



KO-KA s.r.o., projekční a inženýrská kancelář

kancelář: Thákurova 7, 166 29 Praha 6

tel.: 224 355 444, e-mail: ko-ka@ko-ka.cz



SEVEROČESKÉ VODOVODY A KANALIZACE, a.s.

Přítkovská 1689, 415 50 Teplice



ÚTVAR PROJEKCE

Sladovnická 1082

463 11 LIBEREC - VRATISLAVICE

tel.: 485 340 511

fax: 485 340 558

## ***DĚČÍN, ul. Tovární rekonstrukce kanalizace a vodovodu***

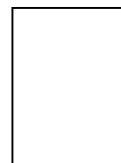
### **E6.4 STATICKÝ POSUDEK**

Číslo stavby: DC 007 293  
Zak. č. inv.: 10950/4  
Zak. č. zhot.: 1985/18  
Stupeň: DSP  
Datum: červenec 2020  
Kraj: Ústecký  
Investor: SVS a.s.

Generální ředitel: Ing. David Votava  
Ředitel IPČ: Ing. Martin Opacki  
Manažer útvaru: Ing. Václav Fridrich  
Technická kontrola: Ing. Tomáš Nevole

HIP: Ing. Milan Kletečka  
Zodp. projektant: Ing. Petr Cupal  
Báňský projektant: Ing. Petr Cupal  
Vypracoval: Ing. Petr Cupal

Paré číslo:



## Obsah:

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NUMERICKÁ SIMULACE A POSOUZENÍ .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>OHLUBŇOVÝ RÁM .....</b>	<b>5</b>
3.1	KONSTRUKCE A MATERIÁLY .....	5
3.2	STATICKÝ MODEL.....	5
3.3	ZATÍŽENÍ.....	6
3.4	POSOUZENÍ.....	7
<b>4</b>	<b>VODOROVNÝ RÁM.....</b>	<b>8</b>
4.1	KONSTRUKCE A MATERIÁLY .....	8
4.2	STATICKÝ MODEL.....	10
4.3	ZATÍŽENÍ.....	11
4.4	POSOUZENÍ.....	12
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>14</b>

## 1 ÚVOD

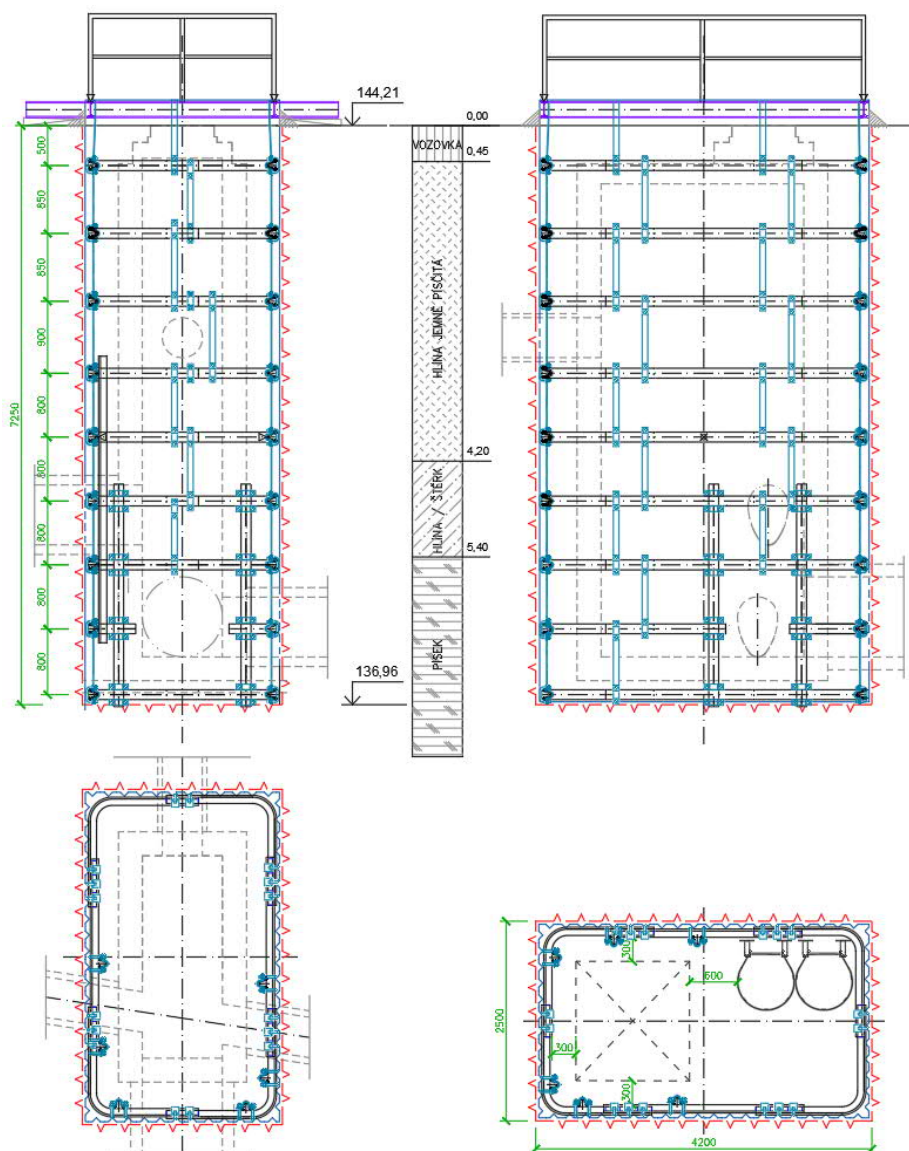
Záměr zahrnuje stavební šachtu velikosti **2,5 x 4,2 m a hl. 7,25 m** pro realizaci kanalizačního spadiště. Šachta se nachází v křižovatce frekventované komunikace Vítězství a Tovární v Děčíně Boleticích.

Práce budou prováděny v prostředí antropogenních navážek – konstrukce vozovky a zásypy výkopů inženýrských sítí; a říčních sedimentů - hlíny, šterky a písky, jejichž vrstvy se nepravidelně střídají a to jak do mocnosti, tak do zrnitosti.

Horninové prostředí ani HPV nebudou hloubením zastiženy.

Dočasnou výztuž šachty tvoří:

- ohlubňový rám z IPN 200, svařený
- vodorovné rámy z K21 v rozteči do 0,9 m se třmenovými spoji
- ocelové pažnice tl. 3 mm (union)
- nástřik SB20 do líce rámu přes spodní 3 postupy



Obrázek 1. Schéma posuzovaného objektu

## 2 NUMERICKÁ SIMULACE A POSOUZENÍ

Základem pro výpočet dočasné výztuže šachty je prutový model využívající metodu konečných prvků. Při výpočtu vnitřních sil, napětí a deformací provizorní konstrukce bylo použito polygonální metody, při níž je tvar konstrukce zaveden do výpočtu střednicí.

Ohlubňový rám je podepřen pevnými podporami ve svislém i vodorovném směru. Vodorovné rámy šachty jsou po obvodě uloženy na radiálních podporách (liniová, nelineárně pružná), tangenciálních podporách (liniová pružná) a vertikálních podporách (bodová pevná). Tuhost podpor je uvažována podle vztahů uvedených v ČSN 73 7501 pro modul reakce horninového prostředí.

V dočasné výztuži dochází k namáhání jednotlivých prvků normálovou silou, smykovou silou a ohybovým momentem, popř. jejich vzájemnou kombinací. Tyto vnitřní síly vyvozují v provizorní konstrukci víceosý stav napjatosti. Ve statickém výpočtu je tedy nutné posoudit konstrukci na normálová napětí, smyková napětí a především na tzv. von Misesovo napětí, které zohledňuje kritérium plasticity. Numerická formulace je uvedeny níže:

$$\left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 - \left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) + 3 \left( \frac{\tau_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 \leq 1$$

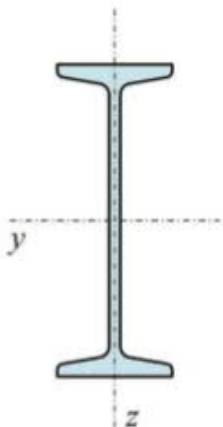
Podrobné posouzení jednotlivých konstrukčních prvků díla viz dále.

### 3 OHLUBŇOVÝ RÁM

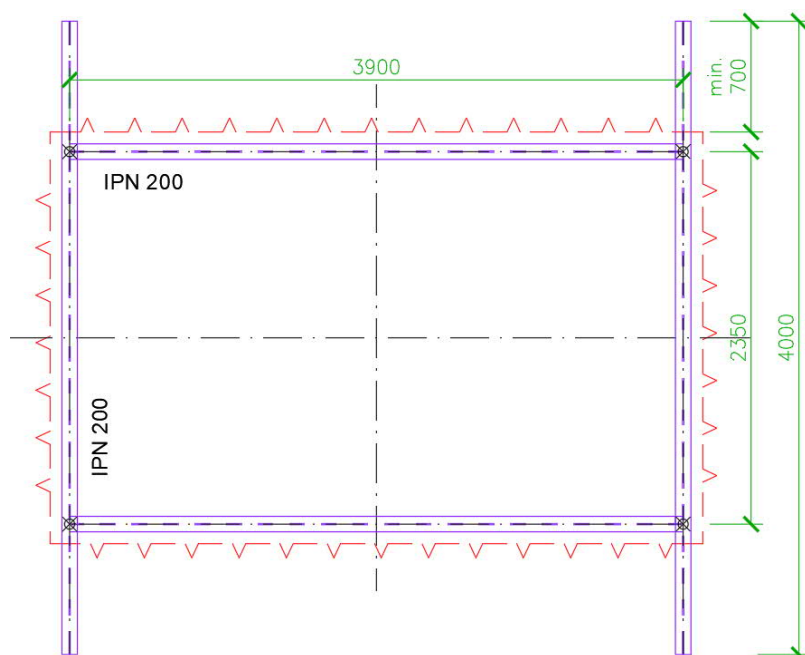
#### 3.1 KONSTRUKCE A MATERIÁLY

**Válcovaný profil IPN 200, ocel 11 500,  $f_y = 235 \text{ MPa}$**

Bude osazen do vodorovné polohy a jeho části svařeny obvodovým svarem tl. 8 mm.



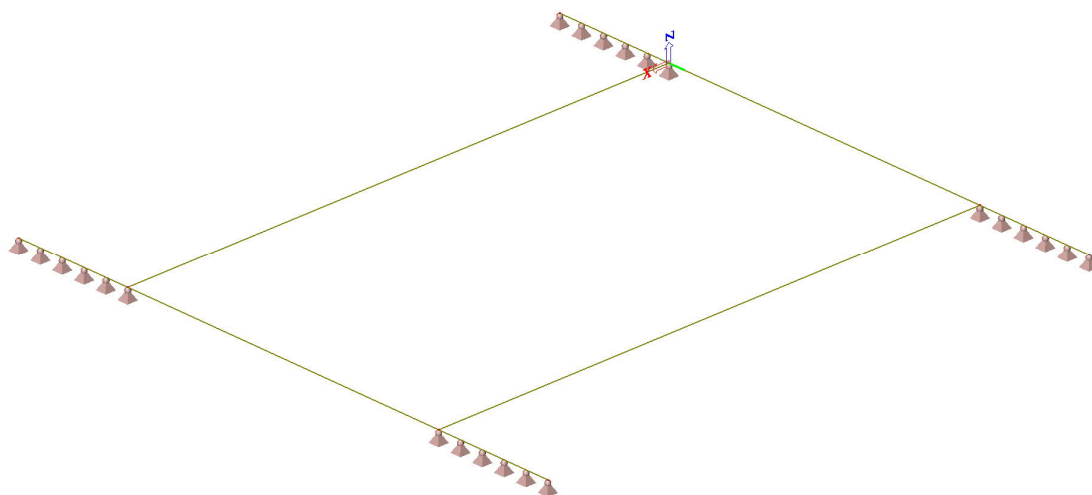
Název profilu	$A$ [mm <sup>2</sup> ]	$W_y$ [mm <sup>3</sup> ]	$W_{pl,y}$ [mm <sup>3</sup> ]	$I_y$ [mm <sup>4</sup> ]	$i_y$ [mm]
IPN 80	757	$1,950 \cdot 10^4$	$2,280 \cdot 10^4$	$7,780 \cdot 10^5$	32,0
IPN 100	1060	$3,420 \cdot 10^4$	$3,980 \cdot 10^4$	$1,710 \cdot 10^6$	40,1
IPN 120	1420	$5,470 \cdot 10^4$	$6,360 \cdot 10^4$	$3,280 \cdot 10^6$	48,1
IPN 140	1830	$8,190 \cdot 10^4$	$9,540 \cdot 10^4$	$5,730 \cdot 10^6$	56,1
IPN 160	2280	$1,170 \cdot 10^5$	$1,360 \cdot 10^5$	$9,350 \cdot 10^6$	64,0
IPN 180	2790	$1,610 \cdot 10^5$	$1,870 \cdot 10^5$	$1,450 \cdot 10^7$	72,0
<b>IPN 200</b>	<b>3340</b>	<b><math>2,140 \cdot 10^5</math></b>	<b><math>2,500 \cdot 10^5</math></b>	<b><math>2,140 \cdot 10^7</math></b>	<b>80,0</b>
IPN 220	3950	$2,780 \cdot 10^5$	$3,240 \cdot 10^5$	$3,060 \cdot 10^7$	88,0
IPN 240	4610	$3,540 \cdot 10^5$	$4,120 \cdot 10^5$	$4,250 \cdot 10^7$	95,9



Obrázek 2. Vodorovný rám z IPN 200 stavební šachty 2,5 x 4,2 m

#### 3.2 STATICKÝ MODEL

- 3D – rovina x, y, z
- ve směru „z“ zatížení zavěšenými rámy
- liniové tuhé podepření konců rámu, vybočení vyloučeno obetonávkou
- výpočet lineární a nelineární kombinace zatěžovacích stavů



Obrázek 3. Statický model rámu

### 3.3 ZATÍŽENÍ

Zatížení ohlubňového rámu je pouze svislé - od zavěšených vodorovných rámu, s přitížením v rohu od zavěšeného lezného oddělení s 1 pracovníkem.

Předpokládá se, že ohlubňový rám, vzhledem k aktivaci kce šachty klínováním k hornině, přenáší maximálně hmotnost čtyř vodorovných rámu a to min. na 8 závěsech.

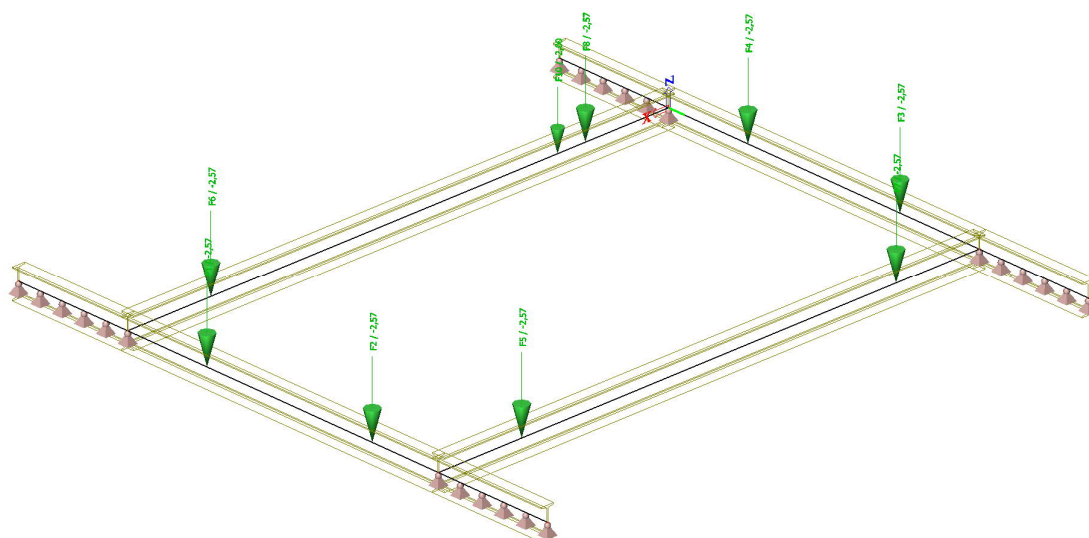
Koncová ramena rámu jsou v celé délce uložena na únosném podkladu a celá ohlubeň je obetonována, tj. zajištěna proti horizontálnímu posunu.

Hmotnost ocelové výztuže 1 postupu = 395 kg, viz tabulka výztuže na výkrese.

Celkové zatížení ohlubňového rámu:  $Q_d = (4 \times 395) \times 1,3 = 1800 \times 1,3 = \mathbf{20,5 \text{ kN}}$

Lokální zatížení na závěsech:  $Q_{di} = 20,5 / 8 = \mathbf{2,57 \text{ kN}}$

Bodové přitížení v místě žebříku  $Q_{dž} = \mathbf{2,00 \text{ kN}}$



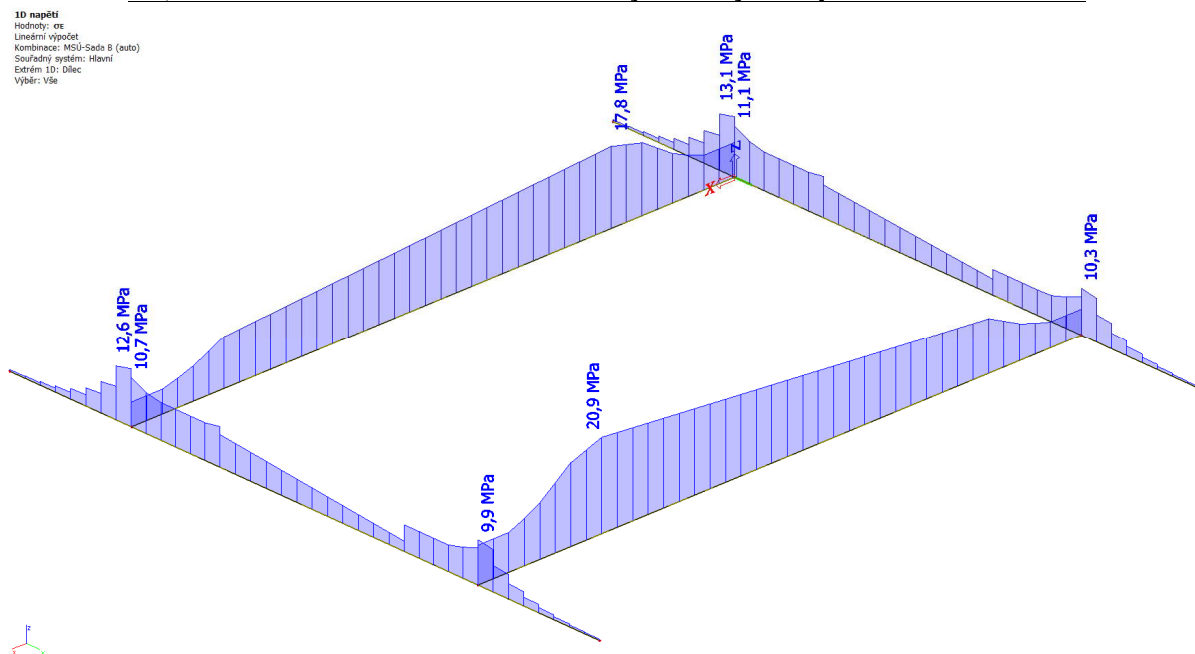
Obrázek 4. Schéma zatížení rámu

### 3.4 POSOUZENÍ

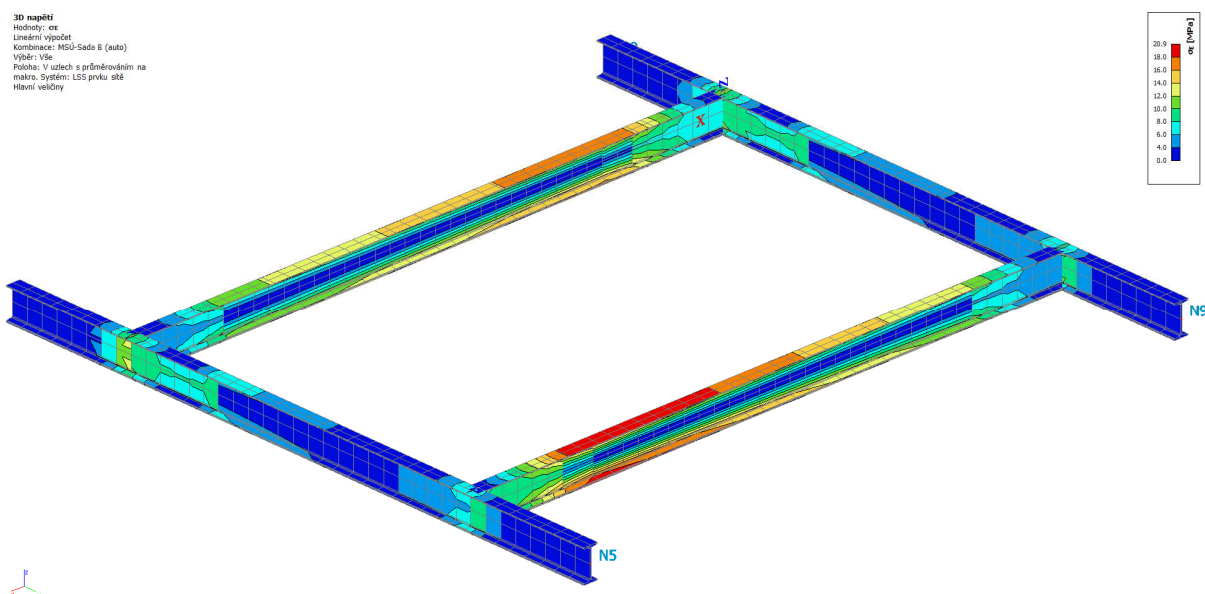
Podmínka plasticity von Mises ( $\sigma_E$ ) : celkové napětí (normálové + smykové) nesmí přesáhnout napětí dovolené, tj. mez kluzu oceli S235.

$$\sigma_E = \sqrt{(\sigma_{\text{normal}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{smyk}}^2)} < 235 \text{ MPa} = f_y$$

20,9 MPa << 235 MPa → vodorovný rám vyhovuje s 91 % rezervou



Obrázek 5. Průběh celkového napětí  $\sigma_E$  v 1D [MPa]



Obrázek 6. Průběh celkového napětí  $\sigma_E$  ve 3D [MPa]

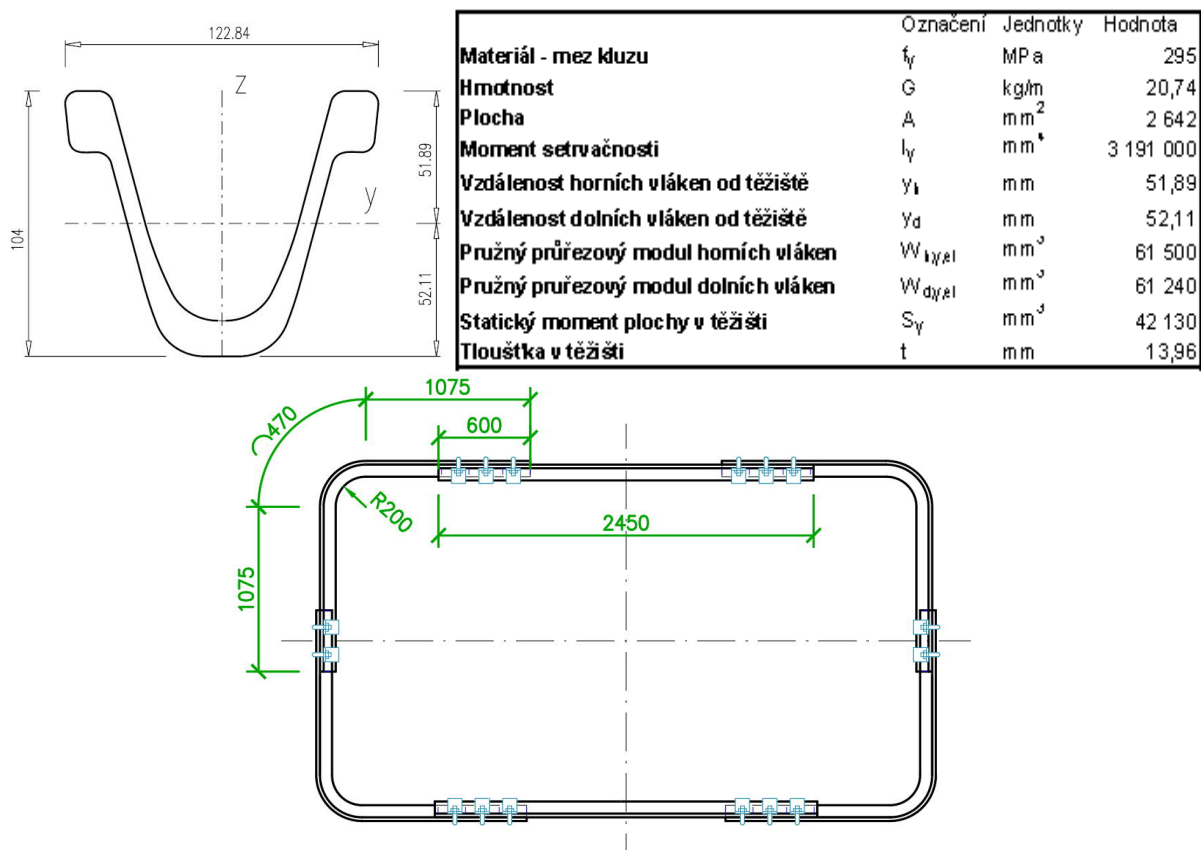


## 4 VODOROVNÝ RÁM

### 4.1 KONSTRUKCE A MATERIÁLY

**VODOROVNÝ RÁM – válcovaný profil K21, ocel 11 500,  $f_y = 295$  MPa**

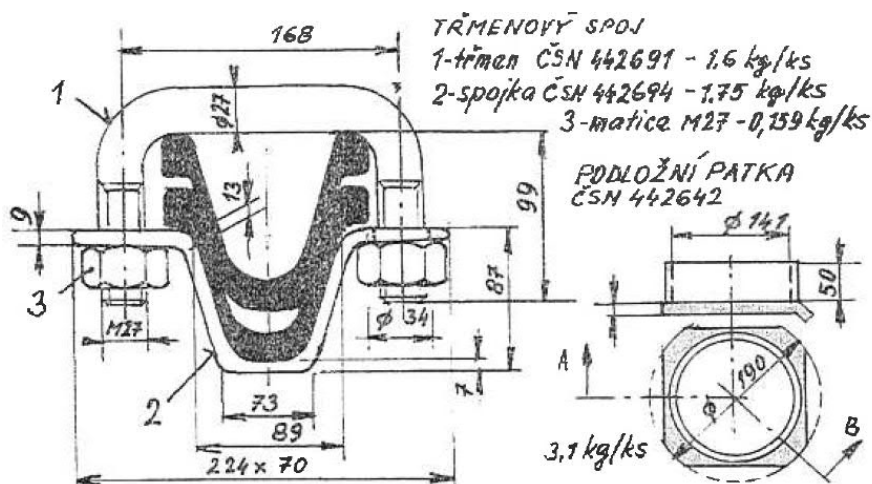
Spojení jednotlivých dílů vodorovného rámu je navrženo s přesahem min. 400 mm jištěným min. **2 třmenovými spoji**. Vzdálenosti jednotlivých ráků jsou do 0,9 m, viz výkres šachty.



Obrázek 7. Vodorovný rám z K21 stavební šachty 2,5 x 4,2 m

### SPOJE DÍLŮ RÁMU – třmenové spoje K70 s maticí M27

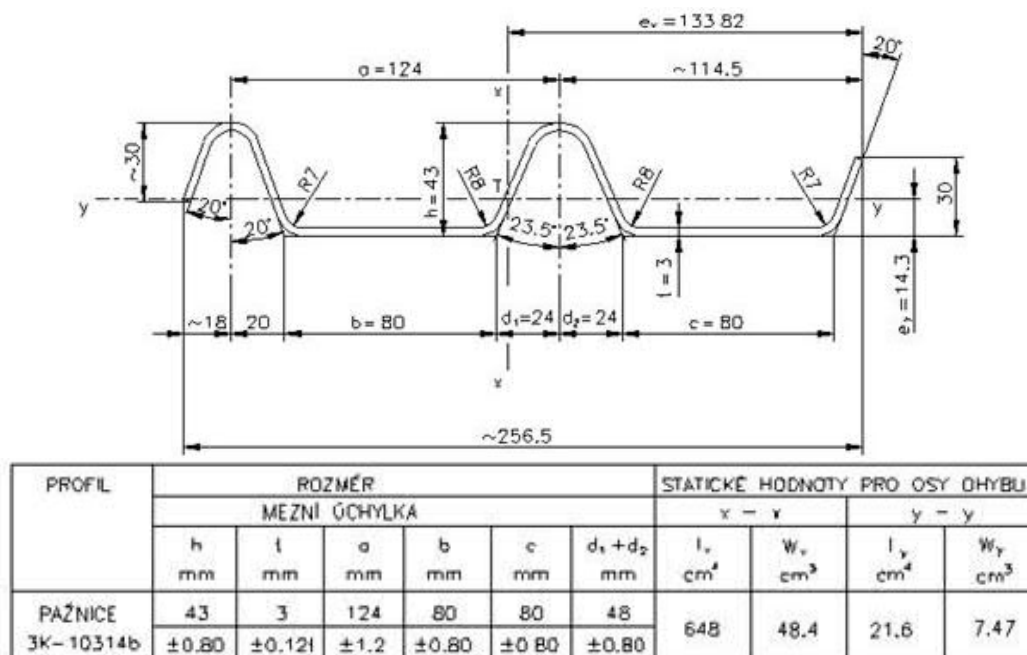
Skládá se z matice, třmenu a spojky. Každý spoj ráků je jištěn dvěma spojkami.





### PAŽNICE ocelové Union tl. 3mm, ocel S235 JR, $f_y = 235 \text{ MPa}$

Po osazení pažení musí dojít k okamžité aktivaci odstavnými klíny.



### ZÁVĚSY – plochá ocel PLO 70/10, S235 JR, $f_y = 235 \text{ MPa}$

Na jeden vodorovný rám bude po obvodě použito min. 12 ks závěsů, tj, 2 ks/díl rámu.

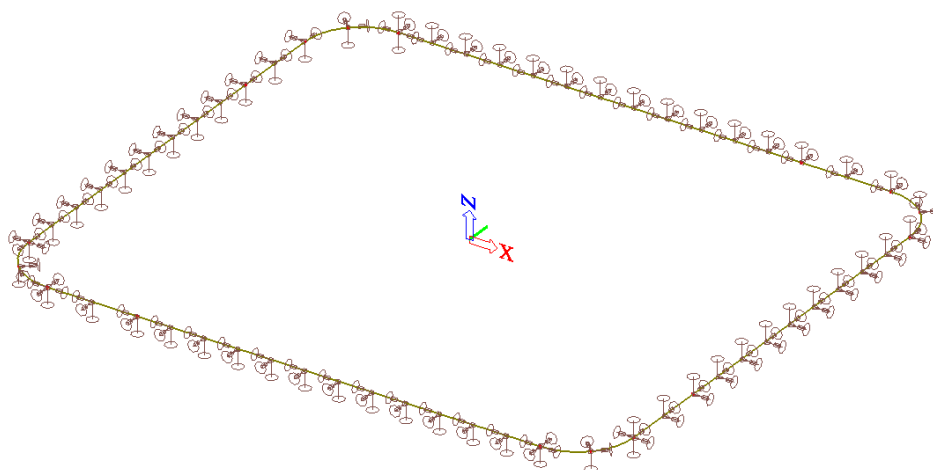
## 4.2 STATICKÝ MODEL

- 3D – rovina x, y, z
- ve směru z (3D) bez zatížení, vybočení vyloučeno ztužením
- kloubové podepření pat rámu
- pružné liniové podepření po obvodu (interakce s okolní horninou)

$$k_{rad} = \frac{E_{def}}{r \cdot (1 + \nu)} = 5,5 / (1,35 \cdot (1 + 0,38)) = 2,95 \text{ MN/m}^2$$

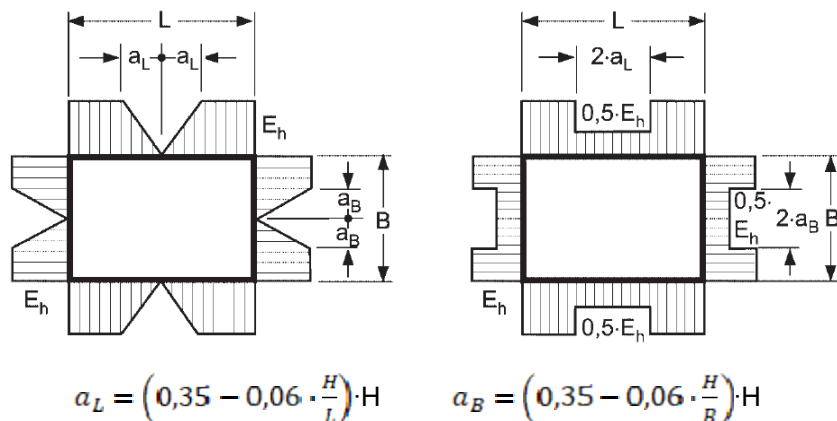
$$k_{tan} = \frac{k_{rad}}{2 \cdot (1 + \nu)} = 2,95 / (2 \cdot (1 + 0,38)) = 1,07 \text{ MN/m}^2$$

- zatížení aktivním zemním tlakem
- výpočet lineární a nelineární kombinace zatěžovacích stavů



Obrázek 8. Statický model - liniové pružné podepření rámu

Rozdělení prostorového aktivního zemního tlaku na jednotlivé rámy vychází z předpokladu, že konstrukce rámu umožňuje v rozích menší deformace než uprostřed rozpětí a je tedy možné zde v předepsané zóně zatížení snížit.

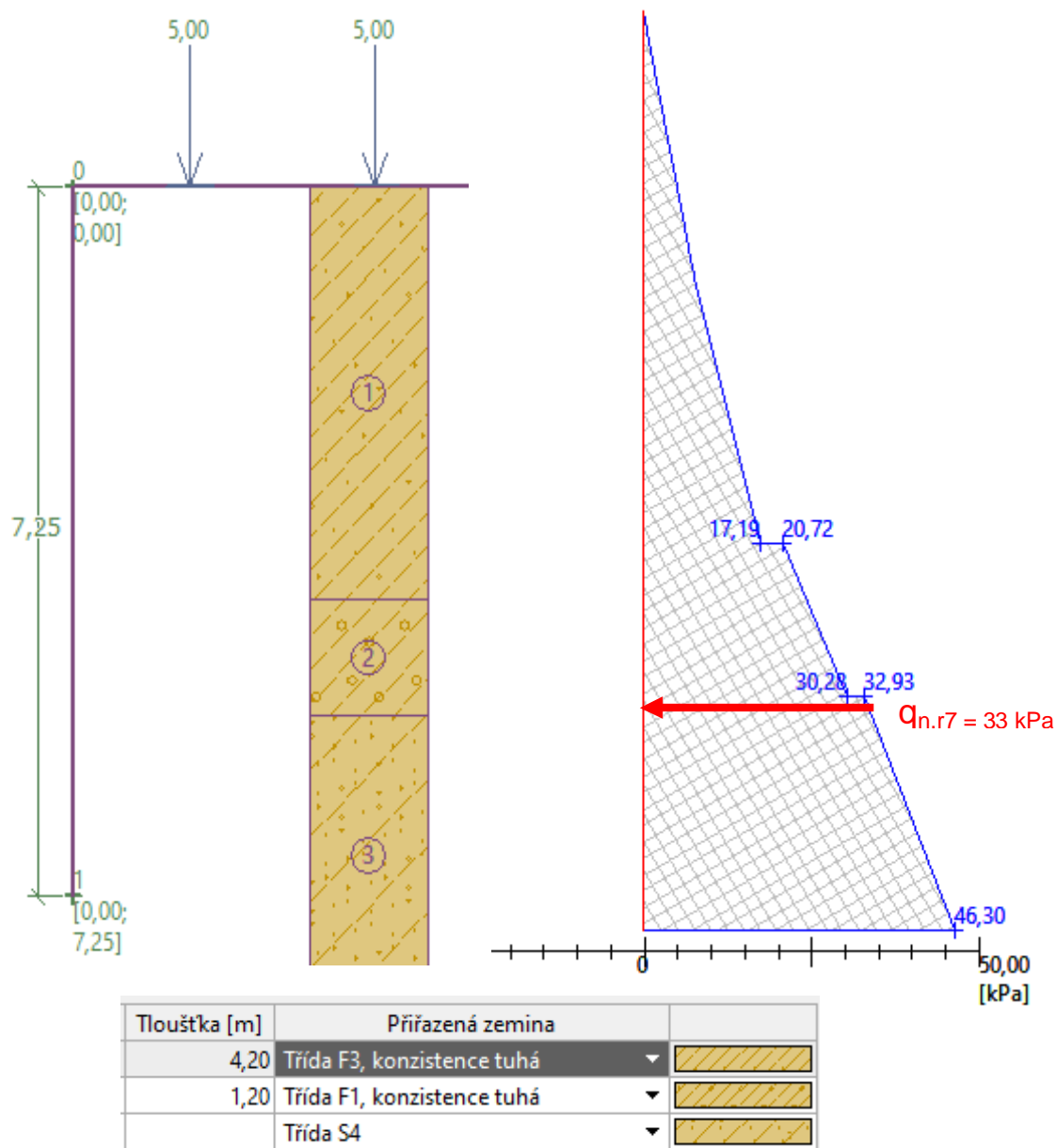


### 4.3 ZATÍŽENÍ

Předpokládá se *zatížení aktivním zemním tlakem s přitížením povrchu rypadlem*.

Výpočet byl zpracován v programu GEO 5 dle EN1997.

Výpočet aktivního tlaku - Coulomb (ČSN 730037).



Obrázek 9. Minimální dimenzační aktivní zemní tlak [kPa]

Pro účely výpočtu se uvažuje tlak na 7. rámu:

$$q_{d,rx} = q_{n,rx} \cdot \Gamma \cdot \Psi$$

$$q_{d,r5} = 16 \cdot 0,8 \cdot 1,3 = 16,6 \text{ kN}$$

$$q_{d,r6} = 25 \cdot 0,8 \cdot 1,3 = 26,0 \text{ kN}$$

$$q_{d,r7} = 33 \cdot 0,8 \cdot 1,3 = 34,3 \text{ kN}$$

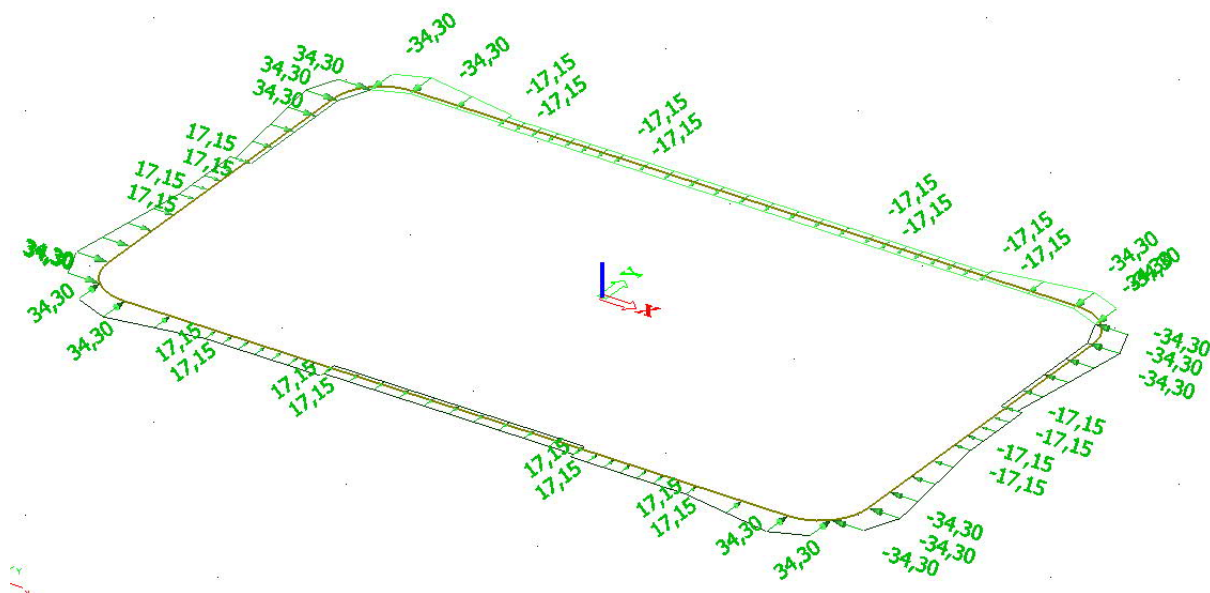
$$q_{d,r8} = 39 \cdot 0,8 \cdot 1,3 = 40,6 \text{ kN}$$

$$q_{d,r9} = 46 \cdot 0,8 \cdot 1,3 = 47,8 \text{ kN}$$

Zóna snížení tlaku

$$a_L = \left(0,35 - 0,06 \cdot \frac{H}{r_L}\right) \cdot H = 1,79 \text{ m}$$

$$a_B = \left(0,35 - 0,06 \cdot \frac{H}{r_B}\right) \cdot H = 1,28 \text{ m}$$



Obrázek 10. Zatížení posuzovaného vodorovného rámu [kN]

## 4.4 POSOUZENÍ

Podmínka plasticity von Mises ( $\sigma_E$ ) : celkové napětí (normálové + smykové) nesmí přesáhnout napětí dovolené, tj. mez kluzu oceli E295.

$$\sigma_E = \sqrt{(\sigma_{\text{normal}}^2 + 3 \cdot T_{\text{smyk}}^2)} < 295 \text{ MPa} = f_y$$

Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: NC1

Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

Hlavní veličiny

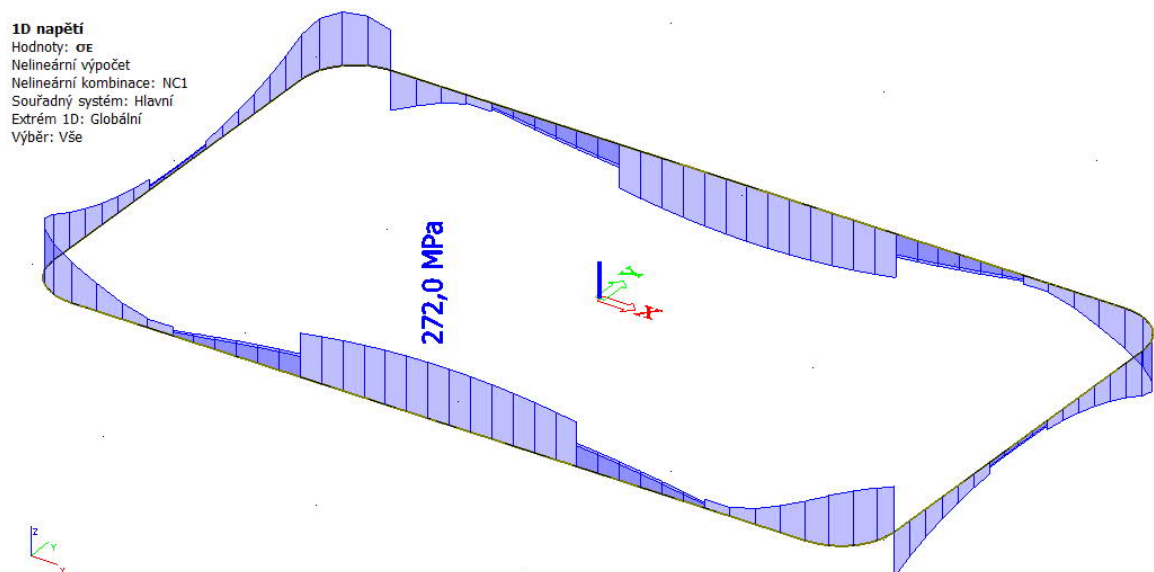
**Výsledky na 1D dílci**

Extrém 1D: Globální

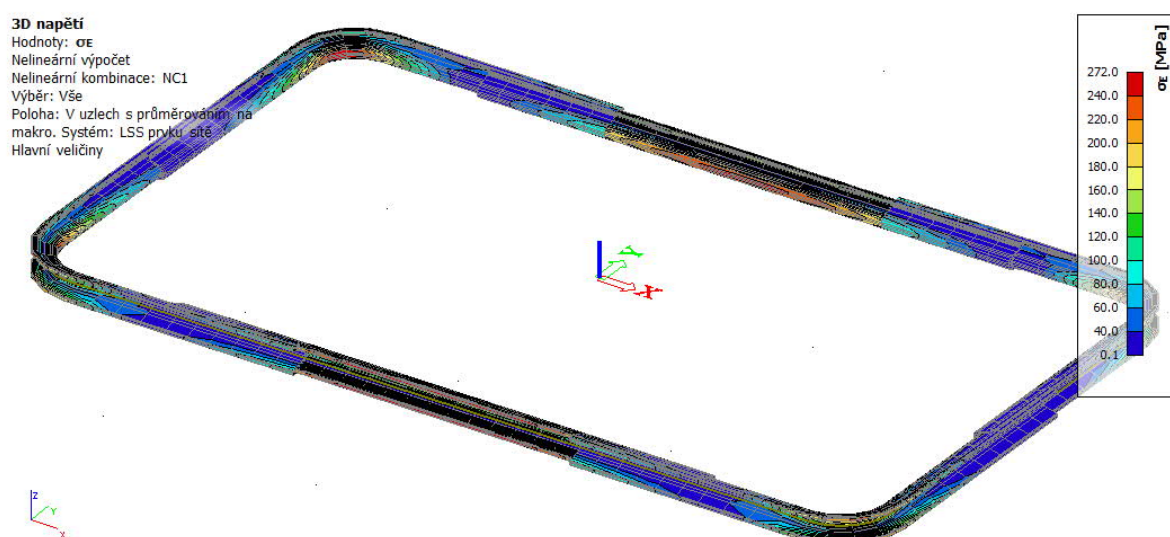
Jméno	dx [m]	Vlákno	Stav	$\sigma_E$ [MPa]	$\sigma_1$ [MPa]	$\sigma_2$ [MPa]	$T_{xy} / T_{xs}$ [MPa]	$T_{xz} / T_{ys}$ [MPa]
B55	0,100+	38	NC1	<b>0,1</b>	0,1	-0,1	0,0	0,1
B38	0,700-	23	NC1	<b>272,0</b>	0,0	-272,0	0,0	0,0

272 MPa < 295 MPa → nejnamáhanější prvek rámu vyhovuje s 8 % rezervou

Vzhledem k relativně malé rezervě je nutno důsledně dbát na hodnocení výsledků geotechnického monitoringu a včas reagovat na varovné hodnoty měření.



Obrázek 11. Průběh celkového napětí 1D [MPa]



Obrázek 12. Průběh celkového napětí 3D [MPa]

## 5 ZÁVĚR

**Navržená dočasná výztuž šachty vyhovuje předpokládanému zatížení.**

V případě změny (zhoršení) geologických podmínek je nutné okamžitě informovat báňského projektanta a případně upravit postup výstavby.

Nedílnou součástí pracovního postupu musí být sledování konstrukce dle požadavků uvedených v kapitole geotechnického monitoringu, aby se včas podchytily negativní projevy a učinila vhodná bezpečnostní opatření.