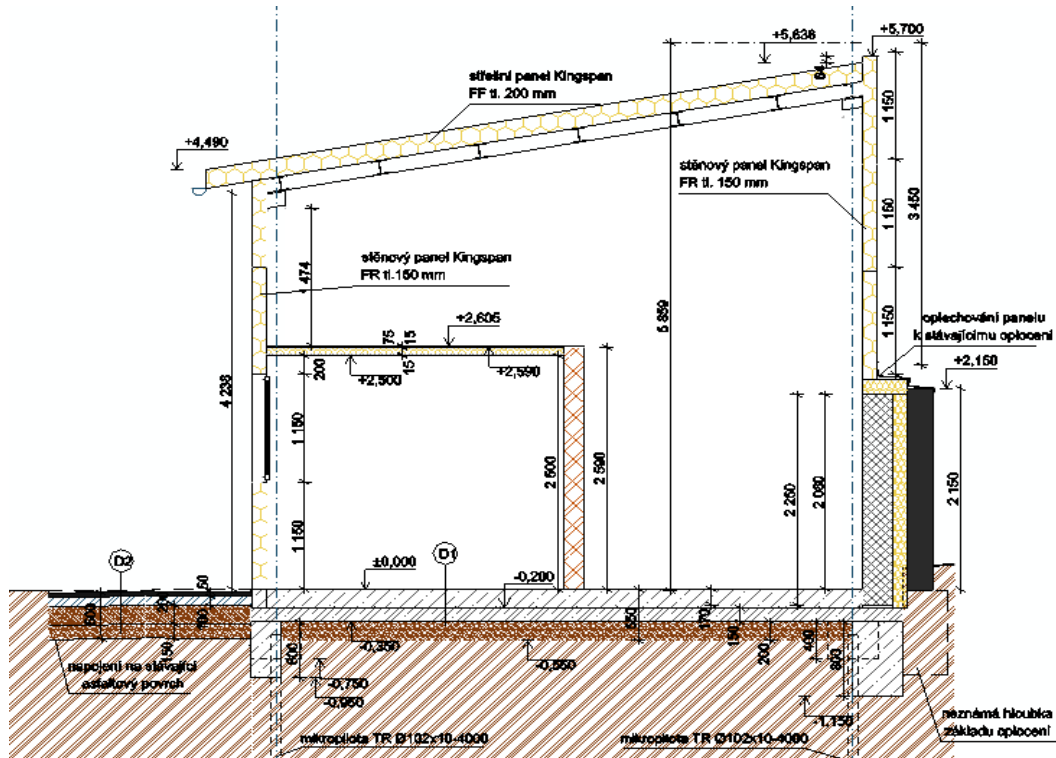
Část 1 : Obecná pravidla

Úvod :

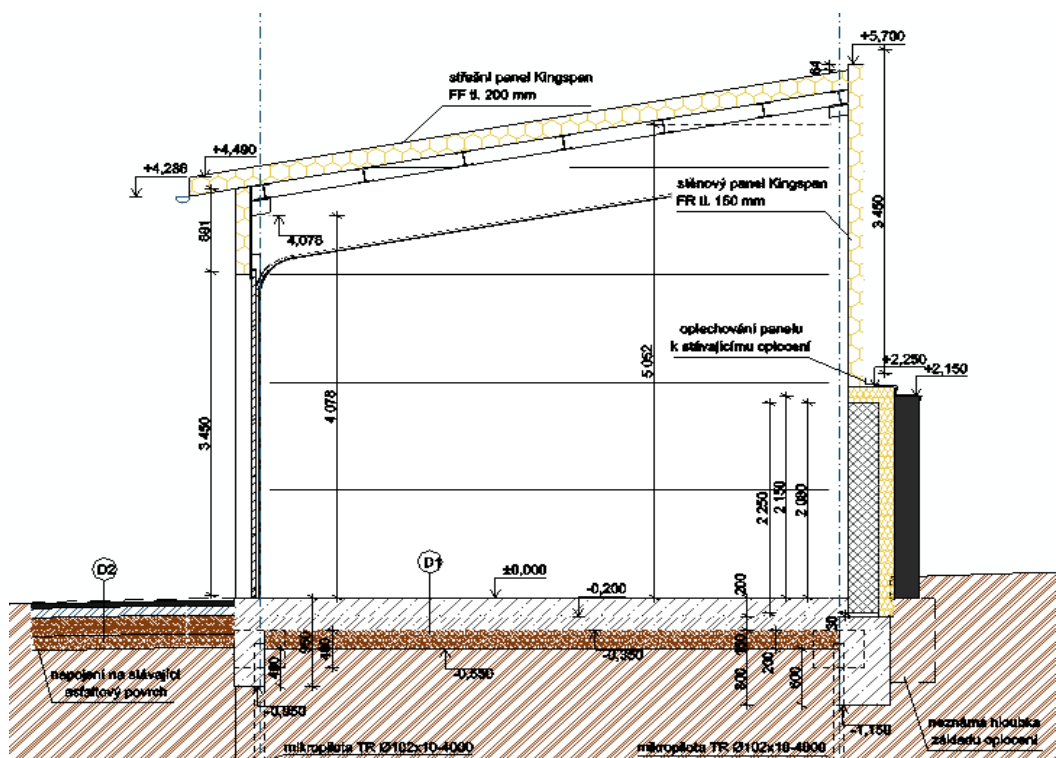
podklady



Řez C - C

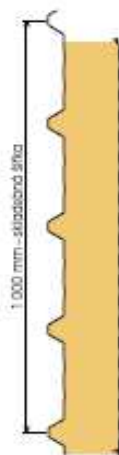


Řez D - D



Střešní panel KS1000 FF 200

plech vnější/vnitřní 0,6/0,5 mm, S280GD podle CSN EN 14509



hodnota
zatížení

Systém		charakteristické průměrné zatížení sněhem [kN/m²]																					
Skupina barev		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00		
Prostý nosník	I, II, III (f)	67	80	83	84	86	87	88	89	90	92	92	94	94	96	96	98	99	100	101	103	104	
		8,62	8,95	5,48	4,47	3,79	3,30	2,94	2,65	2,42	2,23	2,07	1,94	1,82	1,72	1,64	1,56	1,49	1,43	1,38	1,33		
I (f)		43	64	83	84	85	87	88	89	90	92	92	94	94	96	96	98	99	100	101	103	103	
		5,56	5,56	5,47	4,46	3,78	3,30	2,93	2,64	2,42	2,23	2,07	1,94	1,82	1,72	1,64	1,56	1,49	1,43	1,38	1,32		
II (f)		86	128	156	168	171	173	176	178	181	183	185	188	190	192	196	198	200	202	205	206		
		2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,23	2,07	1,94	1,82	1,72	1,64	1,56	1,49	1,43	1,38	1,32		
III (f)		40	40	40	46	50	64	73	82	90	92	93	94	94	96	98	99	100	101	103	103		
		60	60	60	73	91	109	127	143	163	181	183	185	188	190	192	196	198	200	202	205	206	
I (f)		33	80	83	84	85	87	88	89	90	92	92	94	94	96	96	98	99	100	101	103	103	
		7,07	6,95	5,47	4,46	3,78	3,30	2,93	2,64	2,42	2,23	2,07	1,94	1,82	1,72	1,64	1,56	1,49	1,43	1,38	1,32		
II (f)		110	139	166	168	171	173	176	178	181	183	185	188	190	192	196	198	200	202	205	206		
		7,07	6,95	5,47	4,46	3,78	3,30	2,93	2,64	2,42	2,23	2,07	1,94	1,82	1,72	1,64	1,56	1,49	1,43	1,38	1,32		
III (f)		33	80	83	84	85	87	88	89	90	92	92	94	94	96	96	98	99	100	101	103	103	
		7,07	6,95	5,47	4,46	3,78	3,30	2,93	2,64	2,42	2,23	2,07	1,94	1,82	1,72	1,64	1,56	1,49	1,43	1,38	1,32		

barevná skupina (zařazení do odstínů RAL)
(f) – přípustná deformace pro klasifikace zatížení L/200, pro dlouhodobě L/100, kde L je rozpětí mezi podpory

AA – min. šířka krajní podpory
X,XX – max. rozpon
BB – min. šířka střední podpory

Zatížení střechy:

	kN.m^{-2}	γ_f	kN.m^{-2}
Střešní panel Kingspan KS1000 FF200	0,200	1,350	0,270
Stěna h= 2,5 m t=0,3 m	9,000	kN/m	

Sníh podle ČSN EN 1991-1-3

I. sněhová oblast Brno

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

sklon střechy $7,0^\circ$

$$\mu_s = 0,8$$

typ krajiny normální

$$C_e = 1,0$$

izolovaná střecha

$$C_t = 1,0$$

$$s = \mu_s * C_e * C_t * s_k = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_F = 1,50$$

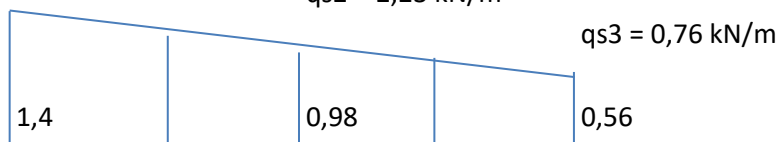
$$\mu_2 = 2,0$$

$$s = 1,4 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{s1} = 1,48 \text{ kN/m}$$

$$q_{s2} = 2,23 \text{ kN/m}$$

$$q_{s3} = 0,76 \text{ kN/m}$$



Vítr podle ČSN EN 1991-1-4

Větrová oblast II

Rychlost větru

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

$$K = 0,2$$

$$n = 0,5$$

$$p = 0,999$$

$$C_{prob} = ((1-K * \ln(-\ln(1-p))) / (1-K * \ln(-\ln(-\ln(0,98)))) = 0,843021$$

$$C_{dir} = 1$$

$$C_{season} = 1$$

Změna rychlosti v závislosti na výšce

Kategorie terénu III

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

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

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

$$k_r = 0,19 * (z_0 / z_{0,II})^{0,07} = 0,215389$$

$$z = 5 \text{ m}$$

$$c_r(z) = k_r * \ln(z / z_0) = 0,605979$$

$$c_o(z) = 1$$

$$v_m(z) = c_r(z) * c_o(z) * v_b = 15,14947 \text{ m/s}$$

$$k_l = 1$$

$$I_v(z) = k_l / (c_o(z) * \ln(z / z_0)) = 0,35544$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_p(z) = (1+7 \cdot I_v(z)) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = 500,3 \text{ N/m}^2$$

$$c_s c_d = 1,0$$

Zatížení větrem v řezu D - D

ČSN EN 1991-1-4 ed. 2

Tabulka 7.6 – Hodnoty součinitelů $c_{p,net}$ a c_f pro pultové přístřešky

			Součinitele výsledného tlaku $c_{p,net}$ Legenda pro půdorys		
Úhel sklonu střechy α	Součinitel plnosti φ	Součinitel celkové síly q	Oblast A	Oblast B	Oblast C
0°	Maximum všech φ	+0,2	+0,5	+1,8	+1,1
	Minimum $\varphi = 0$	-0,5	-0,6	-1,3	-1,4
	Minimum $\varphi = 1$	-1,3	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Maximum všech φ	+0,4	+0,8	+2,1	+1,3
	Minimum $\varphi = 0$	-0,7	-1,1	-1,7	-1,8
	Minimum $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Maximum všech φ	+0,5	+1,2	+2,4	+1,6
	Minimum $\varphi = 0$	-0,9	-1,5	-2,0	-2,1
	Minimum $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,6	-2,7
15°	Maximum všech φ	+0,7	+1,4	+2,7	+1,8
	Minimum $\varphi = 0$	-1,1	-1,8	-2,4	-2,5
	Minimum $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Maximum všech φ	+0,8	+1,7	+2,9	+2,1
	Minimum $\varphi = 0$	-1,3	-2,2	-2,8	-2,9
	Minimum $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Maximum všech φ	+1,0	+2,0	+3,1	+2,3
	Minimum $\varphi = 0$	-1,6	-2,6	-3,2	-3,2
	Minimum $\varphi = 1$	-1,4	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Maximum všech φ	+1,2	+2,2	+3,2	+2,4
	Minimum $\varphi = 0$	-1,8	-3,0	-3,8	-3,6
	Minimum $\varphi = 1$	-1,4	-1,5	-2,2	-2,7
POZNÁMKA: Kladné hodnoty součinitelů udávají zatížení větrem směrem dolů. Záporné hodnoty označují zatížení větrem směrem nahoru.					

Pro sklon střechy 7° a součinitel plnosti $\varphi=1$ je $c_{p,net} = -1,6$

sání $q_w = -0,80 \text{ kN/m}^2$ přístřešek pro svařování

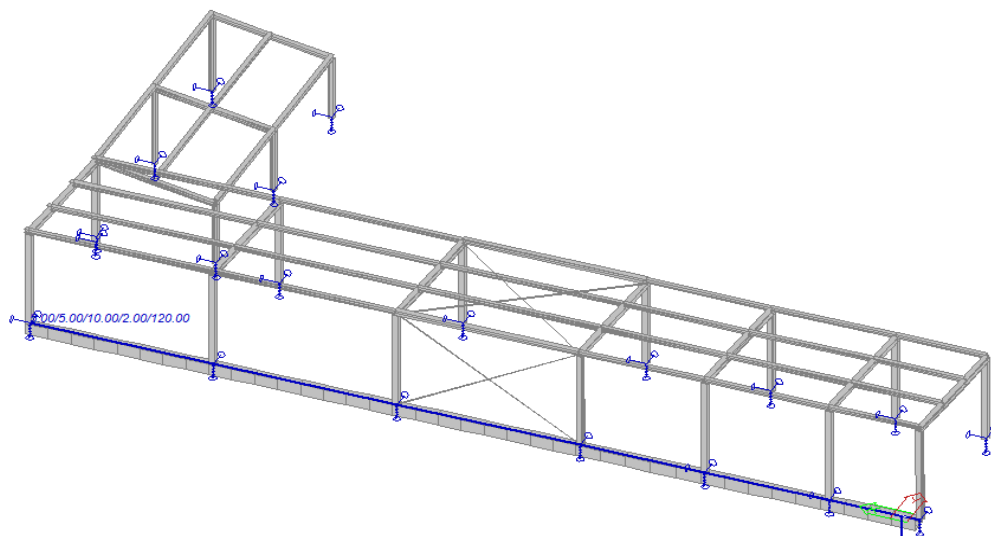
sání střecha $q_w = -0,30 \text{ kN/m}^2$

stěny tlak $q_w = 0,4 \text{ kN/m}^2$

stěny sání $q_w = -0,25 \text{ kN/m}^2$

Výpočtový program IDA NEXIS 3.100.121

Model



Zatěžovací stavy

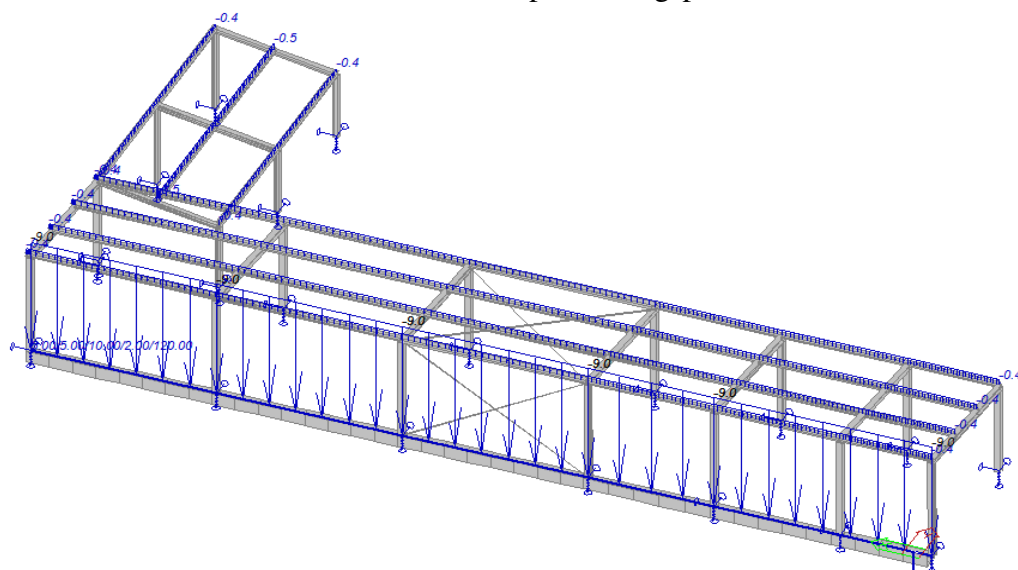
Stav	Jméno	souč,	Popis
1	VV	1,35	Vlastní váha, Směr -Z
2	Vlastní tíha 2	1,35	Stálé - Zatížení
3	Předpětí táhel	1,1	Stálé - Zatížení
4	Sníh	1,5	Nahodilé - Sníh
5	Vítr sání	1,5	Nahodilé - Vítr

Zatěžovací stav 1

je automaticky generován z profilů

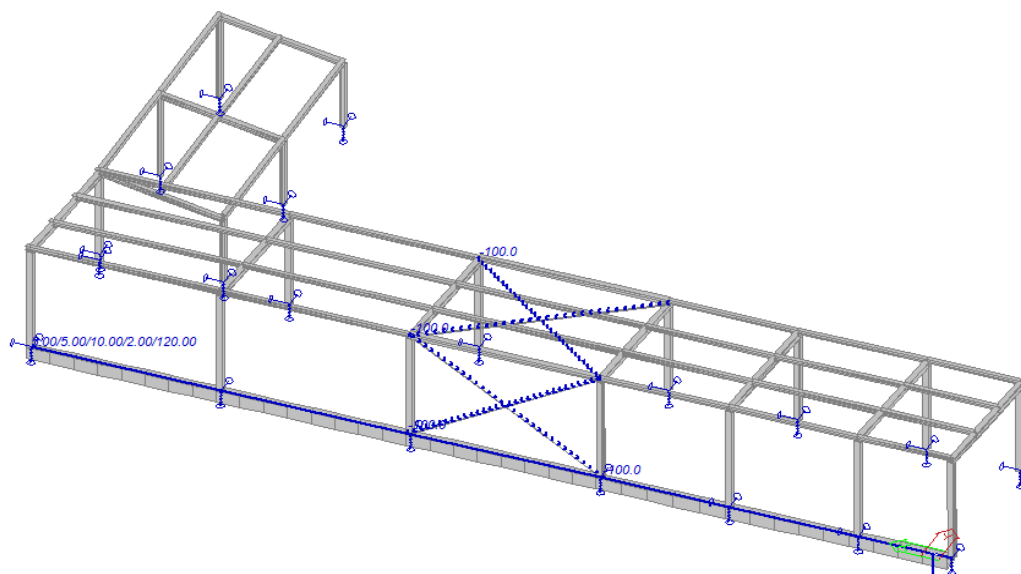
Zatěžovací stav 2

Střešní panel Kingspan KS1000 FF200



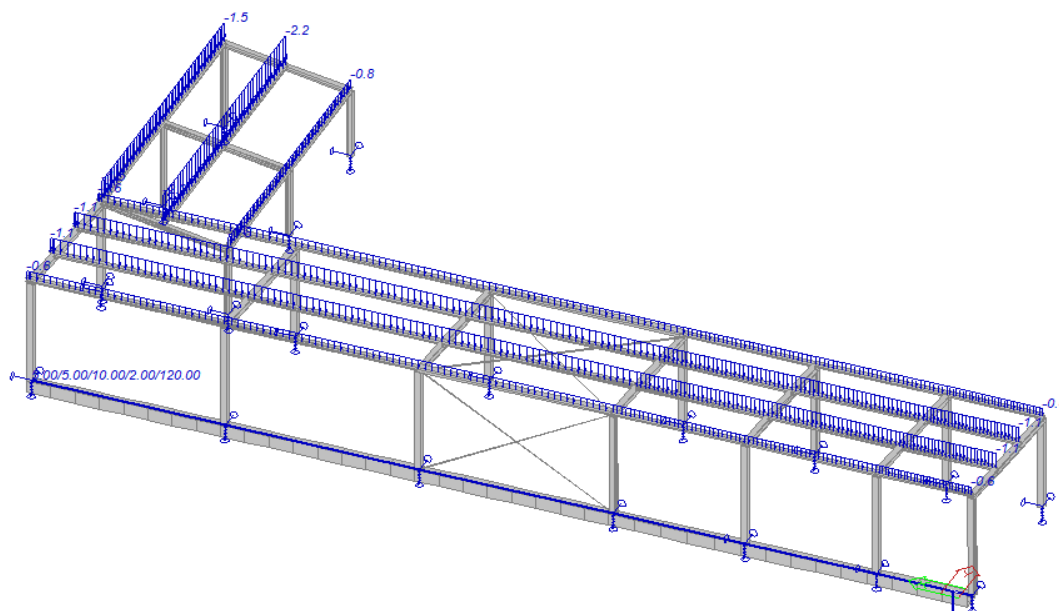
Zatěžovací stav 3

předpětí táhel - zadáno ochlazení 100°

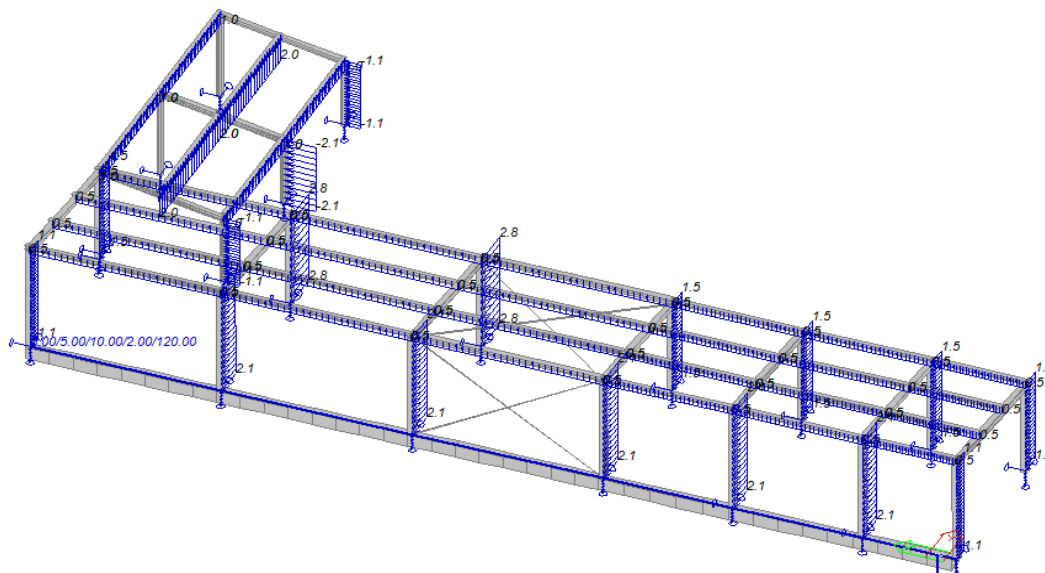


Zatěžovací stav 4

sníh



vítr



Kombinace

Základní pravidla pro generování kombinací na únosnost,

$$1 : 1,35 \cdot \text{ZS1} / 1,35 \cdot \text{ZS2} / 1,10 \cdot \text{ZS3} / 1,50 \cdot \text{ZS4}$$

2 : 1,35*ZS1 / 1,35*ZS2 / 1,10*ZS3 / 1,50*ZS5

$$3 : 1,35 \cdot ZS1 / 1,35 \cdot ZS2 / 1,10 \cdot ZS3 / 1,05 \cdot ZS4 / 0,90 \cdot ZS5$$

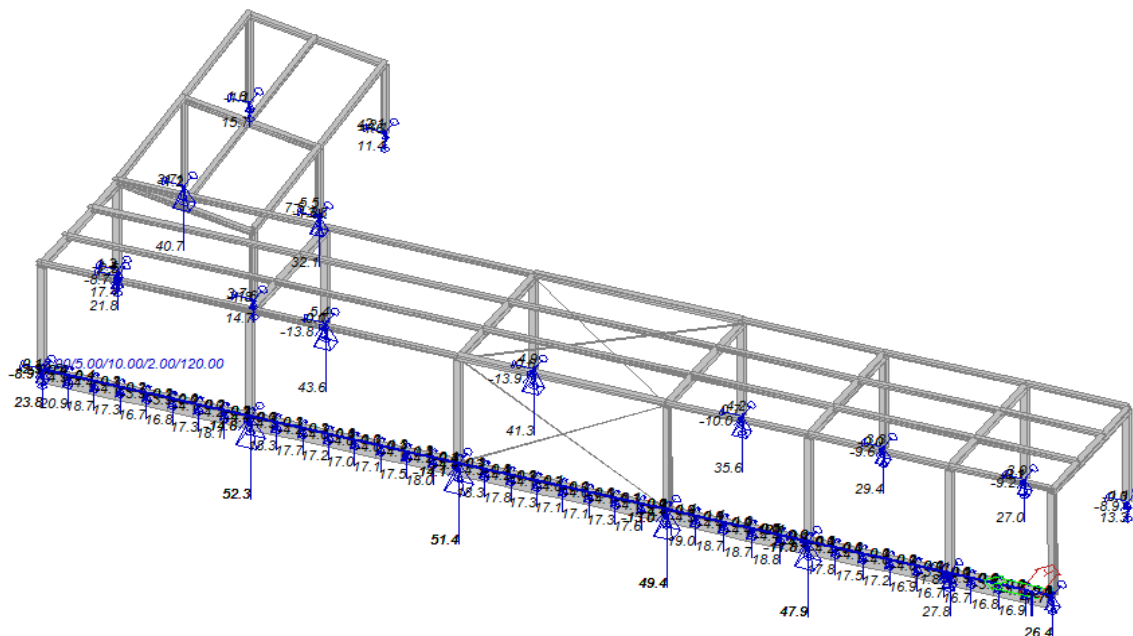
Výpis nebezpečných kombinací na únosnost

$$1/ \quad 1 : +1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,10 \cdot ZS3$$
$$2/ \quad 1 : +1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,10 \cdot ZS3 + 1,50 \cdot ZS4$$

3/ 2 : +1,35*ZS1+1,35*ZS2+1,10*ZS3+1,50*ZS5

4/ 3 : +1,35*ZS1+1,35*ZS2+1,10*ZS3+1,05*ZS4+0,90*ZS5

Reakce



Reakce v podporách - hodnoty v uzlech, Lokální extrém

Lineární statický - nebezpečné nebo všechny kombinace

Skupina uzlů :1/102

Skupina kombinací na únosnost :1/4

podpora	uzel	kombi	Rx	Ry	Rz	Mx	My	Mz
			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1	1	2	1,07	-0,27	13,25	0	0	0
		3	-8,88	0,03	1,1	0	0	0
2	3	2	4,21	0,4	35,55	0	0	0
		3	-9,97	0,69	3,36	0	0	0
3	5	2	4,93	-0,56	41,35	0	0	0
		3	-13,88	-0,62	4,27	0	0	0
		1	1,99	-0,63	23,09	0	0	0
4	7	2	5,45	-0,02	43,58	0	0	0
		3	-13,84	0,07	4,12	0	0	0
5	9	2	2,54	1,19	21,82	0	0	0
		3	-8,72	0,2	2,98	0	0	0
6	11	1	-2,35	-0,24	44,17	0,12	-3,55	0
		3	-14,82	-0,24	29,86	0,14	-4,2	0
		2	-5,75	-0,24	52,28	0,14	-4,16	0
		4	-12,21	-0,24	41,26	0,15	-4,37	0

podpora	uzel	kombi	Rx	Ry	Rz	Mx	My	Mz
			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
7	13	1	-1,81	-0,37	43,87	0,12	-3,54	0
		3	-14,13	-0,37	29,92	0,14	-4,25	0
		2	-4,8	-0,38	51,43	0,14	-4,11	0
		4	-11,3	-0,37	40,79	0,15	-4,36	0
8	15	1	-1,44	0,24	42,65	0,12	-3,55	0
		3	-13	0,25	30,31	0,14	-4,28	0
		2	-3,99	0,24	49,44	0,14	-4,07	0
		4	-10,16	0,24	40	0,15	-4,36	0
9	126	3	1,44	0,27	18,68	0,15	-4,39	0
	11		-14,82	-0,24	29,86	0,14	-4,2	0
	103		-11,82	12,14	31,76	0,15	-4,35	0
	33		-8,85	-10,46	18,1	0,09	-2,68	0
	11	2	-5,75	-0,24	52,28	0,14	-4,16	0
	138	1	0,01	0,13	12,87	0,1	-3,03	0
	139	4	0,36	-0,13	20,9	0,16	-4,92	0
	32	1	-0,34	0,06	23,7	0,04	-1,19	0
	131	3	-0,4	0,13	17,83	0,14	-4,19	0
	126	4	1,43	0,27	18,96	0,15	-4,46	0
	32	1	-0,34	0,06	23,7	0,04	-1,19	0
		3	-7,73	0,07	22,54	0,07	-2	0
10	32	2	-0,97	0,06	26,42	0,04	-1,33	0
		1	-2,08	-9,83	19,66	0,08	-2,31	0
		3	-8,85	-10,46	18,1	0,09	-2,68	0
		2	-3,28	-9,57	23,78	0,09	-2,78	0
11	33	4	-6,98	-10,03	21,61	0,1	-2,87	0
		3	-1,53	3,71	1,09	0	0	0
		2	-1,84	-1,59	14,68	0	0	0
		3	-0,98	0,75	4,22	0	0	0
13	86	2	-1,38	1,26	17,37	0	0	0
		1	-1,14	0,42	8,96	0	0	0
		2	-1,66	-3,83	32,07	0	0	0
14	87	3	-1,8	7,53	-5,49	0	0	0
		2	-1,11	0,38	-1,11	0	0	0
15	93	2	-1,23	3,66	40,69	0	0	0
		3	-1,25	-1,08	11,4	0	0	0
16	94	3	-1,63	4,24	-2,1	0	0	0
		2	-0,74	1,58	15,75	0	0	0
		3	-1,06	1,07	2,67	0	0	0
17	100	1	-0,93	0,72	7,31	0	0	0
		3	-1,06	1,07	2,67	0	0	0

podpora	uzel	kombi	Rx	Ry	Rz	Mx	My	Mz
			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
18	101	2	3,25	0,03	29,39	0	0	0
		3	-9,57	0,02	3,35	0	0	0
		4	-3,87	0,04	17,34	0	0	0
		1	1,37	-0,01	17,47	0	0	0
19	103		-0,23	11,73	42,41	0,12	-3,57	0
		3	-11,82	12,14	31,76	0,15	-4,35	0
		2	-2,24	11,37	47,94	0,13	-4,01	0
20	113		3,03	-0,11	27,02	0	0	0
		3	-9,18	0,1	3,03	0	0	0
21	115	1	-1,72	-0,06	17,4	0	0	0
		3	-11,77	-0,11	16,84	0	0	0
		4	-8,75	-0,15	24,35	0	0	0
		2	-3,14	-0,13	27,81	0	0	0

-14,82

-10,46

52,28

-4,92

Posouzení únosnosti mikropilot

Typ zeminy

F

$d_k =$ 0,1 m

$D =$ 0,14 m

$\gamma_m =$ 1,5

$\gamma_p =$ 0,9

Popis geologie

i =	Di	Li	q_{ski}	$Di \cdot L_i \cdot q_{ski}$	
1	0,1	1	60	6,0	Y
2	0,14	2	80	22,4	F5
3	0,14	1	80	11,2	F6

$L =$ 4 m 39,6

$N_w = \pi \cdot \sum [D_i \cdot L_i \cdot q_{ski}] \cdot \gamma_p / \gamma_m =$ 74,6 kN

Průřez: Tr $\Phi 102 \times 10$

$N_{Ed} =$ -74644,2 N

D= 102 t= 10 d= 82 mm
 Beton : C25/30 $f_{cd} =$ 16,7 MPa

$$\begin{aligned}
 D_c &= 140 \text{ mm} \\
 A_s &= 2890,3 \text{ mm}^2 & A_c &= 12503,5 \text{ mm}^2 \\
 N_{pl} &= 590,6 \text{ kN} \\
 I_y &= 3,09E+06 \text{ mm}^4 \\
 i_y &= 3,27E+01 \text{ mm} \\
 W_{y,el} &= 6,07E+04 \text{ mm}^3 \\
 W_{y,pl} &= 8,50E+04 \text{ mm}^3 \\
 M_{pl} &= 17,4 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Materiál: S 235

$$f_y = 235 \text{ Mpa} \quad \gamma_M = 1,15$$

Vzpěrné délky:

$$\begin{aligned}
 c_u &= 50 \text{ kPa} \\
 c &= 70 * c_u = 3500 \text{ kPa/m} \\
 n &= \pi^4 \sqrt[4]{c/E * I_y} = 12,2 \\
 L_{Hw} &= L/n = 326,6 \text{ mm} \\
 w_0 &= L_{Hw}/300 = 1,1 \text{ mm} \\
 \kappa_{pl} &= 0,035 \\
 \delta_{pl} &= \kappa_{pl} * L_{Hw}/4 = 2,9 \text{ mm} \\
 \max q_f &= 10 * c_u * D_c = 70 \text{ kNm} \\
 \mu &= w_0/0,1/D_c = 0,078 \\
 M_B &= \mu * \max q_f * L_k^2/4 = 0,15 \text{ kNm} \\
 \max M &= N_u * (w_0 + \delta_{pl}) - M_{B+My,Ed} = 2,19 \text{ kNm} \\
 I_y &= 326,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Návrhové únosnosti průřezu:

$$\begin{aligned}
 N_{Rd} &= 799012 \text{ N} & M_{y,Rd} &= 1,74E+07 \text{ Nmm} \\
 V_{pl,Rd} &= 284170,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Posouzení:

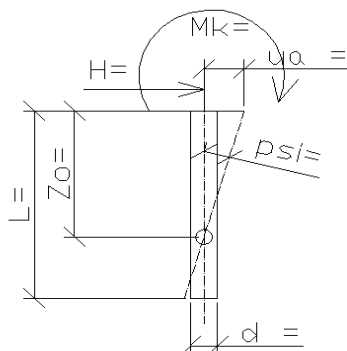
$$\begin{aligned}
 (N_{Ed}/N_{Rd}) + (M_{yEd}/M_{yRd}) &< 1 & = & 0,22 \\
 V_{sd}/V_{pl,Rd} &< 1 & 0,00
 \end{aligned}$$

Vzpěr:

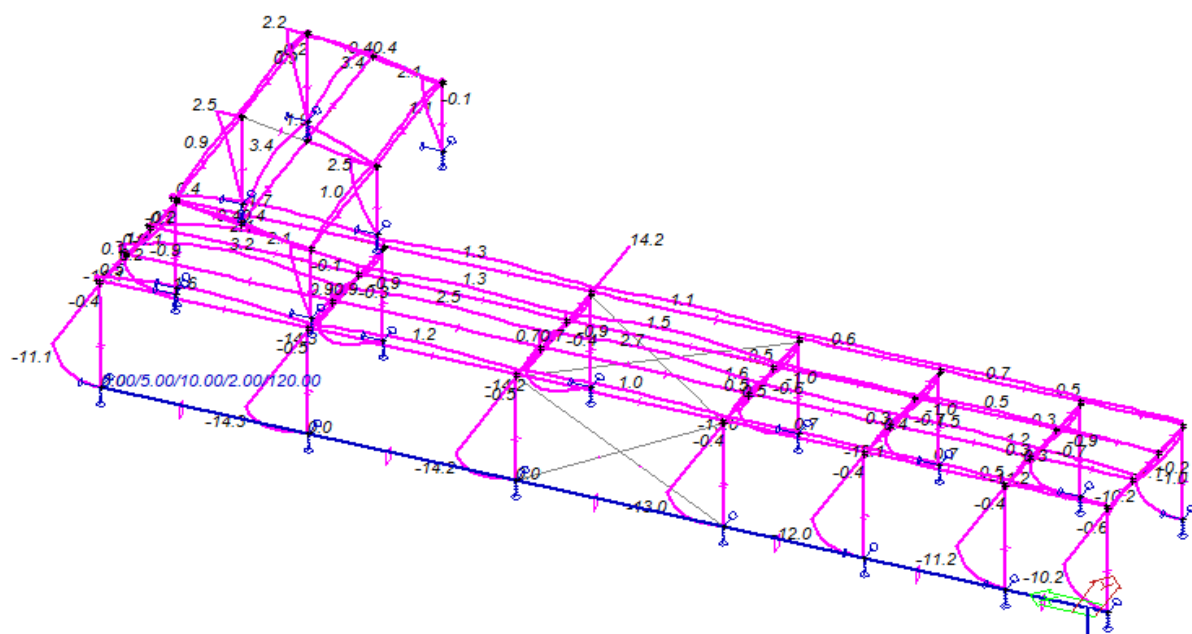
$$\begin{aligned}
 \lambda_{y} &= 0,106309 & \alpha_1 &= 0,21 \\
 \Phi &= 0,495813 & \chi_y &= 1
 \end{aligned}$$

Posouzení:

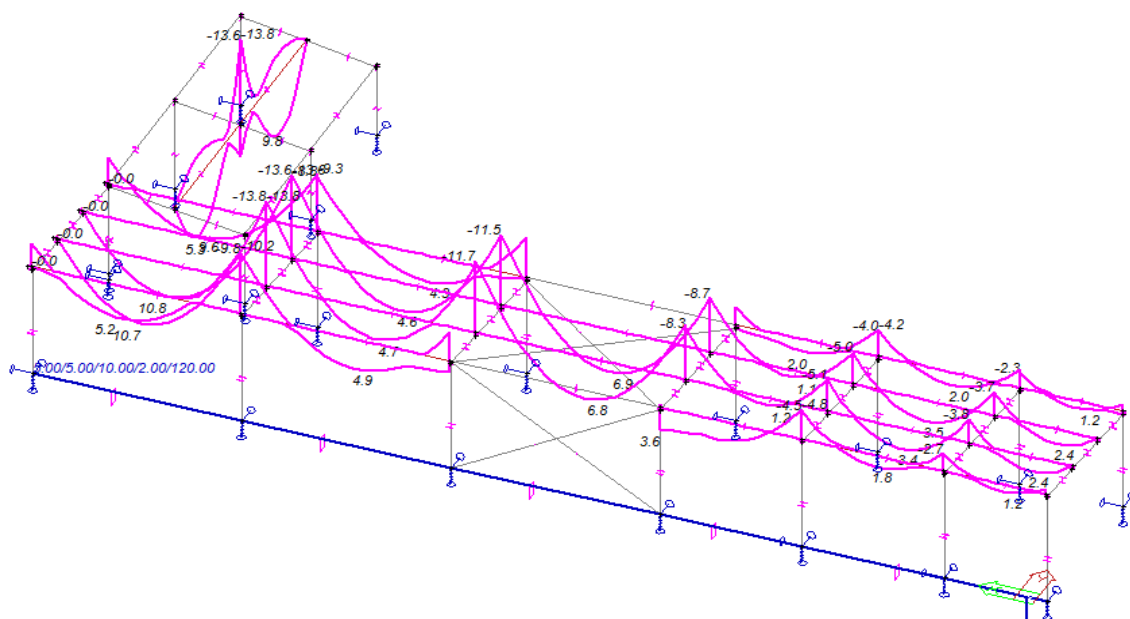
$$N_{sd}/N_{rd} + \chi_{min} + 0,9 * M_{ysd}/M_{y,Rd} < 1 \quad = \quad 0,86$$



Sníh $\delta z = 4,97 \text{ mm} = L/1408$ vyhovuje



Vítr $\delta H =$ 14,2 mm = H/267 vyhovuje



Vnitřní síly na prutu(ech), Globální extrém

Lineární statický - nebezpečné nebo všechny kombinace

Skupina prutů :16/18,20/39,41/43,92/93

Skupina kombinací na únosnost :1/4

prut	kombi	dx	N	Vy	Vz	Mx	My	Mz
		[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
41	3	0	2,5	0,01	0,6	0	1,88	-0,01
33	2	7000,5	-6,44	0,01	-10,17	0	-11,68	0,12
93	3	0	0,28	0,36	-5,53	0	5,14	-0,87
37			0,54	-0,31	0,57	0	-0,06	0,53
93	2		-0,45	0,16	14,73	0	-13,78	-0,6
92		5275	-0,54	0,21	-14,62	0	-13,56	0,32
35		0	-1,05	-0,05	11,71	0	-13,81	0,11
37			-0,06	-0,08	2,83	0	-0,83	0,17
28		4200,2	-0,61	-0,12	-0,05	0	10,81	-0,25
34		7000,3	-1,42	0,07	-10,17	0	-13,81	0,2
42	3		1,33	0,29	-0,88	0	0	1,03
		0	1,33	0,29	1,68	0	-2,8	-1,02

Zatížení (návrhové):

$N_{Ed} = -6440 \text{ N}$

$M_{yEd} =$

$1,38E+07 \text{ Nmm}$

$M_{zEd} =$

$1,03E+06 \text{ N}$

$V_{zEd} =$

$1,47E+04 \text{ N}$

$M_{xEd} = T_{Ed} =$

$0,00E+00 \text{ Nmm}$

Průřez: HEB 160

	160 tp =	13 mm	tw =	8 mm	
	h=H-tp	147 mm	b=B-tw =	160 mm	
A=	5430,00 mm2	Aw=	1280 mm2	Iw=	4,79E+10 mm6
Iy=	24900000 mm4	Iz=	8890000 mm4	Ix(It)=	314000 mm4
iy=	67,72 mm	iz=	40,46	if,z =	42,2 mm
Wy,el=	311250 mm3	Wz,el=	111125 mm3		
Wy,pl=	354000 mm3	Wz,pl=	170000 mm3		

Materiál: S 235

fy=	235 Mpa	γM=	1,1
-----	---------	-----	-----

Vzpěrné délky:

lx=	6000 mm	Iy=	6000 mm	Iz=	5000 mm
$L_m = 38 \cdot i_z / \sqrt{(1/57,4 \cdot (N_{Ed}/A) + 1/(756 \cdot C_1 \cdot A^2) \cdot (W_{pl,y}^2 / (A \cdot I_T)) \cdot (f_y/235)^2)}$					

Návrhové únosnosti průřezu:

N _{Rk} =	1215285,7 N	M _{y,Rk} =	7,92E+07 Nmm	M _{z,Rk} =	3,80E+07 Nmm
-------------------	-------------	---------------------	--------------	---------------------	--------------

V _{pl,Rd} =	165401,96 N
----------------------	-------------

$$\rho = (2 \cdot V_{ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,000 < 1$$

$$M_{y,V,Rd} = (W_{y,pl} \cdot \rho \cdot A_w^2 / 4 / t_w) \cdot f_y / \gamma_{M0} = 7,92E+07 \text{ Nmm}$$

$$M_{y,N,Rd} = M_{y,pl,Rd} \cdot (1 - (N_{Ed} / N_{pl,Rd})^2) = 7,92E+07 \text{ Nmm}$$

Posouzení:

$$(N_{Ed} / N_{Rd}) + (M_{y,Ed} / M_{y,V,Rd}) + (M_{z,Ed} / M_{z,Rd}) < 1 = 0,207$$

Smyk a kroucení:

$$T_{t,Ed} = M_{x,Ed} / (I_t / t_w) = 0,0 \text{ MPa} \quad \text{pro I profil}$$

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{(1 - T_{t,Ed} / (1,25 \cdot (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}))} \cdot V_{pl,Rd} = 165402 \text{ N}$$

$$\Omega = 2 \cdot (H - t_p) \cdot (B - t_w) = 47040 \text{ mm}^2 \quad \text{pro uzavřené profily}$$

$$T_{t,Ed} = M_{x,Ed} / (\Omega \cdot t_w) = 0$$

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{(1 - T_{t,Ed} / (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0})} \cdot V_{pl,Rd} = 165402 \text{ N}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} < 1 \quad 0,089$$

Vzpěr:

λ'y=	0,943596	α1=	0,49	Φ=	1,12736723	χy=	0,573
λ'z=	1,315993	α1=	0,49	Φ=	1,639336445	χz=	0,382

$$C_{my} = 0,9 \quad C_{mz} = 0,9 \quad C_{mLT} = 0,9$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot (1 + (\lambda'_{y,0,2}) \cdot (N_{Ed} / N_{Rk} \cdot \chi_y / \gamma_{M1})) \leq C_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot (N_{Ed} / N_{Rk} \cdot \chi_y / \gamma_{M1})) = 0,9065$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,5463$$

$$k_{zy} = (1 - 0,1 \cdot \lambda'_{z,0,25} \cdot (C_{mLT} - 0,25) \cdot N_{Ed} / (N_{Rk} \cdot \chi_z / \gamma_{M1})) \geq (1 - 0,1 / (C_{mLT} - 0,25) \cdot N_{Ed} / (N_{Rk} \cdot \chi_z / \gamma_{M1})) = 0,9978$$

$$\text{pro } \lambda'_{z,0,4}; k_{zy} = 0,6 + \lambda'_{z,0,4} \leq (1 - 0,1 \cdot \lambda'_{z,0,25} \cdot (C_{mLT} - 0,25) \cdot N_{Ed} / (N_{Rk} \cdot \chi_z / \gamma_{M1})) = 0,9978$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot (1 + (2 \cdot \lambda'_{z,0,6}) \cdot N_{Ed} / (N_{Rk} \cdot \chi_z / \gamma_{M1})) \leq C_{mz} \cdot (1 + 0,8 \cdot N_{Ed} / (N_{Rk} \cdot \chi_z / \gamma_{M1})) = 0,9105$$

Klopení ČSN EN 1993-1-1 čl. 6.3.2.4:

$$L_c = 5700 \text{ mm} \quad k_c = 0,86 \quad M_{c,Rd} = W_y \cdot f_y / \gamma_{M1} = 6,97E+07 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{E / f_y} = 93,9$$

$$\lambda'_f = k_c \cdot L_c / (i_{f,z} \cdot \lambda_1) = 1,24 \quad \alpha_1 = 0,34 \quad \Phi = 1,409207189 \quad \chi_{LT} = 0,480$$

$$N_{Ed} / (N_{Rk} \cdot \chi_y / \gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1 = 0,37$$

$$N_{Ed}/(N_{Rk} \cdot \chi_z / \gamma_{M1}) + k_{z,y} \cdot M_{y,Ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{z,z} \cdot M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1 = 0,42$$

Obrys : 1,04 m Am/V = 191,53 1/m

$$\mu_{0,c} = N_{Ed} / N_{Rd} = 0,27 \quad \Theta_{cr} = 39,19 \cdot \ln(1 / (0,9674 \cdot \mu_0^{3,833} - 1)) + 482$$

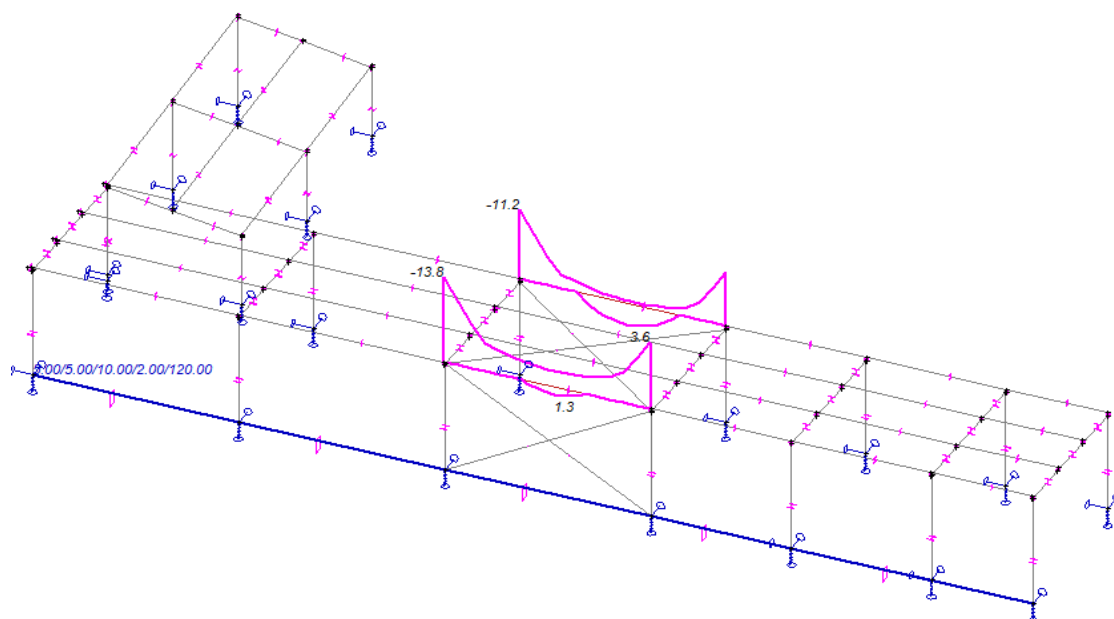
$$\Theta_{cr} = 678 \text{ }^{\circ}$$

$$t_{fi,d} = 0,54 \cdot (\Theta_{cr} - 50) \cdot (A_m / V)^{-0,6} = 14 \text{ min}$$

Kritická tepnota oceli θ_{ser}	Stupeň využití průřezu μ_0	Požární odolnost R [min]							
		Součinitel průřezu A_m / V [m ³]							
		50	75	100	125	150	200	300	450
500 °C	0,78	20	16	14	12	11	9	8	6
560 °C	0,58	24	18	15	14	12	11	9	7
620 °C	0,40	27	21	18	16	14	12	11	9
680 °C	0,27	30	24	21	18	17	15	13	12
720 °C	0,21	32	26	23	21	19	18	16	15
740 °C	0,18	34	28	24	22	21	19	18	17

interpolace v tabulce

	150	200	191,53
0,4	14	12	12,34
0,27	17	15	15,34
0,27			15,3 min



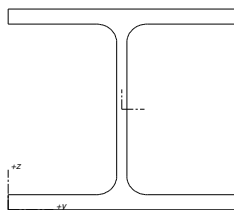
Vnitřní síly na prutu(ech), Globální extrém

Lineární statický - nebezpečné nebo všechny kombinace

Skupina prutů :19,40

Skupina kombinací na únosnost :1/4

prut	kombi	dx	N	Vy	Vz	Mx	My	Mz
		[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
40	2	7000,3	-126,28	0,01	-8,15	0	-13,76	-0,17
	1	0	-125,99	0,02	4,51	0	-8,26	-0,31
19	3		-61,15	-0,03	1,93	0	-3,36	0,24
	2		-60,61	0	7,39	0	-8,8	0,11
40	3		-124,53	-0,01	2	0	-5,85	-0,24
	2		-126,28	0,01	7,31	0	-10,81	-0,26
19		3267,1	-60,61	0	0,18	0	3,56	0,1



Zatížení (návrhové):

$N_{Ed} =$	-126280 N	$M_{yEd} =$	1,38E+07 Nmm
		$M_{zEd} =$	240000 N
		$V_{zEd} =$	8150 N

Průřez: HEB200

		$M_{xEd} = T_{Ed}$	0 Nmm
	200 tp =	15 mm	tw = 9 mm
	h=H-tp	185 mm	b=B-tw = 200 mm
A=	7808 mm ²	Aw=	1390 mm ²
I _y =	56960000 mm ⁴	I _z =	20030000 mm ⁴
I _y =	85,41 mm	I _z =	50,65 mm
W _{y,el} =	569600 mm ³	W _{z,el} =	200300 mm ³
W _{y,pl} =	642000 mm ³	W _{z,pl} =	306000 mm ³

Materiál: S 235

$f_y =$	235 Mpa	$\gamma_M =$	1,1
---------	---------	--------------	-----

Vzpěrné délky:

I _x =	7000 mm	I _y =	7000 mm	I _z =	7000 mm
$L_m = 38 \cdot i_z / \sqrt{(1/57,4 \cdot (N_{Ed}/A) + 1/(756 \cdot C_1^2) \cdot (W_{pl,y}^2/(A \cdot I_T) \cdot (f_y/235)^2))} = 2654,053695 \text{ mm}$					

Návrhové únosnosti průřezu:

$N_{Rk} =$	1747504,8 N	$M_{y,Rk} =$	1,437E+08 Nmm	$M_{z,Rk} =$	6,85E+07 Nmm
$V_{pl,Rd} =$	179616,19 N				
$\rho = (2 \cdot V_{Ed}/V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,000 < 1$					
$M_{y,V,Rd} = (W_{y,pl} \cdot \rho \cdot A_w^2 / 4 / t_w) \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1,437E+08 \text{ Nmm}$					
$M_{y,N,Rd} = M_{y,V,Rd} \cdot (1 - (N_{Ed}/N_{pl,Rd})^2) = 1,437E+08 \text{ Nmm}$					

Posouzení:

$$(N_{Ed}/N_{Rd}) + (M_{yEd}/M_{y,V,Rd}) + (M_{zEd}/M_{z,Rd}) < 1 = 0,172$$

Smyk a kroucení:

$T_{t,Ed} = M_{x,Ed}/(I_t/t_w) =$	0,0 MPa	pro I profil
$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{(1 - T_{t,Ed}/(1,25 \cdot (f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}))} \cdot V_{pl,Rd} =$	179616,2 N	
$\Omega = 2 \cdot (H - t_p) \cdot (B - t_w) =$	74000 mm ²	pro uzavřené profily
$T_{t,Ed} = M_{x,Ed}/(\Omega \cdot t_w) =$	0	
$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{(1 - T_{t,Ed}/(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0})} \cdot V_{pl,Rd} =$	179616,2 N	
$V_{Ed}/V_{pl,Rd} < 1$	0,045	

Vzpěr:

$\lambda'_y =$	0,872818	$\alpha_1 =$	0,49	$\Phi =$	1,045746112	$\chi_y =$	0,617
$\lambda'_z =$	1,471814	$\alpha_1 =$	0,49	$\Phi =$	1,894713053	$\chi_z =$	0,324

$C_{my} =$	0,9	$C_{mz} =$	0,9	$C_{mLT} =$	0,9
$k_{yy} = C_{my} \cdot (1 + (\lambda'_y - 0,2) \cdot (N_{Ed}/N_{Rk} \cdot \chi_y/\gamma_{M1})) \leq C_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot (N_{Ed}/N_{Rk} \cdot \chi_y/\gamma_{M1})) = 0,9745$					
$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6412$					
$k_{zy} = (1 - 0,1 \cdot \lambda'_z / (C_{mLT} - 0,25) \cdot N_{Ed}/(N_{Rk} \cdot \chi_z/\gamma_{M1})) \geq (1 - 0,1 / (C_{mLT} - 0,25) \cdot N_{Ed}/(N_{Rk} \cdot \chi_z/\gamma_{M1})) = 0,9640$					
pro $\lambda'_z < 0,4$; $k_{zy} = 0,6 + \lambda'_z \leq (1 - 0,1 \cdot \lambda'_z / (C_{mLT} - 0,25) \cdot N_{Ed}/(N_{Rk} \cdot \chi_z/\gamma_{M1})) = 0,9640$					
$k_{zz} = C_{mz} \cdot (1 + (2 \cdot \lambda'_z - 0,6) \cdot N_{Ed}/(N_{Rk} \cdot \chi_z/\gamma_{M1})) \leq C_{mz} \cdot (1 + 0,8 \cdot N_{Ed}/(N_{Rk} \cdot \chi_z/\gamma_{M1})) = 1,0687$					

Klopení ČSN EN 1993-1-1 čl. 6.3.2.4:

$$L_c = 6000 \text{ mm} \quad k_c = 0,86 \quad M_{c,Rd} = W_y \cdot f_y / \gamma_{M1} = 1,27E+08 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{E/f_y} = 93,9$$

$$\lambda'_f = k_c \cdot L_c / (i_{f,z} \cdot \lambda_1) = 1,05 \quad \alpha_1 = 0,34 \quad \Phi = 1,164351695 \quad \chi_{LT} = 0,601$$

$$N_{Ed} / (N_{Rk} \cdot \chi_y / \gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{yEd} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{zEd} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1 = 0,29$$

$$N_{Ed} / (N_{Rk} \cdot \chi_z / \gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{yEd} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{zEd} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1 = 0,40$$

Obrys : 1,18 m Am/V = 151,13 1/m

0,80 m Ap/V = 102,46 1/m

$$\mu_{0,c} = N_{Ed} / N_{Rd} = 0,26 \quad \Theta_{cr} = 39,19 \cdot \ln(1 / (0,9674 \cdot \mu_0^{3,833} - 1)) + 482$$

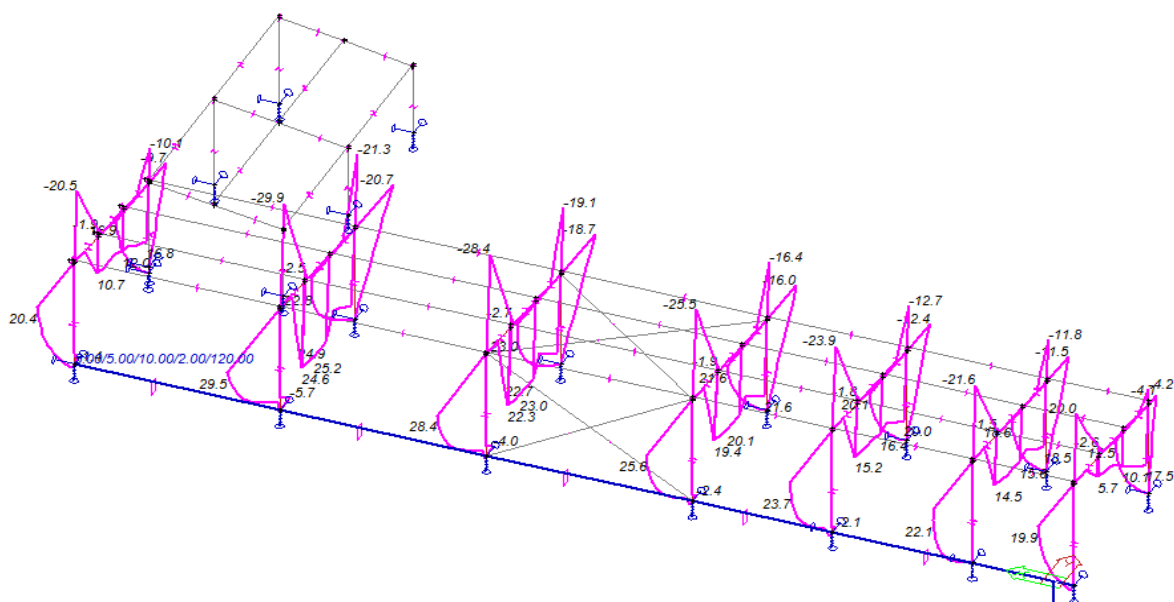
$$\Theta_{cr} = 686 \text{ °}$$

$$t_{fi,d} = 0,54 \cdot (\Theta_{cr} - 50) \cdot (A_m / V)^{-0,6} = 17 \text{ min}$$

Kritická tepnota oceli θ_{ser}	Stupeň využití průřezu μ_0	Požární odolnost R [min]							
		Součinitel průřezu A_m/V [m ³]							
		50	75	100	125	150	200	300	450
500 °C	0,78	20	16	14	12	11	9	8	6
560 °C	0,58	24	18	15	14	12	11	9	7
620 °C	0,40	27	21	18	16	14	12	11	9
680 °C	0,27	30	24	21	18	17	15	13	12
720 °C	0,21	32	26	23	21	19	18	16	15
740 °C	0,18	34	28	24	22	21	19	18	17

interpolace v tabulce

	150	200	151,13
0,4	14	12	13,95
0,27	17	15	16,95
0,26			17,2 min



Vnitřní síly na prutu(ech), Globální extrém

Lineární statický - nebezpečné nebo všechny kombinace

Skupina prutů :1/8,11/13,47/48,52/54,60/62,65,70/72,78/80,128/129,132/134,139/140,143/145

Skupina kombinací na únosnost :1/4

prut	kombi	dx	N	Vy	Vz	Mx	My	Mz
		[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1	3	3800	2,57	0,03	0,33	0	17,51	0,1
7	2	0	-83,93	-1,98	5,01	0	-1,86	2,92
54			-55,74	4,39	-17,93	0,06	19,42	-2,62
62	3		-53,46	-4,23	-12,16	-0,03	-2,7	2,6
70	2		-7,67	0,19	24,52	-0,03	-21,26	-0,19
72		1964,8	-3,7	-0,2	-24,9	0,03	-22,47	-0,01
78		0	-3,44	0,95	11,38	0,12	-10,06	-0,46
80			-1,55	-0,72	-9,09	-0,12	10,7	1,22
6	4	4300	-32,55	-0,13	4,13	0	29,55	-0,13
72		1964,8	-2,37	-0,7	-22,52	0,02	-29,94	-0,58
54	2	1961,3	-55,58	4,39	-19,82	0,06	-17,59	5,98
7	3	4300	-60,46	-2,27	0,77	-0,01	28,41	-5,92

N _{Ed} =	-83930 N	M _{yEd} =	2,99E+07 Nmm
		M _{zEd} =	5,98E+06 N
		V _{zEd} =	2,45E+04 N
Průřez:	HEB200	MxEd= TEd	0 Nmm
	200 tp =	15 mm	tw = 9 mm
	h=H-tp	185 mm	b=B-tw = 200 mm
A=	7808 mm ²	Aw=	1390 mm ²
I _y =	56960000 mm ⁴	I _z =	20030000 mm ⁴
I _y =	85,41 mm	I _z =	50,65 mm
W _{y,el} =	569600 mm ³	W _{z,el} =	200300 mm ³
W _{y,pl} =	642000 mm ³	W _{z,pl} =	306000 mm ³
Materiál:	S 235		
f _y =	235 Mpa	γ _M =	1,1

Vzpěrné délky:

$$L_m = 38 \cdot i_{z_l} / \sqrt{1/57,4 \cdot (N_{Ed}/A) + 1/(756 \cdot C_1^2) \cdot (W_{pl,y}^2 / (A \cdot I_T)) \cdot (f_y/235)^2} = 2930,336804 \text{ mm}$$

Návrhové únosnosti průřezu:

$N_{Rk} =$	1747504,8	N	$M_{y,Rk} =$	1,437E+08	Nmm	$M_{z,Rk} =$	6,85E+07	Nmm
$V_{pl,Rd} =$	179616,19	N						
$\rho = (2 \cdot V_{ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 =$				0,000	< 1			
$M_{y,V,Rd} = (W_{y,pl} \cdot \rho \cdot A_w^{2/4} / t_w) \cdot f_y / \gamma_{Mo} =$				1,437E+08	Nmm			
$M_{y,N,Rd} = M_{y,pl,Rd} \cdot (1 - (N_{Ed} / N_{pl,Rd})^2) =$				1,437E+08	Nmm			

Posouzení:

$$(N_{\text{Ed}}/N_{\text{Rd}})+(M_{\text{yEd}}/M_{\text{y,Rd}})+(M_{\text{zEd}}/M_{\text{z,Rd}})<1 \quad = \quad 0,344$$

Smyk a kroucení:

$T_{t,Ed} = M_{x,Ed}/(I_t/t_w) =$	0,0 MPa	pro I profil
$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{(1-T_{t,Ed}/(1,25*(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}))} * V_{pl,Rd} =$	179616,2 N	
$\Omega = 2*(H-t_p)*(B-t_w) =$	74000 mm ²	pro uzavřené profily
$T_{t,Ed} = M_{x,Ed}/(\Omega*t_w) =$	0	
$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{(1-T_{t,Ed}/(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0})} * V_{pl,Rd} =$	179616,2 N	
$V_{Ed}/V_{pl,Rd} < 1$	0,137	

Vzpěr:

$\lambda'y=$	0,872818	$\alpha1=$	0,49	$\Phi=$	1,045746112	$\chi_y=$	0,617
$\lambda'z=$	0,525648	$\alpha1=$	0,49	$\Phi=$	0,717936624	$\chi_z=$	0,829

$C_{my} =$	0,9	$C_{mz} =$	0,9	$C_{mLT} =$	0,9	
$k_{yy} = C_{my} * (1 + (\lambda'_{y-0,2}) * (N_{Ed}/N_{Rk} * \chi_y/\gamma_{M1})) <= C_{my} * (1 + 0,8 * (N_{Ed}/N_{Rk} * \chi_y/\gamma_{M1})) =$						0,9495
$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} =$						0,5548
$k_{zy} = (1 - 0,1 * \lambda'_{z}/(C_{mLT} - 0,25) * N_{Ed}/(N_{Rk} * \chi_z/\gamma_{M1})) >= (1 - 0,1/(C_{mLT} - 0,25) * N_{Ed}/(N_{Rk} * \chi_z/\gamma_{M1}))$						0,9951
$\text{pro } \lambda'_{z} < 0,4; k_{zy} = 0,6 + \lambda'_{z} <= (1 - 0,1 * \lambda'_{z}/(C_{mLT} - 0,25) * N_{Ed}/(N_{Rk} * \chi_z/\gamma_{M1})) =$						0,9951
$k_{zz} = C_{mz} * (1 + (2 * \lambda'_{z-0,6}) * N_{Ed}/(N_{Rk} * \chi_z/\gamma_{M1})) <= C_{mz} * (1 + 0,8 * N_{Ed}/(N_{Rk} * \chi_z/\gamma_{M1})) =$						0,9247

Klopení ČSN EN 1993-1-1 čl. 6.3.2.4:

$$L_c = 3800 \text{ mm} \quad k_c = 0,86 \quad M_{c,Rd} = W_y * f_y / \gamma_{M1} = 1,27E+08 \text{ Nmm}$$

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{E / f_y} = 93,9$$

$$\lambda'_{f1} = k_c * L_c / (i_{f,z} * \lambda_1) = 0,67 \quad \alpha_1 = 0,34 \quad \Phi = 0,767290183 \quad \chi_{LT} = 0,871$$

$$N_{Ed} / (N_{Rk} * \chi_y / \gamma_{M1}) + k_{yy} * M_{yEd} / (\chi_{LT} * M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} * M_{zEd} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1 = 0,37$$

$$N_{Ed} / (N_{Rk} * \chi_z / \gamma_{M1}) + k_{zy} * M_{yEd} / (\chi_{LT} * M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} * M_{zEd} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) < 1 = 0,40$$

Obrys : 1,18 m Am/V = 151,13 1/m
 0,80 m Ap/V = 102,46 1/m

$$\mu_{0,c} = N_{Ed} / N_{Rd} = 0,26 \quad \Theta_{cr} = 39,19 * \ln(1 / (0,9674 * \mu_0^{3,833} - 1)) + 482$$

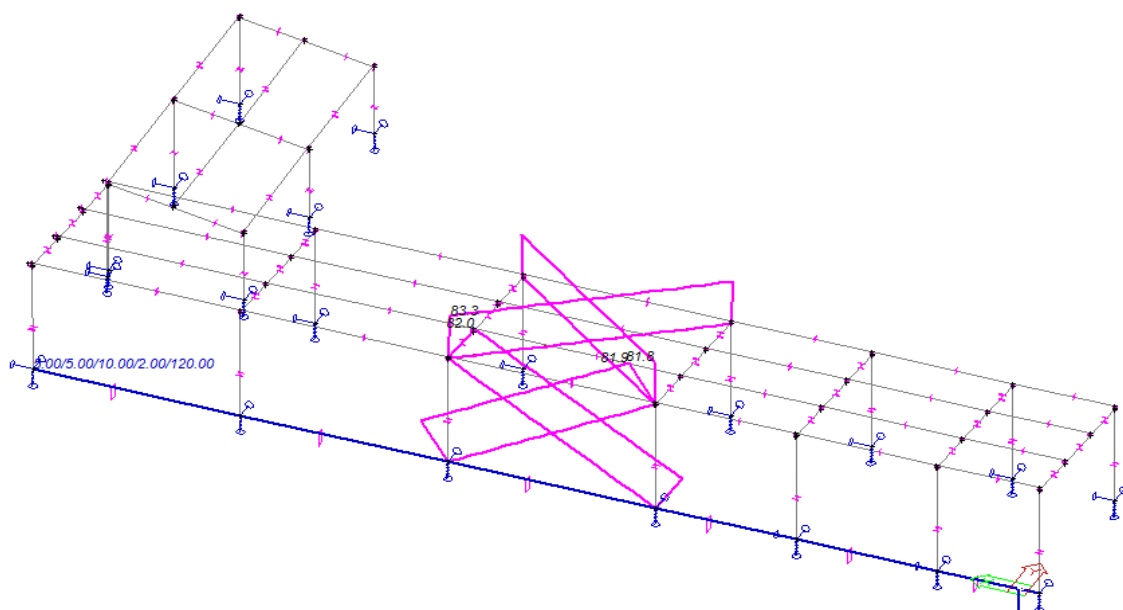
$$\Theta_{cr} = 687 \text{ °}$$

$$t_{fi,d} = 0,54 * (\Theta_{cr} - 50) * (A_m / V)^{-0,6} = 17 \text{ min}$$

Kritická teplota oceli θ_{ser}	Stupeň využití průřezu μ_0	Požární odolnost R [min]							
		Součinitel průřezu $A_m / V [\text{m}^3]$							
		50	75	100	125	150	200	300	450
500 °C	0,78	20	16	14	12	11	9	8	6
560 °C	0,58	24	18	15	14	12	11	9	7
620 °C	0,40	27	21	18	16	14	12	11	9
680 °C	0,27	30	24	21	18	17	15	13	12
720 °C	0,21	32	26	23	21	19	18	16	15
740 °C	0,18	34	28	24	22	21	19	18	17

interpolace v tabulce

	150	200	151,13
0,27	17	15	16,95
0,21	19	18	18,98
0,26			17,3 min



Předpjetí táhel

Únosnost šroubu podle ČSN EN 1993-1-8

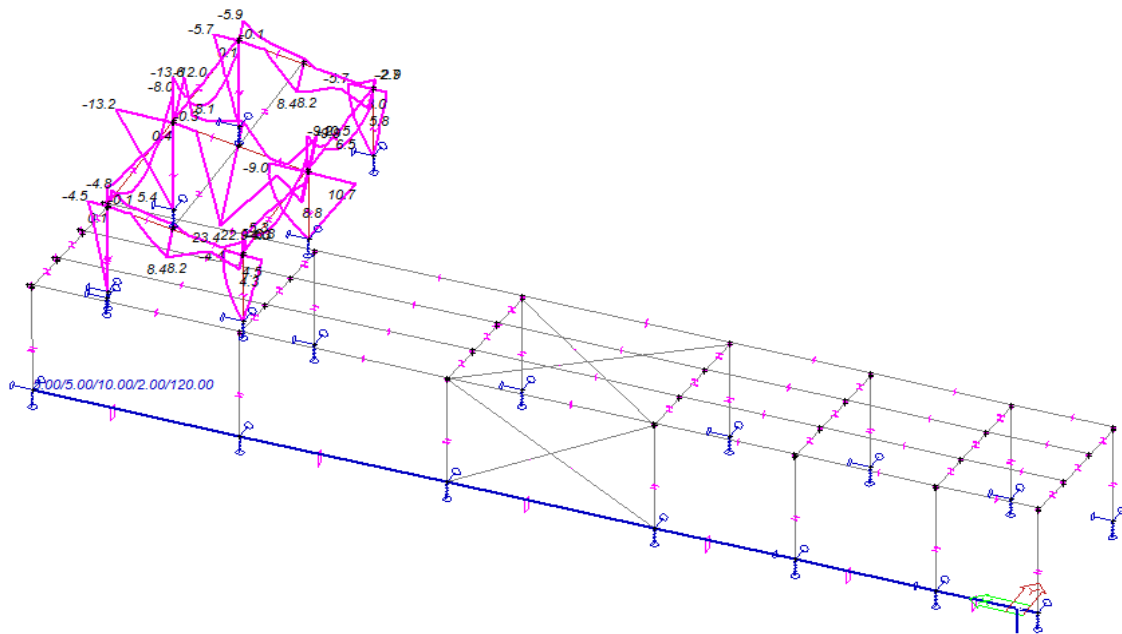
ŠR M20	jakost 5,8			
e1=	35 mm	d=	20 mm	průměr šroubu průměr otvoru
e2=	40 mm	d ₀ =	22 mm	
p1=	70 mm	p2=	150 mm	
f _u =	500 MPa	t=	10 mm	
f _{ub} =	500,0 MPa	f _{yb} =	400 MPa	
A=	314,16 mm ²			
A _s =	245 mm ²	γ _{M2} =	1,25	
F _{V,Rd} =	88,2 kN	smyk - závit prochází přes smykovou spáru		
F _{b,Rd} =	106,1 kN	otlačení		
F _{t,Rd} =	88,2 kN	tah		

f_u - pevnost základního základní materiálu (pro S235 f_u=360 MPa , S355 f_u=510 MPa)

Předepnutí se předpokládá utahováním napínací matice , tak aby průhyb táhla φ20 byl cca 5 mm.

$$L = 9125 \text{ mm} \quad q = \pi() \cdot 0,020^2 / 4 \cdot 78,5 = 0,024662 \text{ kN/m}$$

$$N = M/f = 0,125 \cdot q \cdot L^2 / 0,004 = 73,3 \text{ kN} < 83,3 \text{ kN}$$



Vnitřní síly na prutu(ech), Globální extrém

Lineární statický - nebezpečné nebo všechny kombinace

Skupina prutů :91/92,95/114

Skupina kombinací na únosnost :1/4

prut	kombi	dx	N	Vy	Vz	Mx	My	Mz
		[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
103	3	2794	7,43	1,8	1,31	0	-8,68	5,03
108	2	0	-40,69	1,23	-3,66	0	0	0
97		2794	-12,75	1,84	1,59	0	4,45	5,14
101		0	-1,44	-1,32	8,26	-4,62	-0,1	-0,91
104			-9,02	0,23	29,01	-4,93	-10,54	-0,87
106		2209,7	-0,83	-0,51	-17,29	0,06	-13,59	-0,61
100		0	-0,4	0,01	-5,12	0,11	8,19	-0,1
98			-3,75	-0,88	12,28	-5,21	-4,28	-0,92
105		2379,8	-6,16	-0,41	13,2	-0,01	23,43	-0,43
107	3	0	0	0,39	-1,58	-3,83	0,05	-1,33

Zatížení (návrhové):

$$N_{Ed} = -40690 \text{ N}$$

$M_{yEd} = 2,3430E+07 \text{ Nmm}$

$$M_{zEd} = 9,20E+05 \text{ N}$$
 $V_{zEd} = 2,90E+04 \text{ N}$
$$M_{xEd} = T_{Ed} = 1,00E+04 \text{ Nmm}$$

Průřez: HEB180

	180 tp =	14 mm	tw =	8,5 mm	
	h=H-tp	166 mm	b=B-tw =	180 mm	
A=	6525 mm2	Aw=	1530 mm2	Iw=	4,79E+10 mm6
Iy=	38310000 mm4	Iz=	13630000 mm4	Ix(It)=	314000 mm4
iy=	76,62 mm	iz=	45,70	if,z =	47,6 mm
Wy,el=	425667 mm3	Wz,el=	151444,4 mm3		
Wy,pl=	482000 mm3	Wz,pl=	232000 mm3		

Materiál: S 235

f_y= 235 Mpa γ_M= 1,1

Vzpěrné délky:

l_x= 2500 mm l_y= 5000 mm l_z= 2500 mm

L_m = 38*i_z/√(1/57,4*(N_{Ed}/A)+1/(756*C₁²)*(W_{pl,y}²/(A*I_T))*(f_y/235)²) 3415,078657 mm

Návrhové únosnosti průřezu:

N_{Rk}= 1460357,1 N M_{y,Rk}= 1,08E+08 Nmm M_{z,Rk}= 5,19E+07 Nmm

V_{pl,Rd} = 197707,03 N

ρ = (2*V_{ed}/V_{pl,Rd} - 1)² = 0,000 < 1

M_{y,V,Rd} = (W_{y,pl} - ρ*A_w²/4/t_w)*f_y/γ_{M0} = 1,08E+08 Nmm

M_{y,N,Rd} = M_{y,pl,Rd}*(1-(N_{Ed}/N_{pl,Rd})²) = 1,08E+08 Nmm

Posouzení:

(N_{Ed}/N_{Rd})+(M_{y,Ed}/M_{y,V,Rd})+(M_{z,Ed}/M_{z,Rd})<1 = 0,263

Smyk a kroucení:

T_{t,Ed} = M_{x,Ed}/(I_t/t_w) = 0,3 MPa pro I profil

V_{pl,T,Rd} = √(1-T_{t,Ed}/(1,25*(f_y/√3)/γ_{M0}))*V_{pl,Rd} = 197611,4 N

Ω = 2*(H-t_p)*(B-t_w) = 59760 mm² pro uzavřené profily

T_{t,Ed} = M_{x,Ed}/(Ω*t_w) = 0,019687

V_{pl,T,Rd} = √(1-T_{t,Ed}/(f_y/√3)/γ_{M0}))*V_{pl,Rd} = 197698,3 N

V_{Ed}/V_{pl,Rd}<1 0,147

Vzpěr:

λ_y= 0,694926 α₁= 0,49 Φ= 0,862717993 χ_y= 0,728

λ_z= 0,582528 α₁= 0,49 Φ= 0,76338873 χ_z= 0,796

C_{my} = 0,9 C_{mz} = 0,9 C_{mLT} = 0,9

k_{yy} = C_{my}*(1+(λ_y-0,2)*(N_{Ed}/N_{Rk}*χ_y/γ_{M1}))<= C_{my}*(1+0,8*(N_{Ed}/N_{Rk}*χ_y/γ_{M1})) = 0,9179

k_{yz} = 0,6*k_{zz} = 0,5512

k_{zy} = (1-0,1*λ_z/(C_{mLT}-0,25)*N_{Ed}/(N_{Rk}*χ_z/γ_{M1}))>= (1-0,1/(C_{mLT}-0,25)*N_{Ed}/(N_{Rk}*χ_z/γ_{M1})) 0,9967

pro λ_z<0,4; k_{zy} = 0,6+ λ_z <= (1-0,1*λ_z/(C_{mLT}-0,25)*N_{Ed}/(N_{Rk}*χ_z/γ_{M1})) = 0,9967

k_{zz} = C_{mz}*(1+(2*λ_z-0,6)*N_{Ed}/(N_{Rk}*χ_z/γ_{M1}))<= C_{mz}*(1+0,8*N_{Ed}/(N_{Rk}*χ_z/γ_{M1})) = 0,9187

Klopení ČSN EN 1993-1-1 čl. 6.3.2.4:

L_c= 4200 mm k_c= 0,86 M_{c,Rd} = W_y*f_y/γ_{M1} = 9,53E+07 Nmm

λ₁ = π*√(E/f_y)= 93,9

λ_f = k_c*L_c/(i_{f,z}*λ₁) = 0,81 α₁= 0,34 Φ= 0,895756847 χ_{LT}= 0,780

N_{Ed}/(N_{Rk}*χ_y/γ_{M1})+k_{yy}*M_{y,Ed}/(χ_{LT}*M_{y,Rk}/γ_{M1})+k_{yz}*M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/γ_{M1})< 1 = 0,32

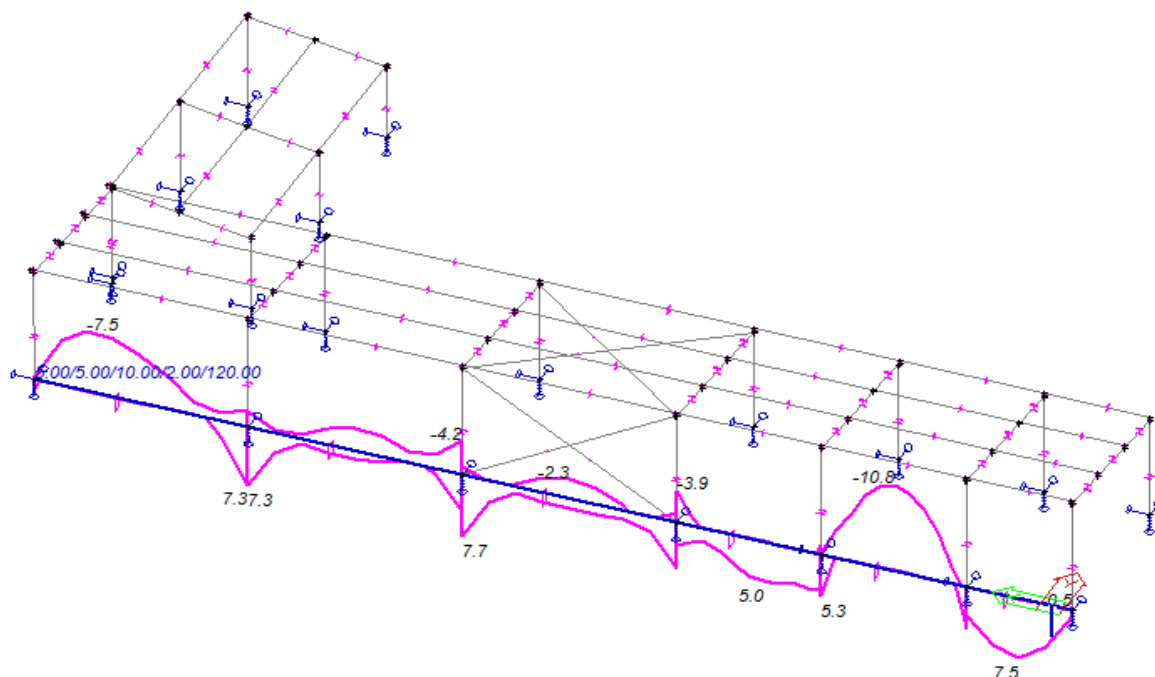
N_{Ed}/(N_{Rk}*χ_z/γ_{M1})+k_{zy}*M_{y,Ed}/(χ_{LT}*M_{y,Rk}/γ_{M1})+k_{zz}*M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/γ_{M1})< 1 = 0,35

Obrys : 1,15 m Am/V = 176,25 1/m
 0,80 m Ap/V = 122,61 1/m
 $\mu_{0,c} = N_{Ed}/N_{Rd} = 0,22$ $\Theta_{cr} = 39,19 \cdot \ln(1/(0,9674 \cdot \mu_0^{3,833}) - 1) + 482$
 $\Theta_{cr} = 708^\circ$
 $t_{fi,d} = 0,54 \cdot (\Theta_{cr} - 50) \cdot (A_m/V)^{-0,6} = 16 \text{ min}$

Kritická tep. lo. oceli $\theta_{a,cr}$	Stupeň využití průřezu μ_0	Požární odolnost R [min]							
		Součinitel průřezu A_m/V [m ²]							
		50	75	100	125	150	200	300	450
500 °C	0,78	20	16	14	12	11	9	8	6
560 °C	0,58	24	18	15	14	12	11	9	7
620 °C	0,40	27	21	18	16	14	12	11	9
680 °C	0,27	30	24	21	18	17	15	13	12
720 °C	0,21	32	26	23	21	19	18	16	15
740 °C	0,18	34	28	24	22	21	19	18	17

interpolace v tabulce

	150	200	176,25
0,27	17	15	15,95
0,21	19	18	18,48
0,22			18,1 min



Vnitřní síly na prutu(ech), Globální extrém

Lineární statický - nebezpečné nebo všechny kombinace

Skupina prutů :123/128

Skupina kombinací na únosnost :1/4

prut	kombi	dx	N	Vy	Vz	Mx	My	Mz
		[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
126	3	0	15,22	4,21	-1,45	2,17	1,91	-9,31
125			-57,35	-4,32	-5,64	1,24	6,53	8,8
	1		-57,32	-4,32	1,82	0,1	-0,98	8,81
127	4	4750,6	7,95	-0,62	15,04	0,85	5,17	-1,23
	3	0	8,28	-1,01	-15,77	1,54	5,33	2,18
123			10,84	1,23	-9,04	-3,5	1,11	-2,71
125	4		-57,35	-4,32	-6,82	0,76	7,74	8,8
127	3	2375,3	8,08	-0,66	-0,11	1,54	-10,82	0,15
125	2	0	-57,34	-4,32	-4,13	0,07	5,04	8,81

Posouzení podle ČSN EN 1992-1-1

BETON	Třída betonu		C25/30	
	f_{ck}	=	25,00	[MPa]
	γ_c	=	1,5	
	f_{cd}	=	16,67	[MPa]
	f_{ctm}	=	2,60	[MPa]

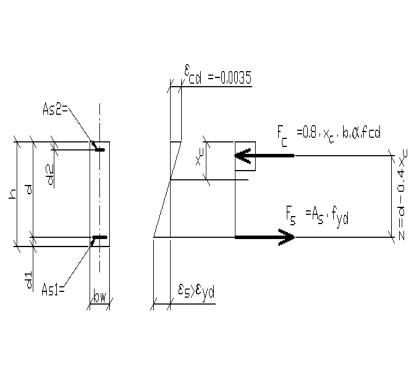
$f_{ctk\ 0,05}$	=	1,80	[MPa]
$f_{ctk\ 0,95}$	=	3,30	[MPa]
E_{cm}	=	30500,00	[MPa]
ϵ_{cd}	=	-0,00350	

Namáhání ve směru y

VÝZTUŽ	B500B	R	
f_y	=	500	[MPa]
	$\gamma_M =$	1,15	
f_{yd}	=	435	[MPa]
ϵ_{yd}	=	0,00207	
$d1 = \text{krytí} + \Phi/2 =$	=	56	mm
výztuž dolní Φ	12	2	ks
A_{s1}	=	226,19	mm ²
$d2 = \text{krytí} + \Phi/2 =$	=	56	mm
výztuž horní Φ	12	2	ks
A_{s2}	=	226,19	mm ²

PRŮŘEZ

b	=	300 mm
h	=	500 mm



Dolní moment:

$$\begin{aligned} \beta &= 0,8 & \alpha &= 0,85 \\ x_c &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (\beta \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd}) = 28,93 \text{ mm} \\ z &= d - 0,4 \cdot x_c = 432,43 \text{ mm} \\ x_c/d &= 0,065 < 0,45 \text{ vyhovuje} \end{aligned}$$

$$M_{Rd,y} = A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z = 42,53 \text{ kNm}$$

Horní moment:

$$\begin{aligned} \beta &= 0,8 & \alpha &= 0,85 \\ x_c &= A_{s2} \cdot f_{yd} / (\beta \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd}) = 28,93 \text{ mm} \\ z &= d - 0,4 \cdot x_c = 432,43 \text{ mm} \\ x_c/d &= 0,065 < 0,45 \text{ vyhovuje} \end{aligned}$$

$$M_{Rd,y} = A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z = 42,53 \quad \text{kNm}$$

e

Namáhání ve směru z

Výztuž pro M_z (symetrická)

$$\begin{aligned} d_1 &= \text{krytí} + \Phi / 2 = 58 \quad \text{mm} \\ \text{výztuž dolní } \Phi &= 12 \quad \text{ks} \\ A_{s1} &= 226,19 \quad \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Dolní moment:

$$\begin{aligned} \beta &= 0,8 \quad \alpha = 0,85 \\ x_c &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (\beta \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd}) = 17,36 \quad \text{mm} \\ z &= d - 0,4 \cdot x_c = 235,06 \quad \text{mm} \\ x_c / d &= 0,072 < 0,45 \text{ vyhovuje} \end{aligned}$$

$$M_{Rd,z} = A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z = 23,12 \quad \text{kNm}$$

$$M_{Rd,y,\text{dolní}} = 42,53 \quad \text{kNm}$$

$$M_{Rd,y,\text{horní}} = 42,53 \quad \text{kNm}$$

$$M_{Rd,z} = 23,12 \quad \text{kNm}$$

N	My	Mz	$\frac{M_{Ed,y,\text{horní}}}{M_{Rd,y,\text{horní}}} + \frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}$	$\frac{M_{Ed,y,\text{dolní}}}{M_{Rd,y,\text{dolní}}} + \frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}$
[kN]	[kNm]	[kNm]	[<1]	[<1]
15,22	6,53	8,8	-	0,57
-57,35	-0,98	8,81	0,32	-
-57,32	5,17	-1,23	-	0,16
7,95	5,33	2,18	-	0,22
-57,35	7,74	8,8	-	0,48
8,08	-10,82	0,15	0,26	-
-57,34	5,04	8,81	-	0,41
15,22				

Posouzení smyku

$$b_w = 300 \quad \text{mm}$$

$$d = 500 \quad \text{mm}$$

Dolní výztuž u podpory 2ΦR12

$$A_{s1} = 226,2 \quad \text{mm}^2$$

$$N_{Ed} = 0 \quad \text{N}$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0$$

Prvky nevyžadující návrh smykové výztuže

$$\begin{aligned}
 C_{Rd,c} &= 0,18/\gamma_c = 0,12 \\
 k_1 &= 0,15 \\
 \rho_1 &= A_{sl}/(b_w \cdot d) = 0,001508 < 0,02 \\
 k &= 1 + \sqrt{200/d} = 1,632456 < 2,0 \\
 v_{min} &= 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,365006 \\
 V_{Rd,c} &= (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 45732,43 \text{ N} \\
 V_{Rd,c} &= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 54750,91 \text{ N} \\
 V_{Rd} &= \max(V_{Rd,c}; V_{Rd,min}) = 54,75 \text{ kN} \\
 \alpha &= 90,00 \quad \Theta = 30,00
 \end{aligned}$$

Třmínky	B500B	$f_{ywd} =$	347,8	Mpa	
		krytí =	50	mm	
	2	ϕ	8	po s =	300,00 mm
		$A_{sw} =$	100,53	mm ²	
		$\rho_w = A_{sw}/(b_w \cdot s) =$	0,00112	$\geq \rho_{w,min} = (0,08 \cdot v(f_{ck})/f_{yk}) =$	0,000032
		$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) =$	0,54000		
		$\rho_w \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}/f_{ywd} =$	0,01035		
$v_1 =$	0,60	$\alpha_{cw} =$	1,00		
$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta / s =$			87300,6	N	
$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \Theta + \tan \Theta) =$			561743,0	N	
$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) =$			87,30	kN	

Kroucení obdélníkového průřezu:

Šířka průřezu b =	300 mm	
Výška průřezu h =	500 mm	
Obvod průřezu u =	1600 mm	
Plocha průřezu A =	150000 mm ²	
Fiktivní tloušťka t = A/u	93,75 mm	
Plocha ohraničená střednicí Ak =	83789,06 mm ²	
Obvod plochy (Ak) uk =	1225 mm	
beton $f_{ck} =$	25 N/mm ²	
$v = 0,7 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \geq 0,35$	0,4025	
$\theta =$	39	
s =	300 mm	
Průměr průřezu třmínku dw =	8 mm	
$A_{sw} =$	50,3 mm ²	
$f_{ywd} =$	426 MPa	
$f_{yld} =$	426 MPa	
$f_{cd} =$	17 MPa	
$T_{Rd1} = 2 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot t \cdot A_k / (\cot \theta + \tan \theta) =$	52 kNm	únosnost betonu
$T_{Rd2} = 2 \cdot A_k \cdot f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot \cot \theta =$	14,8 kNm	únosnost oceli
$A_{sl} = T_{Rd2} \cdot u_k \cdot 2 / A_k \cdot \cot \theta =$	313,0014 mm ²	

Konec výpočtu