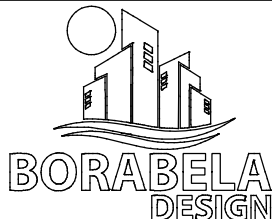


VYPRACOVAL	ZODP. PROJEKTANT			
Ing. Lukáš Loudil	Ing. Lukáš Loudil			
INVESTOR: VKM Solutions, SE; Koněvova 2660/141, 130 00 Praha 3 MÍSTO STAVBY: Václavkova 1613, Hradec Králové				
NÁZEV PROJEKTU: <b>Konstrukce přesazené provětrávané fasády SCANROC</b>		DATUM	10/2018	Číslo paré:
		STUPEŇ	DPS	
STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ		MĚŘÍTKO	Č. VÝKRESU	
		-	D.1.2	

## 1. Úvod

Předmětem tohoto výpočtu je statické posouzení konstrukce předsazené provětrávané fasády s obchodním označením Scanroc. Fasádní systém má být aplikován při rekonstrukci fasády bytového domu čp. 1613 ul. Václavkova, Hradec Králové. Dům je realizován jednotné v panelové soustavě. Zateplovací systém bude kotven do třech typů sendvičových betonových panelů. Tloušťka panelů je 150, 250 a 350 mm. Skládají se vždy z vrchní vrstvy železobetonu tloušťky 50 mm a následně různých tloušťek zateplení nebo pórobetonu a vnitřní vrstvy betonu. Výpočet je platný pouze pro tuto akci.

Konstrukce je navržena jako soustava vzájemně spojených vertikálních a horizontálních ocelových profilů. Na vertikálním profilu jsou navěšeny betonové obkladové prvky fasády. Jeden metr čtvereční betonového obkladu má hmotnost 48kg. Betonové prvky jsou ve vzdálenosti maximálně 230mm od podkladní konstrukce. Soustava profilů je připojena k podkladní konstrukci pomocí ocelových kotev z plechu tl.2,0mm. Vyložení kotev je maximálně 192mm. Podkladní konstrukcí jsou stávající železobetonové panely. U kotvení konzolou K1-3 je kotvení navrženo do vnější vrstvy železobetonu šrouby TI-T16-6,3x45. U kotev K1-2 je horní šroub MDC 7,5x265 BULK kotven do vnitřní nosné železobetonové vrstvy. Spodní šroub postačí jen do vnější vrstvy TI-T16-6,3x45. Kotvy K1-1 jsou kotveny kombinací šroubů, kdy horní šroub TI-T16-6,3x45 je kotven do vnější vrstvy a dva další šrouby LBS-T16-8,0x160 jsou kotveny do vrstvy pórobetonu. Uvažovaná minimální kotvení hloubka prvků SFS Intec MDC je 35 mm a pro prvky TI 30 mm, předvrtání do železobetonu vrtákem průměru 5 mm pro prvky TI a vrtákem průměru 6,0 mm pro prvky MDC. Spoj vertikálního a horizontálního profilu je řešen samořezným šroubem 4,8x13 mm. Přípoj horizontálního profilu ke konzole je pomocí samořezného šroubu 6,3x19 mm.

Maximální osová vzdálenost vertikálních profilů je 300 mm. Maximální osová vzdálenost horizontálních profilů je 600 mm. Maximální vodorovná vzdálenost kotev je 900 mm.

## 2. Podklady

- MONTÁŽNÍ SCHÉMA na objekt BD čp. 1613 ul. Václavkova, Hradec Králové; Scanroc; 09/2018
- Technical Informations of Elements; Scanroc; 2017
- Architektonicko-stavební část dokumentace SO 101 čp. 1613 ul. Václavkova, Hradec Králové; Stavební bytové družstvo Hradec Králové, V Lipkách 894, 500 02 Hradec Králové
- Protokol o provedení výtažných zkoušek kotevního SFS Intec MDC – 7,5x265 (225) -BULK; č.06/18; Ing. Jaroslav Štok; 8.10.2018
- Protokol o provedení výtažných zkoušek kotevního SFS Intec TI 6,3 x 45 a LBS T16-8,0x160; č.07/18; Ing. Jaroslav Štok; 18.10.2018
- ETA 16/0589 ze dne 20/06/2017; Evropské technické posouzení Scanroc

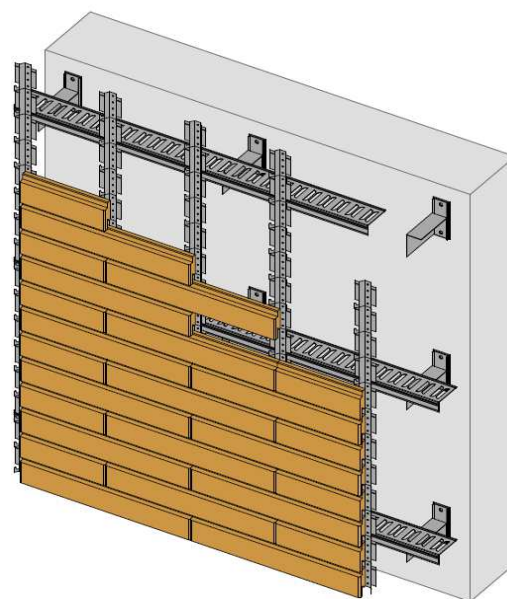
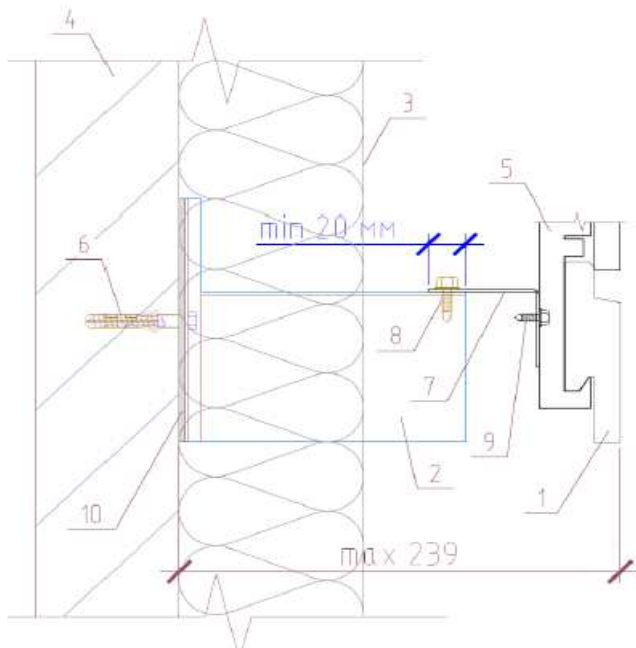
## 3. Normy

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – Objemová tíha, vlastní tíha a užitná zatížení
- ČSN EN 1991-1-4: Zatížení konstrukcí – Zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-3: Navrhování ocelových konstrukcí – Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky
- ČSN EN 1993-1-5: Navrhování ocelových konstrukcí – Boulení stěn
- ČSN EN 1993-1-8: Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčníků

#### 4. Schéma konstrukce

Vysvětlivky:

- 1) Obkladový prvek: **SCANROC**
- 2) Podpěra rámu: **Console K - 1**
- 3) Izolant: dle EN 13162, volitelné použití
- 4) Podklad: zdivo, beton, dřevěné nebo kovové rámové konstrukce
- 5) Vertikální profil rámu: **Profile C - 1**
- 6) Ukotvení do podkladu: pomocný materiál
- 7) Horizontální profil rámu: **Profile R - 3**
- 8) Upevňovací prostředek rámu: Samovrtný šroub ISO 15480 – ST6.3 × 19
- 9) Upevňovací prostředek rámu: Samovrtný šroub EN ISO 15480 4.8 × 13
- 10) Izolační podložka: příslušenství, volitelné použití



#### 5. Výpočet zatížení

##### 5.1. Stálé zatížení

Betonový obkladový prvek SCANROC

délka	L=	600 mm
výška	h=	100 mm
hmotnost	g=	2875 g

Zatížení	$f_{g,k}$ =	0,48 kN/m <sup>2</sup>
----------	-------------	------------------------

Tepelná izolace

tloušťka	t=	160 mm
obj. hmotnost	$\rho$ =	40 kg/m <sup>3</sup>

Zatížení	$f_{g,k}$ =	0,06 kN/m <sup>2</sup>
----------	-------------	------------------------

Podpěra rámu - Console K-1 (konzoly K1-2 a K1-3 jsou lehčí)

hmotnost	g=	550 g
zatížení	$f_{g,k}$ =	0,01 kN
vertikální rozteč	$s_v$ =	600 mm
horizontální rozteč	$s_h$ =	900 mm
plošné zatížení	$f_{g,k}$ =	0,01 kN/m <sup>2</sup>

Vertikální profil - Profile C-1

hmotnost	g=	0,48 kg/m
zatížení	$f_{g,k}$ =	0,005 kN/m
rozteč profilů	s=	300 mm
plošné zatížení	$f_{g,k}$ =	0,02 kN/m <sup>2</sup>

#### Horizontální profil rámu - Profile R-1

hmotnost	$g =$	1,1 kg/m
zatížení	$f_{g,k} =$	0,01 kN/m
rozteč profilů	$s =$	600 mm
plošné zatížení	$f_{g,k} =$	0,02 kN/m <sup>2</sup>

#### Spojovací materiál

Odhad	$f_{g,k} =$	0,01 kN/m <sup>2</sup>
-------	-------------	------------------------

<b>Celkem stálé</b>	<b><math>g_k =</math></b>	<b>0,60 kN/m<sup>2</sup></b>
---------------------	---------------------------	------------------------------

#### 5.2 Zatížení větrem

##### Větrná oblast

II

Výchozí základní rychlost větru	$v_{b,0} =$	25 m/s
---------------------------------	-------------	--------

Součinitel směru větru	$c_{dir} =$	1,0
------------------------	-------------	-----

Součinitel ročního období	$c_{season} =$	1,0
---------------------------	----------------	-----

##### Základní rychlost větru

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

$v_b =$	25 m/s
---------	--------

Výška nad terénem	$z =$	17,6 m
-------------------	-------	--------

##### Kategorie terénu

III

Paramter drsnosti terénu	$z_0 =$	0,3 m
--------------------------	---------	-------

Minimální výška	$z_{min} =$	5 m
-----------------	-------------	-----

##### Součinitel terénu

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

$k_r =$	0,215
---------	-------

##### Součinitel drsnosti

$$c_r = k_r * \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)$$

$c_r =$	0,88
---------	------

Součinitel trubulence	$k_t =$	1,0
-----------------------	---------	-----

Součinitel orografie	$c_0 =$	1,0
----------------------	---------	-----

##### Intenzita turbulence

$$I_v = \frac{k_t}{c_0 * \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)}$$

$I_v =$	0,246
---------	-------

##### Střední rychlost větru

$$v_m = c_r * c_0 * v_b$$

$v_m =$	21,93 m/s
---------	-----------

Měrná hmotnost vzduchu	$\rho =$	1,25 kg/m <sup>3</sup>
------------------------	----------	------------------------

##### Maximální dynamický tlak

$$q_p = (1 + 7 * I_v) * \frac{1}{2} \rho * v_m^2$$

$q_p =$	817,0 Pa
---------	----------

$q_p =$	0,82 kN/m <sup>2</sup>
---------	------------------------

##### Tlak větru na povrchy

$$w_e = q_p * c_{pe}$$

Součinitele vnějšího tlaku  $c_{pe}$

#### Svislé stěny

##### Směr větru - x

Výška budovy  $h = 17,6$  m

Rozměr kolmý na směr větru  $b = 18,6$  m

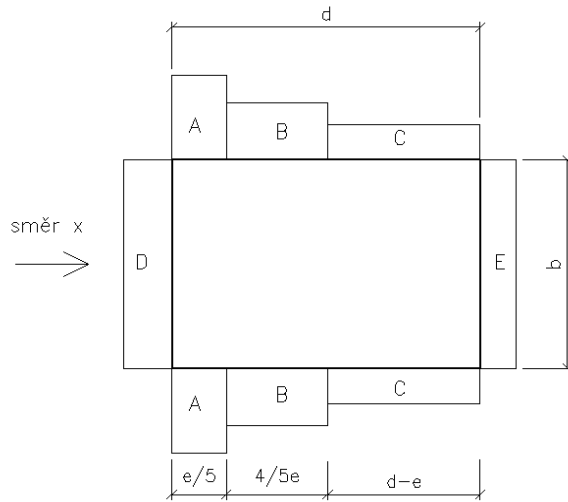
Rozměr rovnoběžný se směrem větru  $d = 24,5$  m

Hodnota  $e$

$$e = \min(b; 2 * h)$$

$e = 18,6$  m

$h/d = 0,72$



$e/5 = 3,7$  m

$4/5e = 14,9$  m

$d-e = 5,9$  m

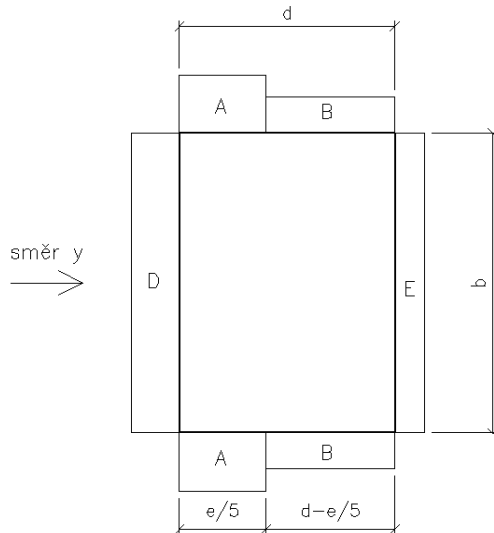
Oblast	-	A	B	C	D	E
plocha	m <sup>2</sup>	65,5	261,9	103,8	327,4	327,4
$c_{pe}$	-	-1,20	-0,80	-0,50	0,80	-0,70
$w_e$	kN/m <sup>2</sup>	-0,98	-0,65	-0,41	0,65	-0,57

### Směr větru - y

Výška budovy	h=	17,6 m
Rozměr kolmý na směr větru	b=	24,5 m
Rozměr rovnoběžný se směrem větru	d=	18,6 m
Hodnota e		

$$e = \min(b; 2 * h)$$

e=	24,5 m
h/d=	0,95



e/5=	4,9 m
d-e/5	13,7 m

Oblast	-	A	B	D	E
plocha	m <sup>2</sup>	86,2	241,1	431,2	431,2
c <sub>pe</sub>	-	-1,20	-0,80	0,80	-0,70
w <sub>e</sub>	kN/m <sup>2</sup>	-0,98	-0,65	0,65	-0,57

### Charakteristická hodnota zatížení větrem

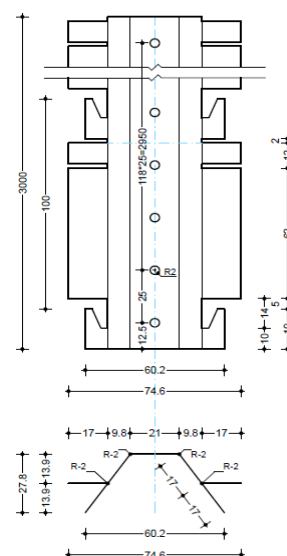
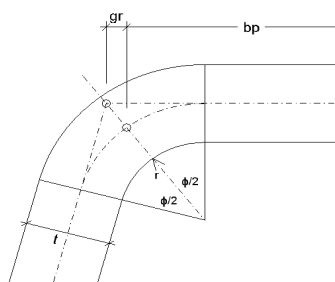
$$w_k = 0,98 \text{ kN/m}^2$$

## 6. Charakteristiky profilů

### 6.1. Vertikální profil C-1

Materiál	Ocel DX51D
f <sub>y</sub> =	210 Mpa
f <sub>u</sub> =	300 MPa
E=	210 Gpa
Geometrie	
b=	21 mm
b <sub>h</sub> =	9,8 mm
h=	13,9 mm
r=	2 mm
t=	0,7 mm
Φ=	125,2 °

### Střednicové rozměry s vlivem zaoblení



$$r_m = r + \frac{t}{2} \quad r_m = 2,4 \text{ mm}$$

$$g_r = r_m \left( \tan\left(\frac{\phi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\phi}{2}\right) \right) \quad g_r = 2,4 \text{ mm}$$

$$b_p = b - 2 * \left( \frac{t}{2} + g_r \right) \quad b_p = 15,4 \text{ mm}$$

$$h_p = h - \left( \frac{t}{2} + g_r \right) \quad h_p = 11,1 \text{ mm}$$

$$b_{h,p} = b_h - \left( \frac{t}{2} + g_r \right) \quad b_{h,p} = 7,0 \text{ mm}$$

Šikmá délka stojiny  $s_w = 13,1 \text{ mm}$

Velikost otvoru v pásnici  $d = 4,0 \text{ mm}$

Boulení a ochabnutí pásnice pásnice

Polovina šířky pásnice  $b_0 = 7,7 \text{ mm}$

Vzdálenost mezi body s nulovým momentem  
(rozteč horizontálních prvků)

$L_e = 600 \text{ mm}$

$\frac{L_e}{50} = 12 > b_0 = 7,7 \text{ mm}$

Smykové ochabnutí lze zanedbat

štíhlost  $\bar{\lambda}_p = \frac{b_p/t}{28,4 \sqrt{\frac{235}{f_y} \sqrt{k_\sigma}}}$

$\psi = 1$   
 $k_\sigma = 4$   
 $\bar{\lambda}_p = 0,37$

Součinitel boulení

pro  $\bar{\lambda}_p \leq 0,673 \quad \rho = 1,0$

pro  $\bar{\lambda}_p > 0,673 \quad \rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2}$

$b_{eff} = \rho b_p$   $\rho = 1,00$   
 $b_{eff} = 15,41 \text{ mm}$

Boulení stojiny při ohybu

štíhlost  $\bar{\lambda}_p = \frac{s_w/t}{28,4 \sqrt{\frac{235}{f_y} \sqrt{k_\sigma}}}$

výška těžiště  $h_t = 8,5 \text{ mm}$

délka tlačené části  $s_{w,c} = 10,0 \text{ mm}$

délka tažené části  $s_{w,t} = 3,1 \text{ mm}$

$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{s_{w,t}}{-s_{w,c}} \quad \psi = -0,31$

$k_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2 \quad k_\sigma = 0,642$

$\bar{\lambda}_p = 0,78$

Součinitel boulení

pro  $\bar{\lambda}_p \leq 0,748 \quad \rho = 1,0$

pro  $\bar{\lambda}_p > 0,748 \quad \rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2}$

$s_{c,eff} = \rho s_c$   $\rho = 0,97$   
 $s_{w,c,eff} = 9,76 \text{ mm}$

Boulení stojiny při tlaku

štíhlost  $\bar{\lambda}_p = \frac{s_w/t}{28,4 \sqrt{\frac{235}{f_y} \sqrt{k_\sigma}}}$

$\psi = 1$   
 $k_\sigma = 0,43$   
 $\bar{\lambda}_p = 0,95$

Součinitel boulení

pro  $\bar{\lambda}_p \leq 0,748$   $\rho = 1,0$

pro  $\bar{\lambda}_p > 0,748$   $\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2}$

$s_{eff} = \rho s$   $\rho = 0,84$   
 $s_{w,eff} = 11,07 \text{ mm}$

Efektivní průřez

$A_{eff} = 23,48 \text{ mm}^2$

Ohyb okolo osy y

A. Pásnice je tlačená - kladný ohybový moment

poloha těžiště od pásnice  $h_t = 3,87 \text{ mm}$   
 $I_{y,eff} = 1283 \text{ mm}^4$   
 $i_y = 7,4 \text{ mm}$   
 $W_{y,eff} = 177 \text{ mm}^3$

B. Pásnice je tažená - záporný ohybový moment

poloha těžiště od pásnice  $h_t = 4,46 \text{ mm}$   
 $I_{y,eff} = 955 \text{ mm}^4$   
 $i_y = 6,4 \text{ mm}$   
 $W_{y,eff} = 158 \text{ mm}^3$

Ohyb okolo osy z

$I_{z,eff} = 1870 \text{ mm}^4$   
 $i_z = 8,9 \text{ mm}$   
 $W_{z,eff} = 137 \text{ mm}^3$

## 6.2. Horizontální profil R-1

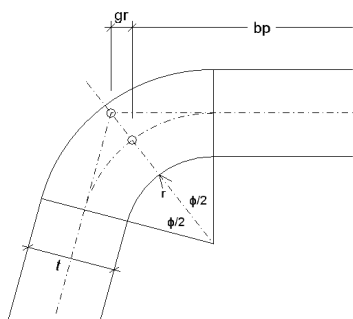
Materiál Ocel DX51D

$f_y = 210 \text{ MPa}$   
 $f_u = 300 \text{ MPa}$   
 $E = 210 \text{ GPa}$

Geometrie

$b = 100 \text{ mm}$   
 $h = 40 \text{ mm}$   
 $r = 2 \text{ mm}$   
 $t = 1,2 \text{ mm}$   
 $\Phi = 90,0^\circ$

Vlvi zaoblení:

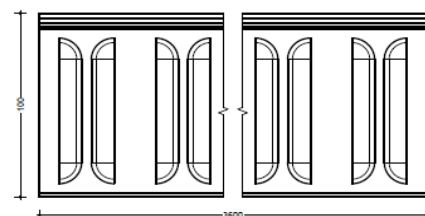
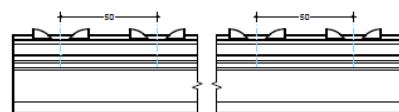


$$r_m = r + \frac{t}{2}$$

$$g_r = r_m \left( \tan\left(\frac{\Phi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\Phi}{2}\right) \right)$$

$$b_p = b - \left( \frac{t}{2} + g_r \right)$$

$$h_p = h - \left( \frac{t}{2} + g_r \right)$$



$r_m = 2,6 \text{ mm}$

$g_r = 0,8 \text{ mm}$

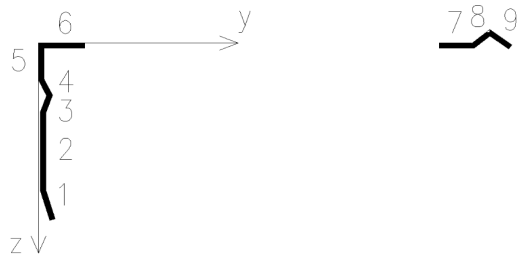
$b_p = 98,6 \text{ mm}$

$h_p = 38,6 \text{ mm}$

Vzhledem k tloušťce plechu a výtuhám stěn je jasné, že nebude docházet k boulení



# Rozdělení profilu na části



část	$t_i$	$z_i$	$y_i$	$L_i$	$A_i$	$z_{t,i}$	$y_{t,i}$
(-)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
1	1,2	6,8	1,98	6,9	8,3	37,5	2
2	1,2	17,97	1,2	17,97	21,6	25,08	1
3	1,2	3,5	1,82	3,9	4,7	14,22	1,63
4	1,2	3,5	1,82	3,9	4,7	10,45	1,63
5	1,2	6,92	1,2	6,92	8,3	4,86	0,6
6	1,2	1,2	8,6	8,6	10,3	0,6	5,7
7	1,2	1,2	7	7	8,4	0,6	90
8	1,2	3,17	3,85	4,9	5,9	1,1	95,4
9	1,2	3,17	3,85	4,9	5,9	1,1	98
Celkem					78,0		

část	$I_{y,i}$	$I_{z,i}$	$z_i \cdot A_i$	$y_i \cdot A_i$	$z_{c,i}$	$y_{c,i}$	$A_i \cdot z_{c,i}^2$	$A_i \cdot y_{c,i}^2$
(-)	(mm <sup>4</sup> )	(mm <sup>4</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(mm)	(mm)	(mm <sup>4</sup> )	(mm <sup>4</sup> )
1	31,44	4,40	56,3	16,4	29,89	-1,36	7395,6	15,3
2	580,29	2,59	387,5	25,9	17,47	-2,36	6578,6	120,2
3	4,29	1,76	16,4	8,5	6,61	-1,73	204,3	14,0
4	4,29	1,76	16,4	8,5	2,84	-1,73	37,6	14,0
5	33,14	1,00	57,5	10,0	-2,75	-2,76	63,0	63,3
6	1,24	63,61	12,4	88,8	-7,01	2,34	507,7	56,5
7	1,01	34,30	10,1	58,8	-7,01	86,64	413,2	63053,4
8	3,19	5,71	18,6	22,6	-6,51	92,00	249,5	49767,5
9	3,19	5,71	18,6	22,6	-6,51	94,64	249,5	52664,7
Celkem	662,1	120,8	593,8	262,1			15698,9	165768,9

Souřadnice těžiště  
 $z_c = 7,61 \text{ mm}$   
 $y_c = 3,36 \text{ mm}$

Parametry průřezu  
 $A = 78,0 \text{ mm}^2$   
 $I_y = 16361 \text{ mm}^4$   
 $i_y = 14,5 \text{ mm}$   
 $W_y = 505 \text{ mm}^3$   
 $I_z = 165890 \text{ mm}^4$   
 $i_z = 46,1 \text{ mm}$   
 $W_z = 1717 \text{ mm}^3$

## 7. Posouzení mezního stavu použitelnosti

### 7.1. Vertikální profil - vodorovný průhyb

Vzhledem k tomu, že betonové obkladové prvky nejsou příliš citlivé na průhyby roštu, volím jako limitní horizontální průhyb pro mezní stav použitelnosti  $L/250$ .

<b>Maximální rozteč vertikálních profilů</b>	<b>s=</b>	<b>300 mm</b>
<b>Maximální rozteč horizontálních profilů</b>	<b>L=</b>	<b>600 mm</b>
Tlak větru (char. Hodnota)	$f_{w,t}=$	0,20 kN/m
Sání větru (char. Hodnota)	$f_{w,s}=$	0,29 kN/m

Průhyb od rovnoměrného zatížení pro prostý nosník:  $w = \frac{5}{384} \frac{fL^4}{EI}$

tlak:	w=	1,65 mm
sání:	w=	1,84 mm

$$w_{\max} = 1,84 \text{ mm} < L/250 = 2,40 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

### 7.2. Horizontální profil - vodorovný průhyb

<b>Maximální rozteč kotevních bodů</b>	<b>L=</b>	<b>900 mm</b>
<b>Maximální rozteč horizontálních profilů</b>	<b>s=</b>	<b>600 mm</b>
Zatížení větrem (spojité)	f=	0,59 kN/m
Zatížení větrem (reakce od vert. prof.)	F=	0,18 kN

Průhyb od rovnoměrného zatížení pro prostý nosník:

$$w = \frac{5}{384} \frac{fL^4}{EI} \quad w = 0,14 \text{ mm}$$

Průhyb od silového zatížení pro prostý nosník:

$$w = \frac{19FL^3}{384EI} \quad w = 0,18 \text{ mm} \quad (\text{rozhoduje})$$

$$w_{\max} = 0,18 \text{ mm} < L/250 = 3,60 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

### 7.3. Horizontální profil - svislý průhyb

Vzhledem k tomu, že svislý průhyb může mít vliv na vzhled volím jako limitní svislý průhyb pro mezní stav použitelnosti  $L/500$ .

<b>Maximální rozteč kotevních bodů</b>	<b>L=</b>	<b>900 mm</b>
<b>Maximální rozteč horizontálních profilů</b>	<b>s=</b>	<b>600 mm</b>
Stálé zatížení (reakce od vert. Prof.)	F=	0,11 kN

Průhyb od silového zatížení pro prostý nosník (síly cca ve třetinách rozpětí):  
(rozhodující)

$$w = \frac{19}{384} \frac{FL^3}{EI} \quad w = 1,13 \text{ mm} \quad (\text{rozhoduje})$$

$$w_{\max} = 1,13 \text{ mm} < L/500 = 1,80 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

## 8. Posouzení mezního stavu únosnosti

### 8.1 Vertikální profil - vzpěr a ohyb

Účinky zatížení	$N_{Ed} =$	0,15 kN
	$M_{y,Ed} =$	0,020 kNm
	$M_{y,Ed}^+ =$	0,013 kNm

Únosnost v ohybu	$M_{y,Rd} = \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M0}}$	
	$M_{y,Rd} =$	0,037 kNm
	$M_{y,Rd}^+ =$	0,033 kNm

Vzpěrná únosnost	$N_{Rd} = \frac{\chi A_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}}$	
	rovinný vzpěr	
	$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$	$\lambda_1 = 99,3$
	$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}$	$\bar{\lambda}_y = 0,850$
		$\bar{\lambda}_z = 0,607$
	$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$	$\Phi_y = 1,02$
		$\Phi_z = 0,78$
	$\alpha = 0,49$	
	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$	$\chi_y = 0,63$
		$\chi_z = 0,78$

Prostorový vzpěr	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}}$	
	$N_{cr} = \frac{1}{i_0^2} \left( G I_t + \frac{\pi^2 E I_w}{L^2} \right)$	
	$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2$	

Poloha pomocného pólu	$z_{B1} =$	7,2 mm
-----------------------	------------	--------

Výsečové souřadnice	bod	$\omega$
		1 -85,5
		2 -168,2

Výsečový deviační moment		
$D_{\omega,z} = \sum A_i \left[ \frac{(\omega_{b,i} - \omega_{a,i})(y_{b,i} - y_{a,i})}{12} + \omega_{c,i} y_{c,i} \right]$		
$D_{\omega,z} =$		-29389 mm <sup>5</sup>

Poloha středu smyku		
$z_s = z_{B1} + \frac{D_{\omega,z}}{I_z}$		
$z_s =$		-8,48 mm

Výsečové souřadnice	bod	$\omega$
		1 35,5
		2 -12,2

Výsečový moment setrvačnosti		
$I_w = \sum A_i \left[ \frac{(\omega_{b,i} - \omega_{a,i})^2}{12} + \omega_{c,i}^2 \right]$		
$I_w =$		10525 mm <sup>6</sup>

Moment setrvačnosti v prostém kroucení		
$I_t = \frac{1}{3} \sum b_i t_i^3$		
$I_t =$		4,76 mm <sup>4</sup>
	$i_0^2 =$	192,3 mm <sup>2</sup>
Modul pružnosti ve smyku	$G =$	80,7 GPa

Kritická síla pro vybočení zkroucením		
$N_{cr} =$	2,31 kN	
$\bar{\lambda} =$	1,460	
$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$	$\Phi =$	1,87
$\alpha =$	0,49	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$	$\chi_T =$	0,33
Výsledný součinitel vzpěrnosti		
$\chi = \min(\chi_y; \chi_z; \chi_T;)$	$\chi =$	0,33
Posouzení		
$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1,0$	$N_{Rd} =$	1,62 kN
	0,62	< 1,0
	vyhovuje	

## 8.2 Horizontální profil - šikmý ohyb

Zatížení od vertikálních profilů		
$F_{y,d} =$	0,15 kN	
$F_{z,d} =$	0,26 kN	
Účinky zatížení		
$M = \frac{5FL}{12}$	$M_{y,Ed} =$	0,055 kNm
	$M_{z,Ed} =$	0,099 kNm
Únosnost		
$M_{y,Rd} =$	0,106 kNm	
$M_{z,Rd} =$	0,360 kNm	
Posouzení		
$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$	0,79	< 1,0
	vyhovuje	

## 9. Přípoje

### 9.1 Spoj vertikálního a horizontálního profilu šroubem 4,8x13

Zatížení tahem		
$F_{t,Ed} =$	0,26 kN	
Zatížení smykem		
$F_{v,Ed} =$	0,15 kN	
Únosnost při protržení		
$F_{p,Rd} = \frac{0,5d_w t f_u}{\gamma_{M2}}$		
Tloušťka plechu	$t =$	0,7 mm
Průměr hlavy šroubu	$d_w =$	10 mm
	$F_{p,Rd} =$	0,84 kN
Únosnost na vytržení		
$F_{o,Rd} = \frac{0,45 d t f_u}{\gamma_{M2}}$		
Tloušťka plechu	$t =$	1,2 mm
Průměr šroubu	$d =$	4,8 mm
	$F_{p,Rd} =$	0,62 kN
Výsledná únosnost v tahu	$F_{t,Rd} =$	0,62 kN
Únosnost v otláčení		
Průměr dříku šroubu	$d =$	3,5 mm
Tloušťka tenčího z plechů	$t =$	0,7 mm
Tloušťka tlustšího z plechů	$t_1 =$	1,2 mm

$$F_{b,Rd} = n * \frac{\alpha f_u d_0 t}{\gamma_{M2}}$$

pro  $t=t_1$   $\alpha=3,2\sqrt{(t/d)}$  ale  $\alpha \leq 2,1$

pro  $t_1 \geq 2,5*t$  a  $t < 1,0\text{mm}$   $\alpha=3,2\sqrt{(t/d)}$  ale  $\alpha \leq 2,1$

pro  $t_1 \geq 2,5*t$  a  $t \geq 1,0\text{mm}$   $\alpha=2,1$

mezilehlé hodnoty interpolací

$\alpha=$  1,43

$F_{b,Rd}=$  0,84 kN

Únosnost ve střihu

Mez pevnost šroubu  $f_{u,b}=$  600 Mpa

Průměr dříku šroubu  $d=$  3,5 mm

$$F_{V,Rd} = \frac{0,5 * f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$$

$F_{V,Rd}=$  2,31 kN

Výsledná únosnost ve střihu  $F_{v,Rd}=$  0,84 kN

Posouzení

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

0,60 < 1,0  
vyhovuje

## 9.2 Připoj horizontálního profilu ke konzole šroubem 6,3x19

Zatížení ve střihu  $F_{v,Ed}=$  0,79 kN

Únosnost v otláčení

Průměr dříku šroubu  $d=$  5,5 mm

Tloušťka tenčího z plechů  $t=$  1,2 mm

Tloušťka tlustšího z plechů  $t_1=$  1,5 mm

$$F_{b,Rd} = n * \frac{\alpha f_u d_0 t}{\gamma_{M2}}$$

pro  $t=t_1$   $\alpha=3,2\sqrt{(t/d)}$  ale  $\alpha \leq 2,1$

pro  $t_1 \geq 2,5*t$  a  $t < 1,0\text{mm}$   $\alpha=3,2\sqrt{(t/d)}$  ale  $\alpha \leq 2,1$

pro  $t_1 \geq 2,5*t$  a  $t \geq 1,0\text{mm}$   $\alpha=2,1$

mezilehlé hodnoty interpolací

$\alpha=$  1,60

$F_{b,Rd}=$  2,53 kN

Únosnost ve střihu

Mez pevnost šroubu  $f_{u,b}=$  1000 Mpa

Průměr dříku šroubu  $d=$  5,5 mm

$$F_{V,Rd} = \frac{0,5 * f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$$

$F_{V,Rd}=$  9,50 kN

Výsledná únosnost ve střihu  $F_{v,Rd}=$  2,53 kN

Posouzení

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

0,31 < 1,0  
vyhovuje

9.3 Kotevní konzola K 1-3 (K 1-1 a K 1-2 jsou kratší, tudíž není třeba je posuzovat

Hodnoty únosnosti z ETA 16/0589 ze dne 20/06/2017 nelze použít.

Dodavatelem systému Scanroc byla specifikována tloušťka plechu kotvy 2,0mm.

(V ETA 16/0589 uvedeno 1,5mm)

Délka konzoly	$L_0 =$	192 mm
Zatížení konzoly ve svislém směru	$F_{v,k} =$	0,32 kN
	$F_{v,d} =$	0,44 kN
Zatížení konzoly ve vodorovném směru	$F_{t,k} =$	0,53 kN
	$F_{t,d} =$	0,79 kN
Materiál	Ocel DX51D	
	$f_y =$	210 Mpa
	$f_u =$	300 MPa
	$E =$	210 Gpa
Parametry průřezu		
výška	$h =$	87 mm
	$t =$	2 mm

Boulení při ohybu  
šťíhlost

$$\bar{\lambda}_p = \frac{h/t}{28,4 \sqrt{\frac{235}{f_y} \sqrt{k_\sigma}}}$$

$$k_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$$

$$\psi = -1,00$$

$$k_\sigma = 0,850$$

$$\bar{\lambda}_p = 1,57$$

Součinitel boulení

$$\text{pro } \bar{\lambda}_p \leq 0,748 \quad \rho = 1,0$$

$$\text{pro } \bar{\lambda}_p > 0,748 \quad \rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2}$$

$$h_{c,eff} = \rho \frac{h}{2}$$

$$\rho = 0,56$$

$$h_{c,eff} = 24,38 \text{ mm}$$

Boulení při tlaku  
šťíhlost

$$\bar{\lambda}_p = \frac{h/t}{28,4 \sqrt{\frac{235}{f_y} \sqrt{k_\sigma}}}$$

$$\psi = 1$$

$$k_\sigma = 4$$

$$\bar{\lambda}_p = 0,72$$

Součinitel boulení

$$\text{pro } \bar{\lambda}_p \leq 0,748 \quad \rho = 1,0$$

$$\text{pro } \bar{\lambda}_p > 0,748 \quad \rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2}$$

$$h_{eff} = \rho h$$

$$\rho = 1,00$$

$$h_{eff} = 87,00 \text{ mm}$$

Parametry průřezu

$A =$	174,0 mm <sup>2</sup>
$I_y =$	52134 mm <sup>4</sup>
$i_y =$	17,3 mm
$W_y =$	1198 mm <sup>3</sup>
$I_z =$	58 mm <sup>4</sup>
$i_z =$	0,6 mm
$W_z =$	58 mm <sup>3</sup>
$G =$	80,7 Gpa
$I_t =$	232 mm <sup>4</sup>

Mezní stav únosnosti

(ke vzpěru nedojde

$$M_{y,Ed} = 0,08 \text{ kNm}$$

průřez je držen výtuhou)

$$N_{Ed} = 0,79 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{Rd} = 36,54 \text{ kN}$$

(Může dojít ke klopení)

$$M_{y,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_y f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}}$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z G T_t}}{L}$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[ \sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j) \right]$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} \quad \zeta_g = \frac{\pi z_g}{k_z L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} \quad \zeta_j = \frac{\pi z_j}{k_z L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}}$$

$$z_g = 43,5 \text{ mm}$$

$$C_1 = 1,75$$

$$z_j = 0 \text{ mm}$$

$$C_2 = 0,83$$

$$I_w = 0 \text{ mm}^6$$

$$C_3 = 0$$

$$k_z = 0,5$$

$$\zeta_g = 0,57$$

$$\zeta_j = 0$$

$$k_{wt} = 0$$

$$\mu_{cr} = 2,21$$

$$M_{cr} = 0,273 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,960$$

$$\Phi_{LT} = 1,250$$

$$\chi_{LT} = 0,488$$

$$M_{y,Rd} = 0,123 \text{ kNm}$$

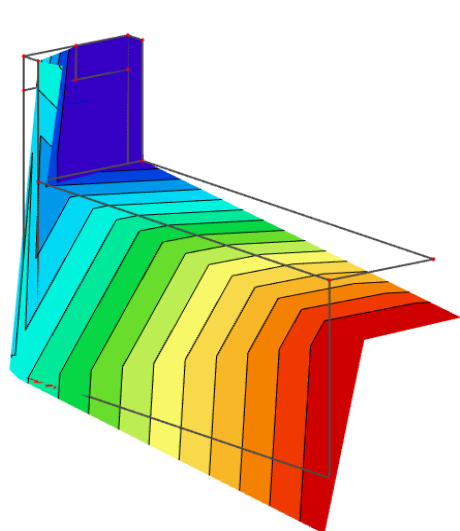
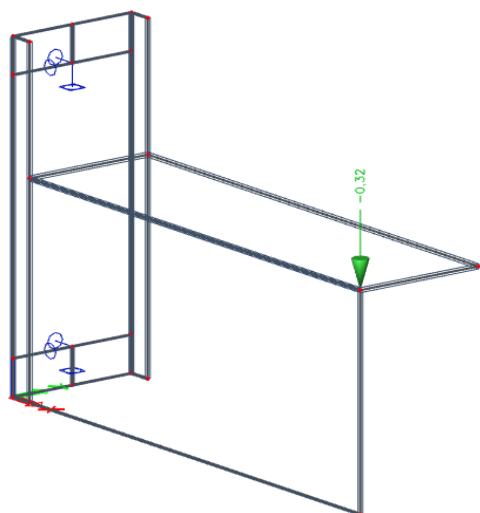
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1,0$$

$$0,70 < 1,0$$

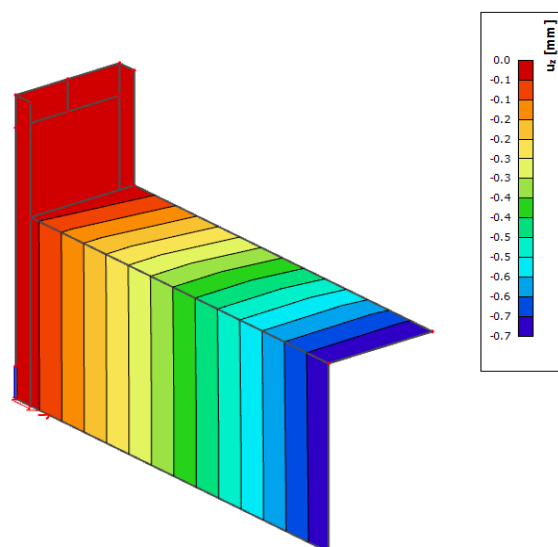
vyhovuje

### Mezní stav použitelnosti

Pro ověření mezního stavu použitelnosti byl vytvořen deskostěnový výpočetní model



Celková deformace



Deformace ve svislém směru

Deformace ve svislém směru (m)

$$w = 0,70 \text{ mm} < \begin{matrix} L/250 = 0,77 \text{ mm} \\ L/300 = 0,64 \text{ mm} \end{matrix}$$

Pro průhyb kotevního prvku nejsou známy limitní hodnoty.

Zpracovatel výpočtu nechává na dodavateli systému, aby posoudil, jestli výše uvedená deformace s uvažováním chování celého systému nepřekračuje kritéria mezního stavu použitelnosti.



#### 9.4 Kotvení k podkladu - konzola K 1-3

##### Kotevní prvek SFS Intec - TI - 6,3x45

Dovolené návrhové zatížení na 1 šroub  $F_{Rd} = 1,74 \text{ kN}$   
(dle Protokolu o provedení výtahových zkoušek č.07/18)

##### Zatížení

Vyložení obkladu  $L_0 = 230 \text{ mm}$   
Zatížení konzoly ve svislém směru  $F_{v,d} = 0,44 \text{ kN}$   
Zatížení konzoly ve vodorovném směru  $F_{t,d} = 0,79 \text{ kN}$   
Momentové zatížení kotvení  $M_{y,ED} = 0,10 \text{ kNm}$   
Rameno působení momentu  $r = 110 \text{ mm}$   
Osově zatížení jednoho kotevního bodu

$$F_{t,ED} = \frac{M_{y,ED}}{r} + \frac{F_{t,d}}{2}$$

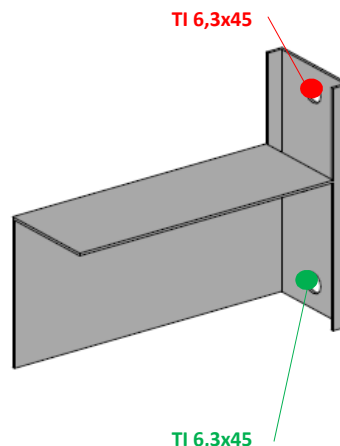
##### Posouzení

$F_{t,ED} = 1,31 \text{ kN} < F_{Rd} = 1,74 \text{ kN}$

**Vyhovuje**

$M_{y,ED}/r = 0,91 \text{ kN} > F_{RD}/2 = 0,40 \text{ kN}$

Tlak na spodní kotevní bod (pouze konstruční kotvení)



#### 9.5 Kotvení k podkladu - konzola K 1-2

##### Kotevní prvek SFS Intec - MDC 7,5x265 - BULK

Dovolené návrhové zatížení na 1 šroub  $F_{Rd} = 2,03 \text{ kN}$   
(dle Protokolu o provedení výtahových zkoušek č.06/18)

##### Zatížení

Vyložení obkladu  $L_0 = 190 \text{ mm}$   
Zatížení konzoly ve svislém směru  $F_{v,d} = 0,44 \text{ kN}$   
Zatížení konzoly ve vodorovném směru  $F_{t,d} = 0,79 \text{ kN}$   
Momentové zatížení kotvení  $M_{y,ED} = 0,08 \text{ kNm}$   
Rameno působení momentu  $r = 110 \text{ mm}$   
Osově zatížení jednoho kotevního bodu

$$F_{t,ED} = \left( \frac{M_{y,ED}}{r} + \frac{F_{t,d}}{2} \right) / 2$$

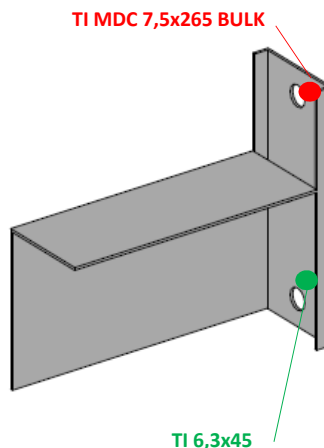
##### Posouzení

$F_{t,ED} = 1,15 \text{ kN} < F_{Rd} = 2,03 \text{ kN}$

**Vyhovuje**

$M_{y,ED}/r = 0,75 \text{ kN} > F_{RD}/2 = 0,40 \text{ kN}$

Tlak na spodní kotevní bod (pouze konstruční kotvení)



#### 9.6 Kotvení k podkladu - konzola K 1-1

##### Kotevní prvek SFS Intec - TI - 6,3x45

Dovolené návrhové zatížení na 1 šroub  $F_{Rd} = 1,74 \text{ kN}$   
(dle Protokolu o provedení výtažných zkoušek č.07/18)

##### Zatížení

Vyložení obkladu  $L_0 = 140 \text{ mm}$   
Zatížení konzoly ve svislém směru  $F_{v,d} = 0,44 \text{ kN}$   
Zatížení konzoly ve vodorovném směru  $F_{t,d} = 0,79 \text{ kN}$   
Momentové zatížení kotvení  $M_{y,ED} = 0,06 \text{ kNm}$   
Rameno působení momentu  $r = 110 \text{ mm}$   
Osově zatížení jednoho kotevního bodu

$$F_{t,ED} = \frac{M_{y,ED}}{r} + \frac{F_{t,d}}{2}$$

##### Posouzení

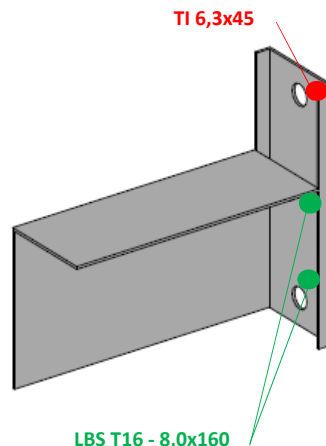
$F_{t,ED} = 0,95 \text{ kN} < F_{Rd} = 1,74 \text{ kN}$

**Vyhovuje**

$M_{y,ED}/r = 0,56 \text{ kN} > F_{RD}/2 = 0,40 \text{ kN}$

Tlak na spodní kotevní bod (pouze konstruční kotvení)

Protože v místech kotevní konzolou K 1-1 není dostatečná únosnost spodní nosné vrstvy (šrouby LBS T16 - 8,0x160 mají únosnost pouze 0,43 kN), je hlavní tažený prvek navržen jen do vrchní vrstvy (TI 6,3x45), ale pro zajištění spojení obou vrstev je na spodní straně kotvy a také navíc ve středu navrženo kotvení až do spodní vrstvy šrouby LBS T16 - 8,0x160



V Praze dne 19.10.2018

Vypracoval: Ing. Lukáš Loudil