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, Na Výšinách
od č.p. 995 ke křižovatce s ul. Teplická
rekonstrukce kanalizace

E6.8 STATICKÉ POSOUZENÍ

Číslo stavby:	DC 007 309
Zak. č. inv.:	11191/4
Zak. č. zhot.:	2128/19
Stupeň:	DPS
Datum:	listopad 2019
Kraj:	Ústecký
Investor:	SVS a.s.

Generální ředitel:	Ing. David Votava	HIP:	Ing. Tomáš Nevole
Ředitel IPČ:	Ing. Martin Opacki	Zodp. projektant:	Ing. Milan Kletečka
Manažer útvaru:	Ing. Václav Fridrich	Báňský projektant:	Ing. Petr Cupal
Technická kontrola:	Ing. Tomáš Nevole	Vypracoval:	Ing. Petr Cupal

Paré číslo:

Obsah:

1 ÚVOD ... 3

2 OBECNÁ NUMERICKÁ SIMULACE A POSOUZENÍ ... 5

3 OHLUBŇOVÝ RÁM STAVEBNÍ ŠACHTY ... 6

3.1 KONSTRUKCE A MATERIÁLY ... 6
3.2 STATICKÝ MODEL ... 6
3.3 ZATÍŽENÍ ... 7
3.4 POSOUZENÍ ... 8

4 VODOROVNÝ RÁM STAVEBNÍ ŠACHTY ... 9

4.1 KONSTRUKCE A MATERIÁLY ... 9
4.2 STATICKÝ MODEL ... 11
4.3 ZATÍŽENÍ ... 12
4.4 POSOUZENÍ ... 14

5 RÁM ŠTOLY ... 16

5.1 KONSTRUKCE A MATERIÁLY ... 16
5.2 STATICKÝ MODEL ... 17
5.3 ZATÍŽENÍ ... 18
5.4 POSOUZENÍ ... 21

6 ZÁVĚR ... 22

1 ÚVOD

Záměr zahrnuje stavební šachtu velikosti **2,5 x 4,0 m a hl. 5,5 m** pro realizaci kanalizačního spadiště a navazující krátkou **štolu v rámu LB3** pro uložení kanalizačního potrubí DN 500 z kameniny.

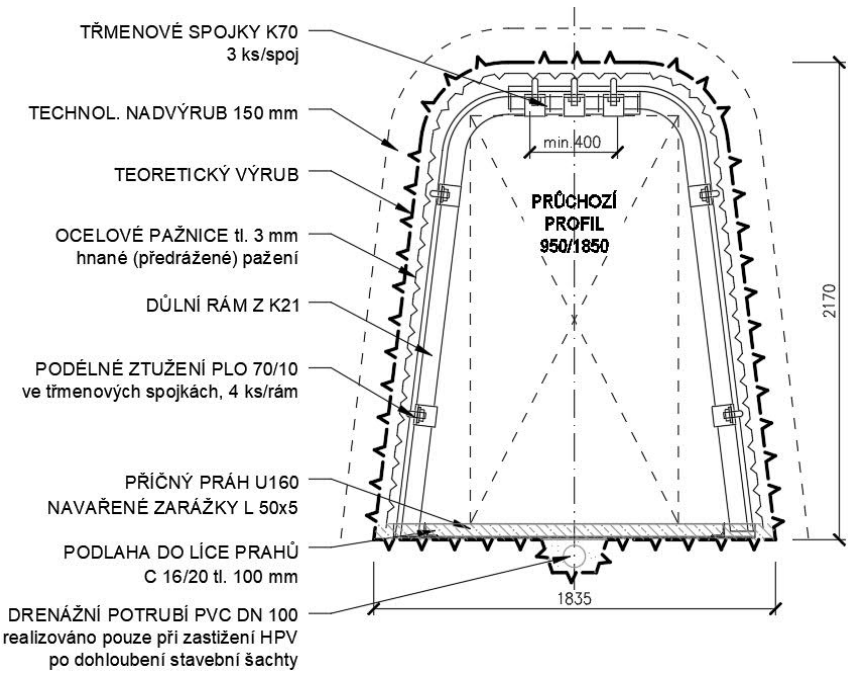
Šachta se nachází na začátku ulice na Výšinách a štoly z ní je vedena úpadně do středu křižovatky s ulicí Teplickou, kde je ukončena na konstrukci stávající kanalizační šachty.

Práce budou prováděny v prostředí antropogenních navážek – konstrukce vozovky a zásypy výkopů inženýrských sítí; svahových sutí a říčních sedimentů

Horninové prostředí ani HPV nebudou hloubením zastiženy.

Dočasnou výztuž štoly tvoří

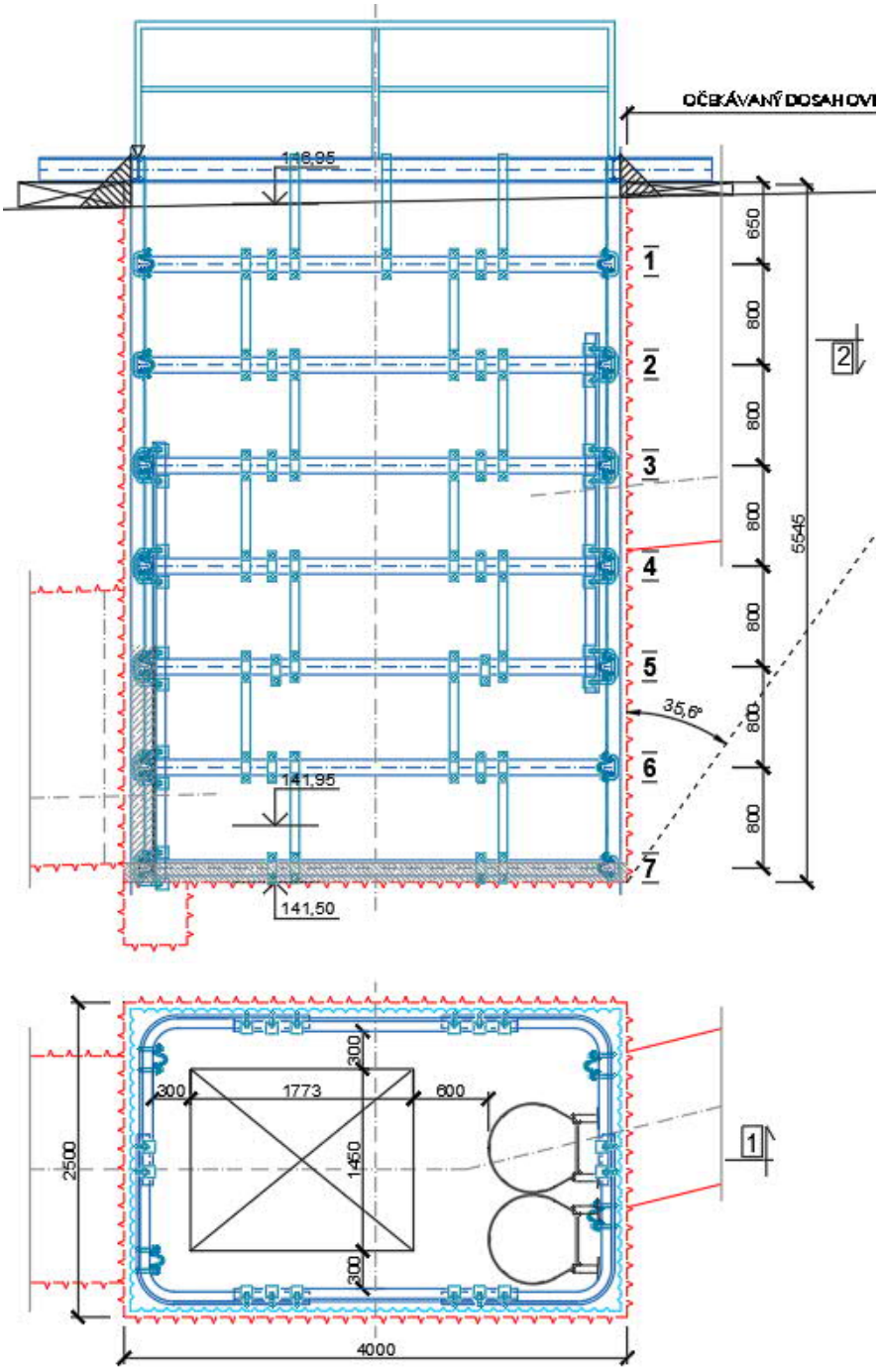
- svislé rámy z K21 v rozteči do 0,8 m se třmenovými spoji
- příčné prahy U160
- vodorovné ztužení z PLO 70/10
- ocelové pažnice tl. 3 mm (union)
- dno z betonu C16/20 tl. 100 mm



Obrázek 1. Schéma posuzovaného objektu

Dočasnou výztuž šachty tvoří:

- ohlubňový rám z IPN 200, svařený
- vodorovné rámy z K21 v rozteči do 0,9 m se třmenovými spoji
- závěsy z PLO 70/10
- ocelové pažnice tl. 3 mm (union)
- nástřik SB20 do líce rámů přes spodní 3 postupy
- dno z betonu C16/20 tl. 150 mm



Obrázek 2. Schéma posuzovaného objektu

2 OBECNÁ NUMERICKÁ SIMULACE A POSOUZENÍ

Základem pro výpočet dočasné výztuže podzemních objektů 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).

Svislé rámy štoly jsou po obvodě uloženy na radiálních podporách (liniová, nelineárně pružná), tangenciálních podporách (liniová pružná) a horizontálních podporách (bodová pevná). Paty jsou podepřeny pevným kloubem.

Tuhost liniových podpor je uvažována podle vztahů uvedených v ČSN 73 7501 pro modul reakce horninového prostředí.

$$k_{rad} = \frac{E_{def}}{r \cdot (1+\nu)} \quad ; \qquad k_{tan} = \frac{k_{rad}}{2 \cdot (1+\nu)}$$

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:

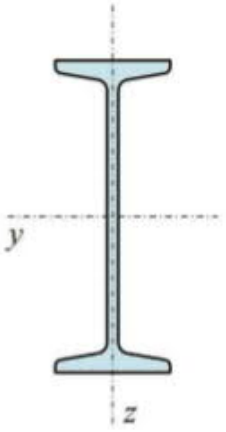
$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1$$

Podrobné posouzení jednotlivých konstrukčních prvků díla viz dále.

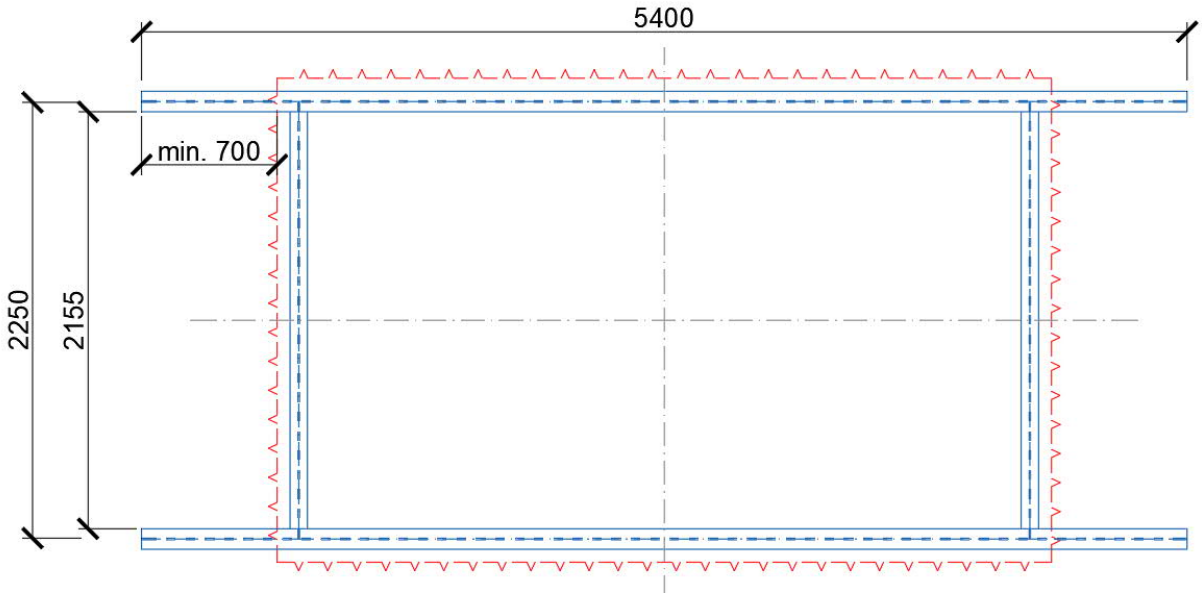
3 OHLUBŇOVÝ RÁM STAVEBNÍ ŠACHTY

3.1 KONSTRUKCE A MATERIÁLY

Válcovaný profil IPN 200, ocel 11 500, f_y = 235 MPa
Bude osazen do vodorovné polohy a jeho části svařeny obvodovým svarem tl. 8 mm.



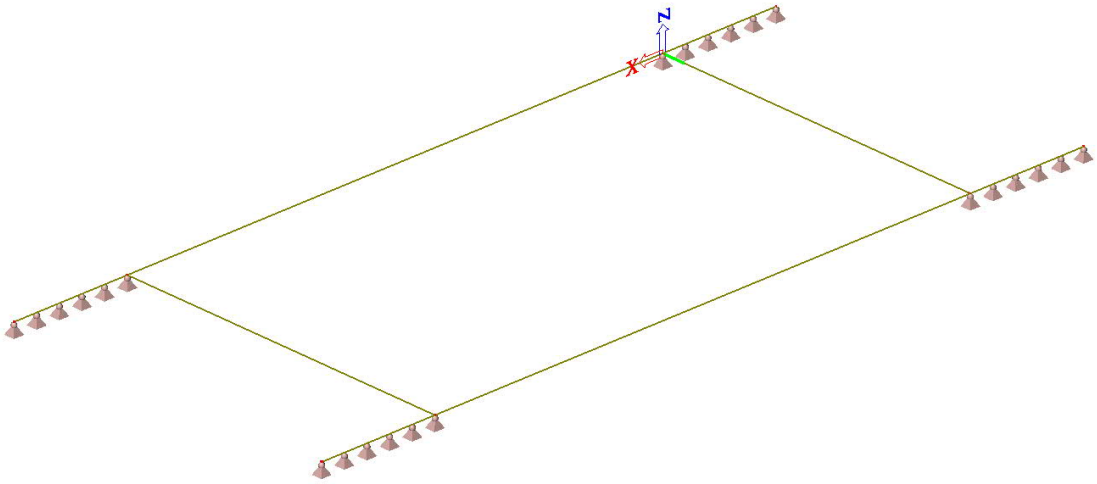
Název profilu	A [mm^2]	W_y [mm^3]	$W_{pl,y}$ [mm^3]	I_y [mm^4]	i_y [mm]
IPN 80	757	$1,950 \cdot 10^4$	$2,280 \cdot 10^4$	$7,780 \cdot 10^5$	32,0
IPN 100	1060	$3,420 \cdot 10^4$	$3,980 \cdot 10^4$	$1,710 \cdot 10^6$	40,1
IPN 120	1420	$5,470 \cdot 10^4$	$6,360 \cdot 10^4$	$3,280 \cdot 10^6$	48,1
IPN 140	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
IPN 200	3340	$2,140 \cdot 10^5$	$2,500 \cdot 10^5$	$2,140 \cdot 10^7$	80,0
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 3. Vodorovný rám z IPN 200 stavební šachty 2,5 x 4,0 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 kombinace zatěžovacích stavů



Obrázek 4. Statický model rámu

3.3 ZATÍŽENÍ

Zatížení ohlubňového rámu je pouze svislé - od zavěšených vodorovných rámů, 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 rámů a to min. na 8 závěsech.

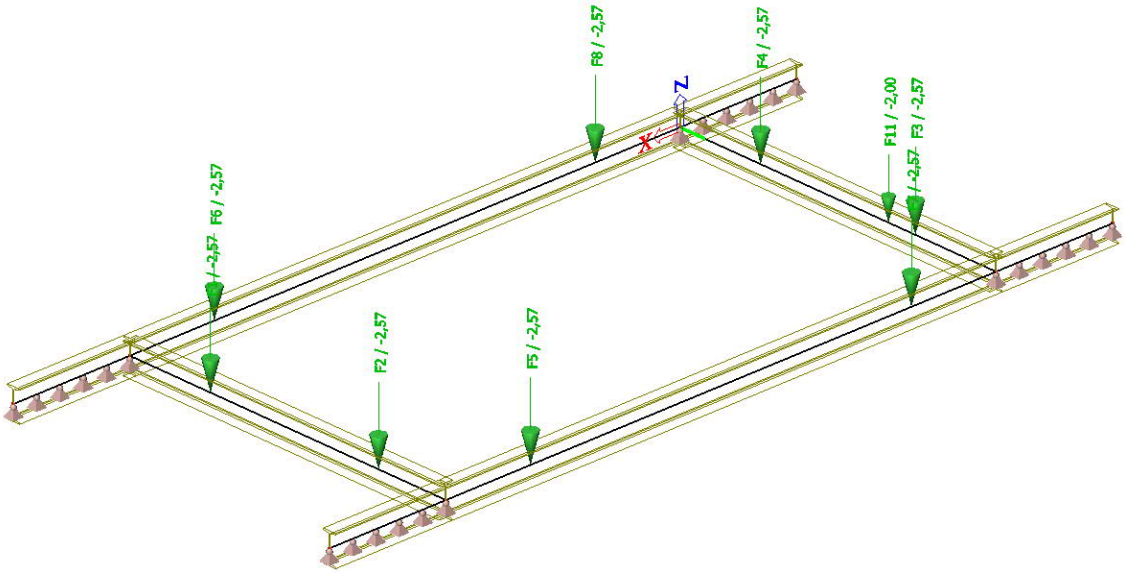
Koncová ramena rámu jsou v celé délce uložena na únosném podkladu a celá ohlubeň je obetonována, tj. zajištěna proti horizontálnímu posunu.

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

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

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

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



Obrázek 5. Schéma zatížení rámu

3.4 POSOUZENÍ

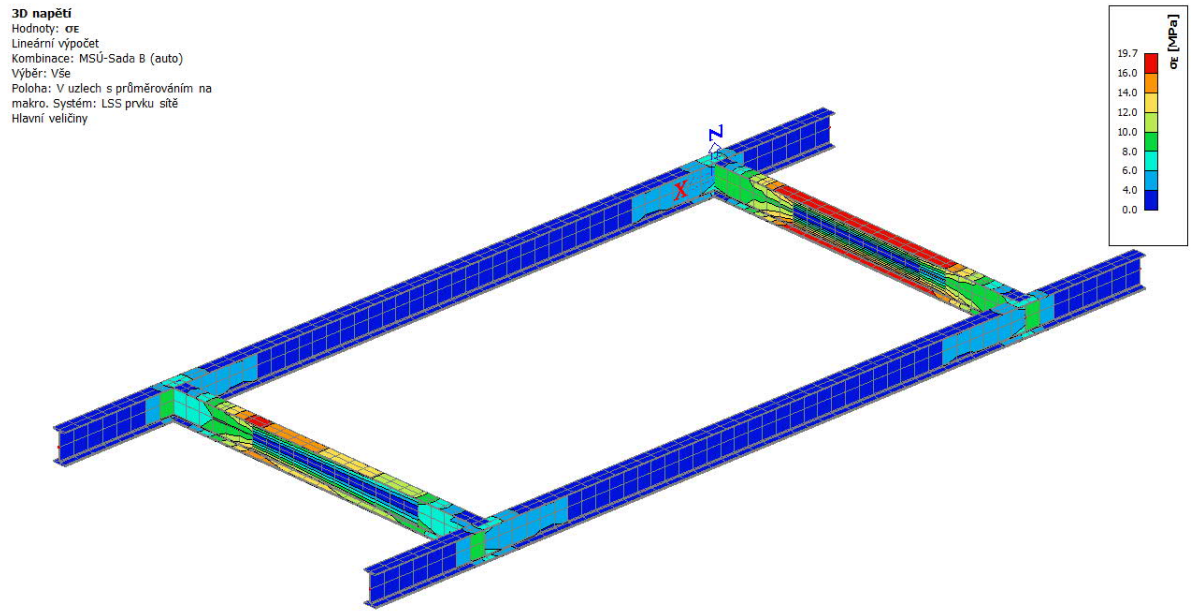
Podmínka plasticity von Mises (σ_E) : celkové napětí (normálové + smykové) nesmí přesáhnout napětí dovolené, tj. mez kluzu oceli S235.

$$\sigma_E = \sqrt{(\sigma^2_{normal} + 3 \cdot T_{smyk})} < 235\ MPa = f_y$$

3D napětí

Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
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	σ_E [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	T_{xy} / T_{xs} [MPa]	T_{xz} / T_{xs} [MPa]
B4	0,000	3	MSÚ-Sada B (auto)/1	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0
B1	1,550+	18	MSÚ-Sada B (auto)/2	**19,7**	0,0	-19,7	0,0	-0,5



Obrázek 6. Průběh celkového napětí σ_E ve 3D [MPa]

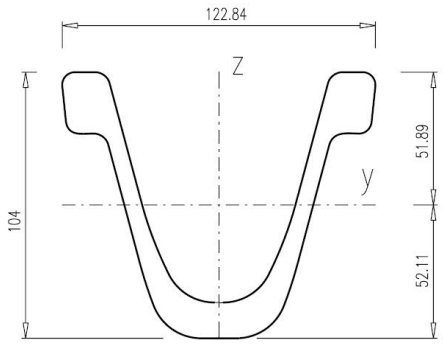
19,7 MPa << 235 MPa → vodorovný rám vyhovuje s 91 % rezervou

4 VODOROVNÝ RÁM STAVEBNÍ ŠACHTY

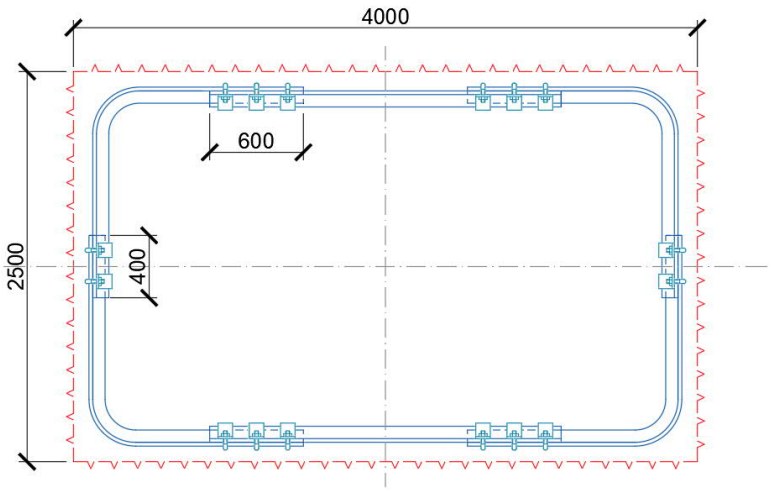
4.1 KONSTRUKCE A MATERIÁLY

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 rámů jsou do 0,9 m, viz výkres šachty.



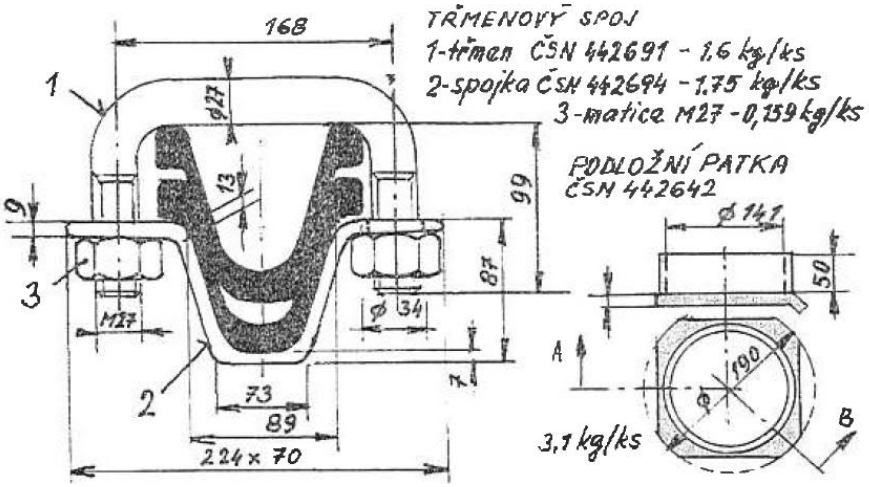
	Označení	Jednotky	Hodnota
Materiál - mez kluzu	f_y	MPa	295
Hmotnost	G	kg/m	20,74
Plocha	A	mm^2	2 642
Moment setrvačnosti	I_y	mm^4	3 191 000
Vzdálenost horních vláken od těžiště	y_h	mm	51,89
Vzdálenost dolních vláken od těžiště	y_d	mm	52,11
Pružný průřezový modul horních vláken	$W_{hy,el}$	mm^3	61 500
Pružný pruřezový modul dolních vláken	$W_{dy,el}$	mm^3	61 240
Statický moment plochy v těžišti	S_y	mm^3	42 130
Tloušťka v těžišti	t	mm	13,96



Obrázek 7. Vodorovný rám z K21 stavební šachty 2,5 x 4,0 m

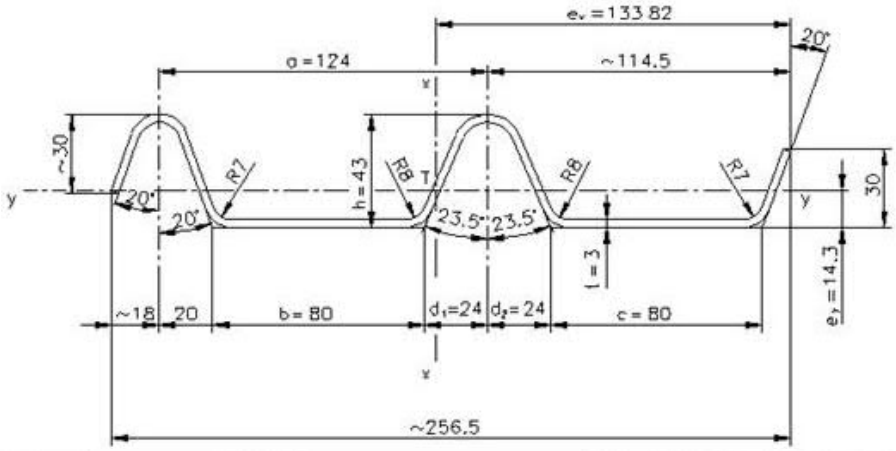
SPOJE DÍLŮ RÁMU – třmenové spoje K70 s maticí M27

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



PAŽNICE ocelové Union tl. 3mm, ocel S235 JR, f_y = 235 MPa

Po osazení pažení musí dojít k okamžité aktivaci odstavnými klíny.



PROFIL	ROZMĚR						STATICKÉ HODNOTY PRO OSY OHYBU			
	MEZNÍ ÚCHYLKA						x – x		y – y	
	h mm	t mm	a mm	b mm	c mm	d_1+d_2 mm	I_x cm^4	W_x cm^3	I_y cm^4	W_y cm^3
PAŽNICE 3K–10314b	43 ±0.80	3 ±0.121	124 ±1.2	80 ±0.80	80 ±0.80	48 ±0.80	648	48.4	21.6	7.47

ZÁVĚSY – plochá ocel PLO 70/10, S235 JR, fy = 235 MPa

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

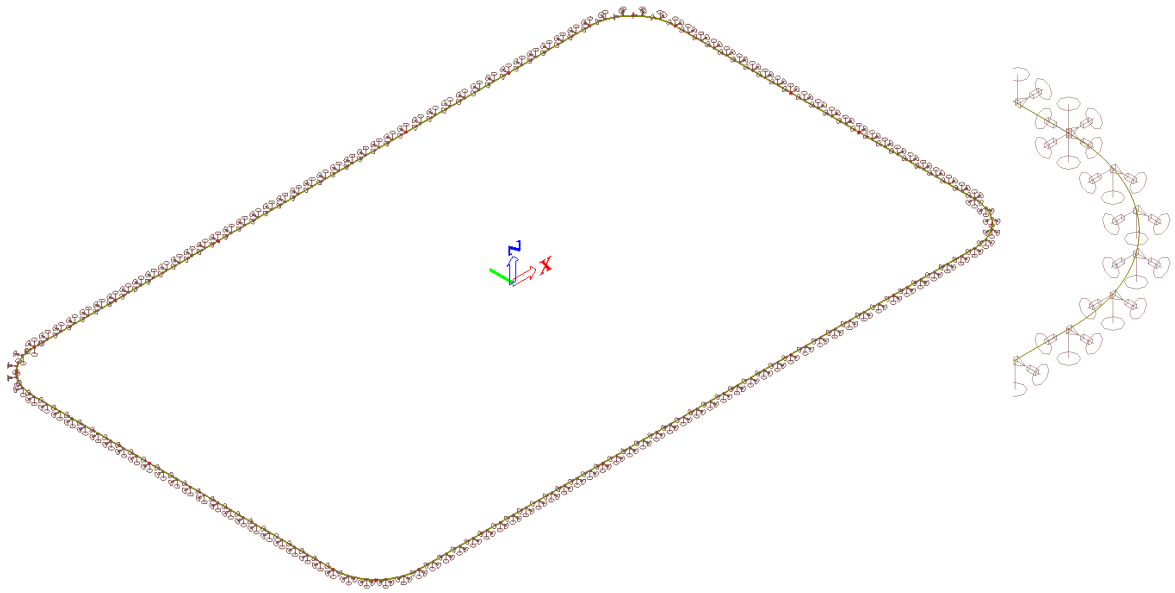
4.2 STATICKÝ MODEL

- 3D – rovina x, y, z
- ve směru „z“ bez zatížení
- pružné liniové podepření po obvodu (interakce s okolní horninou)

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

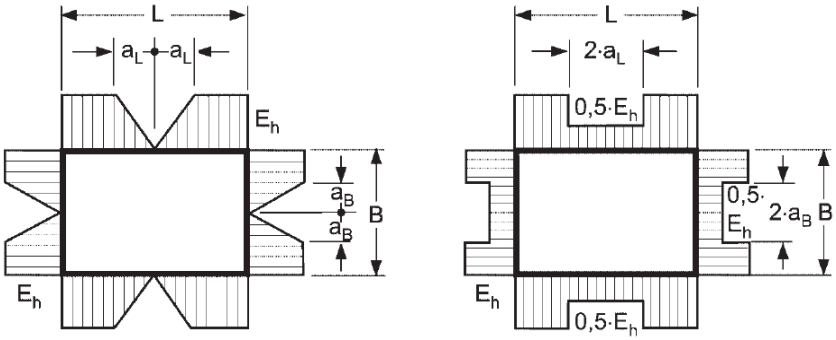
$$k_{tan} = \frac{k_{rad}}{2 \cdot (1+\nu)} \quad = 2,95 / (2 \cdot (1 + 0,38)) = 1,07 \text{ MN/m}^2$$

- 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 rámů umožňuje v rozích menší deformace než uprostřed rozpětí a je tedy možné zde v předepsané zóně zatížení snížit.



$$a_L = \left(0,35 - 0,06 \cdot \frac{H}{L}\right) \cdot H \qquad a_B = \left(0,35 - 0,06 \cdot \frac{H}{B}\right) \cdot H$$

4.3 ZATÍŽENÍ

Výpočet byl zpracován v programu GEO 5 dle EN1997.

Výpočet aktivního tlaku - Coulomb (ČSN 730037).

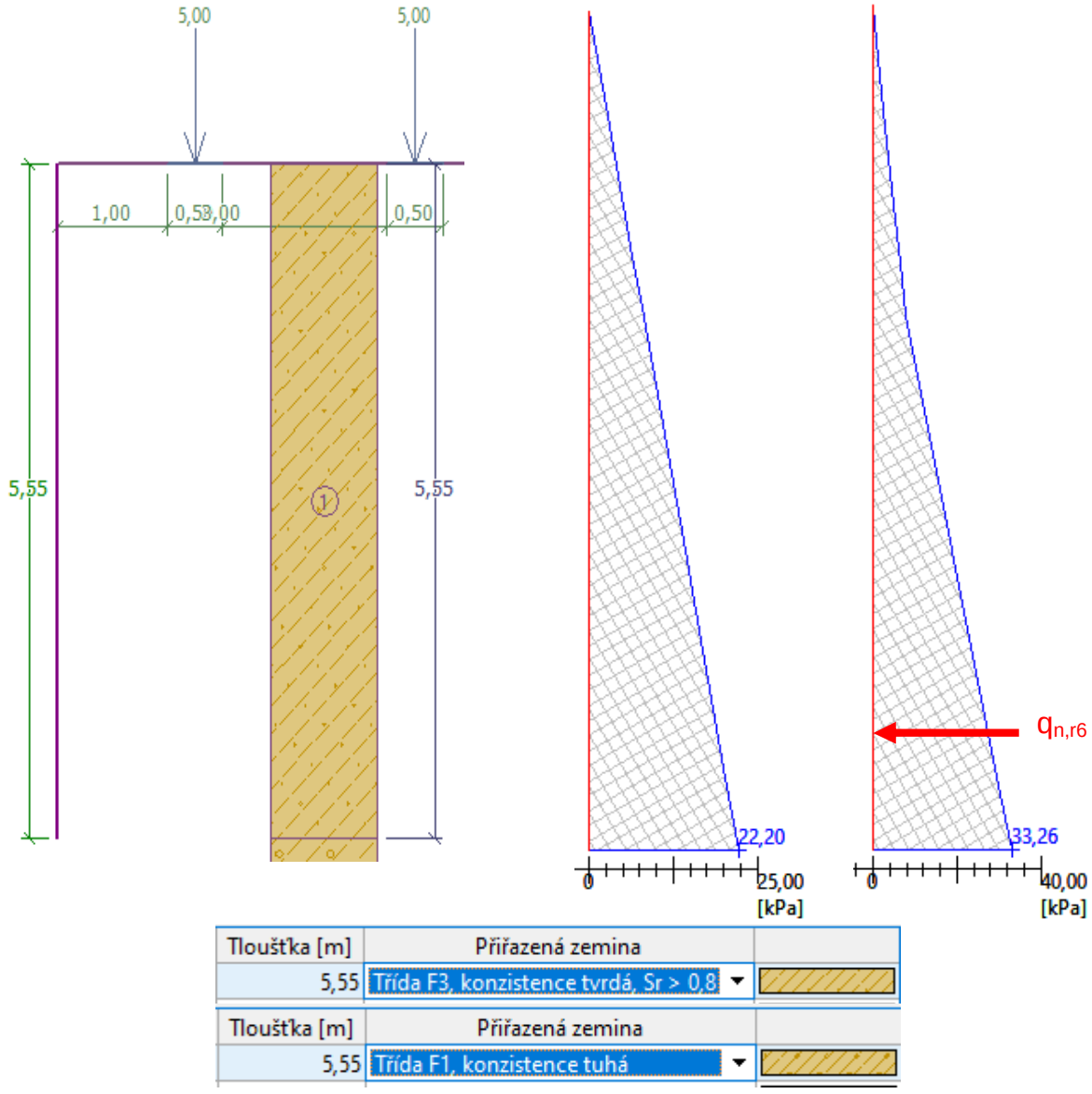
Předpokládá se *zatížení aktivním zemím tlakem s přitížením povrchu rypadlem*.

Vzhledem k nejistotě geologické stavby byla simulována řada možných stavů a v návaznosti na zjištěná napětí jsou dokládány 2 mezní. Ty na celou hloubku šachty uvažují se zeminami třídy F1 a F3, přičemž skladba vozovky se zanedbává:

zemina F1 - MG – hlinitoštěrkovitá, tuhé konzistence

zemina F3 - MS – hlinitopísčitá, tvrdé konzistence

Uvažovány směrné normové charakteristiky.



Obrázek 9. Minimální dimenzační aktivní zemní tlak [kPa]

Teoreticky nejvíce namáhaný spodní rám bude uložen na hornině a celý zabetonován, takže pro účely výpočtu se uvažuje předposlední rám, tjč. 6, v zeminách F1:

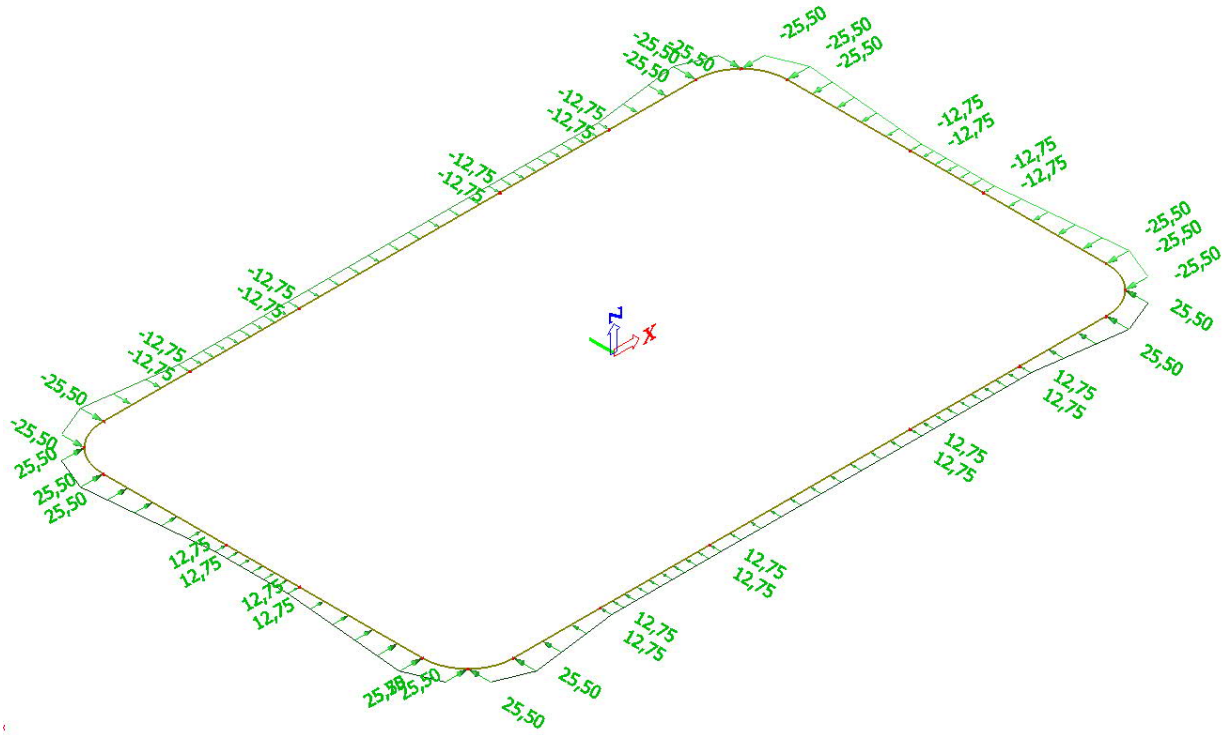
$\mathbf{q_{d,r6}} = \mathbf{q_{n,r6}} \cdot \Psi$

$\mathbf{q_{d,r5}} = 24{,}5 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}3 = \mathbf{25{,}5\ kN}$

Zóna snížení tlaku

$a_L = \left(0{,}35 - 0{,}06 \cdot \frac{H}{L}\right) \cdot H = 1{,}48$ m

$a_B = \left(0{,}35 - 0{,}06 \cdot \frac{H}{B}\right) \cdot H = 1{,}20$ m



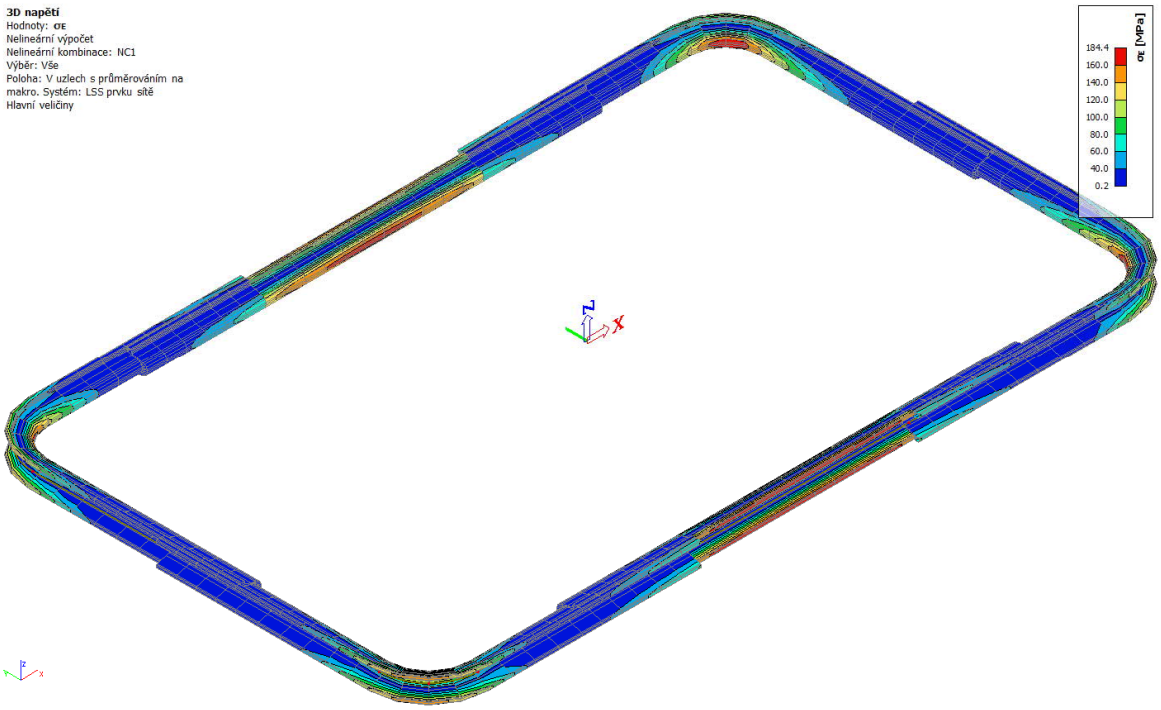
Obrázek 10. Zatížení posuzovaného vodorovného rámu [kN]

4.4 POSOUZENÍ

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

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

<u>184,4 MPa < 295 MPa → rám vyhovuje s 37 % rezervou</u>



Obrázek 11. Průběh celkového napětí σ_E ve 3D[MPa]

3D napětí

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: Dílec

Jméno	dx [m]	Vlákno	Stav	σ_E [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	τ_{xy} / τ_{xs} [MPa]	τ_{xz} / τ_{xs} [MPa]
B30	0,600-	14	NC1	**9,1**	0,0	-9,1	0,0	0,0
B30	0,500-	41	NC1	**183,7**	0,0	-183,7	0,0	0,0
B33	0,197+	27	NC1	**11,9**	1,2	-11,2	-3,7	0,0
B33	0,197-	7	NC1	**173,4**	0,0	-173,4	0,0	0,4
B35	0,563+	44	NC1	**2,2**	0,7	-1,8	-1,1	0,0
B35	0,000	7	NC1	**142,4**	0,0	-142,4	0,0	0,4
B36	0,000	44	NC1	**1,4**	0,3	-1,3	0,6	0,0
B36	0,675	7	NC1	**144,1**	0,0	-144,1	0,0	-0,6
B37	0,197-	37	NC1	**11,4**	1,0	-10,9	-3,3	0,0
B37	0,197-	7	NC1	**176,3**	0,0	-176,3	0,0	-0,1
B38	0,500+	2	NC1	**9,1**	0,0	-9,1	0,0	0,0
B38	0,600+	23	NC1	**184,4**	0,0	-184,4	0,0	0,0
B39	0,356-	23	NC1	**7,1**	0,0	-7,1	0,0	0,0
B39	0,000	9	NC1	**126,9**	0,0	-126,9	0,0	-1,7
B40	0,197+	37	NC1	**11,8**	1,2	-11,2	-3,7	0,0
B40	0,197-	9	NC1	**172,6**	0,0	-172,6	0,0	-0,4
B42	0,000	20	NC1	**1,4**	0,3	-1,2	0,6	0,0
B42	0,675	9	NC1	**144,0**	0,0	-144,0	0,0	0,6
B43	0,197+	37	NC1	**11,5**	1,2	-10,9	3,6	0,0
B43	0,197+	7	NC1	**176,7**	0,0	-176,7	0,0	0,1
B44	0,000	23	NC1	**0,8**	0,0	-0,8	0,0	-0,1
B44	0,000	7	NC1	**12,1**	0,0	-12,1	0,0	0,1
B45	0,119-	23	NC1	**6,0**	0,0	-6,0	0,0	-0,3
B45	0,475	7	NC1	**127,4**	0,0	-127,4	0,0	-1,8
B46	0,563+	20	NC1	**2,2**	0,6	-1,8	-1,1	0,0
B46	0,000	9	NC1	**141,7**	0,0	-141,7	0,0	-0,4
B48	0,400	25	NC1	**0,2**	0,1	-0,2	0,0	0,1
B48	0,000	7	NC1	**10,2**	0,0	-10,2	0,0	0,2
B49	0,600	35	NC1	**8,0**	7,7	-0,6	2,0	-0,7
B49	0,000	9	NC1	**71,3**	71,3	0,0	0,0	1,6
B50	0,500-	29	NC1	**2,5**	1,9	-0,9	1,1	0,8
B50	0,000	23	NC1	**80,4**	0,1	-80,4	0,0	2,0
B51	0,000	35	NC1	**8,2**	7,9	-0,6	-2,0	0,7
B51	0,600	9	NC1	**71,5**	71,4	0,0	0,0	-1,6
B52	0,100+	29	NC1	**2,5**	1,9	-0,9	-1,1	-0,8
B52	0,600	23	NC1	**80,5**	0,1	-80,5	0,0	-2,0
B53	0,356+	23	NC1	**6,5**	0,0	-6,5	0,0	0,3
B53	0,000	7	NC1	**126,7**	0,0	-126,7	0,0	1,8
B54	0,400	41	NC1	**0,3**	0,2	-0,2	0,0	-0,2
B54	0,000	9	NC1	**10,0**	0,0	-10,0	0,0	-0,2
B55	0,000	41	NC1	**0,8**	0,0	-0,8	0,0	0,0
B55	0,000	9	NC1	**12,1**	0,0	-12,1	0,0	0,0
B56	0,000	11	NC1	**1,5**	1,4	-0,2	-0,4	-0,3
B56	0,600	41	NC1	**80,7**	0,0	-80,7	0,0	0,9
B57	0,000	45	NC1	**8,2**	0,2	-8,1	-0,9	1,1
B57	0,600	7	NC1	**71,6**	71,6	0,0	0,0	0,4
B58	0,600	11	NC1	**1,7**	1,6	-0,2	0,4	0,3
B58	0,000	41	NC1	**81,0**	0,0	-81,0	0,0	-0,9
B59	0,600	45	NC1	**8,4**	0,2	-8,2	0,9	-1,1
B59	0,000	7	NC1	**71,9**	71,9	0,0	0,0	-0,4
B60	0,119+	23	NC1	**8,3**	0,0	-8,3	0,0	-0,6
B60	0,475	9	NC1	**125,3**	0,0	-125,3	0,0	1,7

5 RÁM ŠTOLY

5.1 KONSTRUKCE A MATERIÁLY

RÁM ŠTOLY – válcovaný profil K21, ocel 11 500, fy = 295 MPa

Spojení jednotlivých dílů vodorovného rámu je navrženo s přesahem min. 400 mm jištěným **2 třmenovými spoji**. Rámy osazeny v osové rozteči 0,8 m na příčné prahy z UPN 160.

ZTUŽENÍ – plochá ocel PLO 70/10, S235 JR, fy = 235 MPa

Ztužení provedeno v počtu 4 ks/rám.

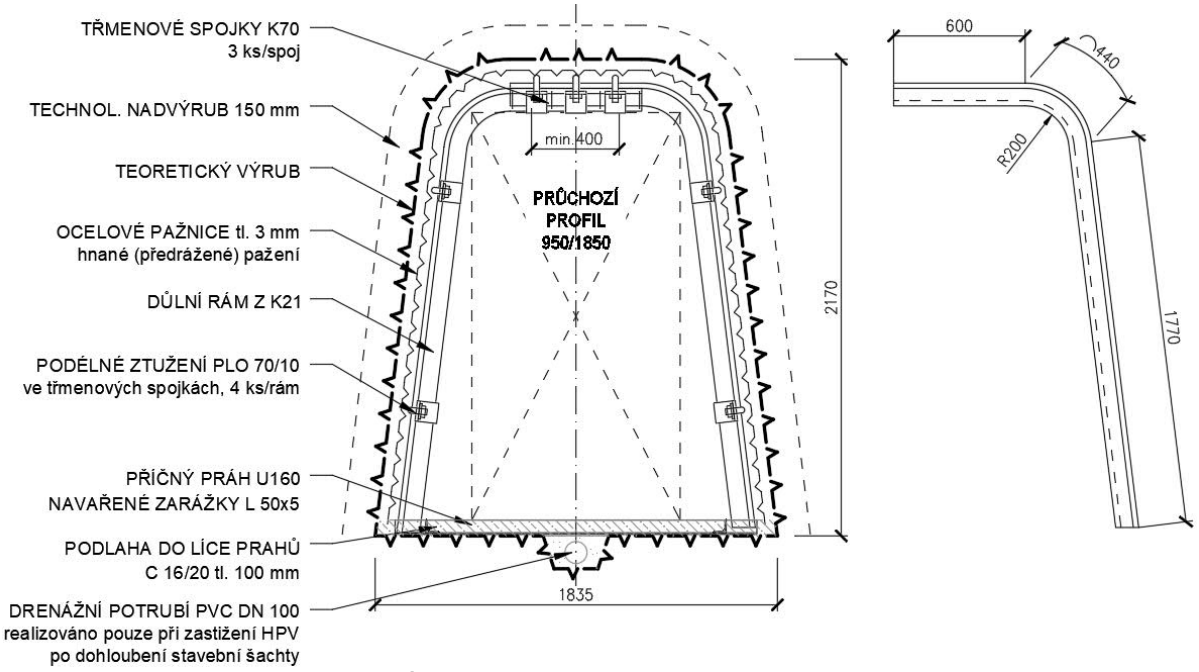
SPOJE DÍLŮ RÁMU – třmenové spoje K70 s maticí M27

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

PAŽNICE - ocelové Union tl. 3mm, ocel S235 JR, f_y = 235 MPa

Po osazení pažení musí dojít k okamžité aktivaci odstavnými klíny.

PŘÍČNÝ PRÁH – válcovaný profil U160, S235 JR, f_y = 235 MPa



Obrázek 12. Profil štoly LB3 z profilu K21

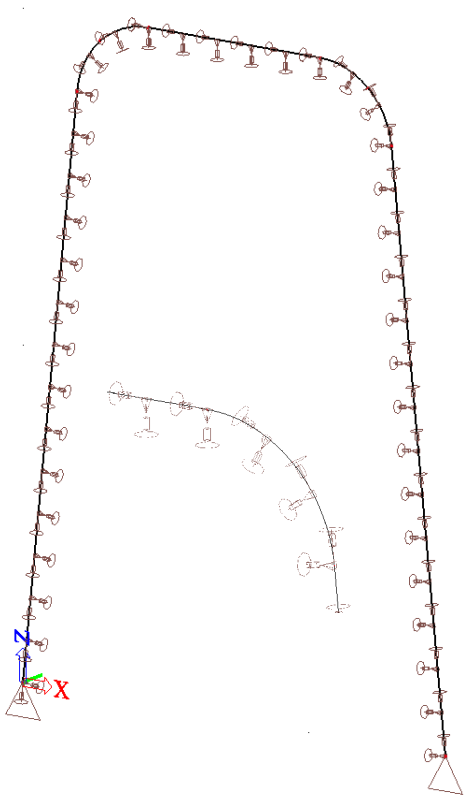
5.2 STATICKÝ MODEL

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

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

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

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



Obrázek 13. Statický model rámu [kN]

5.3 ZATÍŽENÍ

Ražená štola bude realizována v prostředí říčních náplav a svahových sutí, které jsou si z hlediska geotechnických parametrů blízké. Výjimkou je vozovka, která však činí pouze cca 10 % nadloží a působí pozitivně ve smyslu roznášení zatížení. Vzhledem k tomu uvažuji po celé výšce nadloží konzervativně střední hodnoty geotechnických parametrů vrstev.

Zatížení od horniny dle Bierbaumera

VSTUPNÍ ÚDAJE

šířka výrubu	b =	1,5 m
výška výrubu	H =	2,2 m
max. výška nadloží	h =	3,5 m
úhel vnitřního tření	φ =	27 °
objemová tíha zeminy	γ =	19,0 kN/m^3
rozteč rámů	r =	0,8 m
bezpečnostní součinitel	ψ =	1,3

VÝPOČET

Tíha sloupce horniny nad výrubem

$$P = \gamma * h * B$$

99,75 kN/m

Aktivní tlak zeminy nad smykovou rovinou aktivního tlaku (klínu zeminy)

$$P_1 = 0{,}5 * \gamma * h^2 * tg^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$$

43,70 kN/m

Tření na styku klínu zeminy a sloupce horniny nad výrubem

$$P^+ = P_1 * tg\phi$$

22,27 kN/m

Celkové zatížení stropu výrubu (svislý tlak horniny) **55,22 kN/m**

$$Q = P - 2P^+$$

SVISLÉ VÝPOČTOVÉ ZATÍŽENÍ NA STROPNÍ RÁM:

$$Qsd = Gr/b \cdot \psi \cdot r$$

38,28 kN/m

Boční tlak horniny v úrovni stropu

$$e_1 = \gamma * H * tg^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$$

24,97 kN/m^2

VODOROVNÉ VÝPOČTOVÉ ZATÍŽENÍ V ÚROVNI STROPU

$$Q_{e1d} = e_1 \cdot \psi \cdot r$$

25,97 kN/m

Boční tlak horniny v úrovni dna

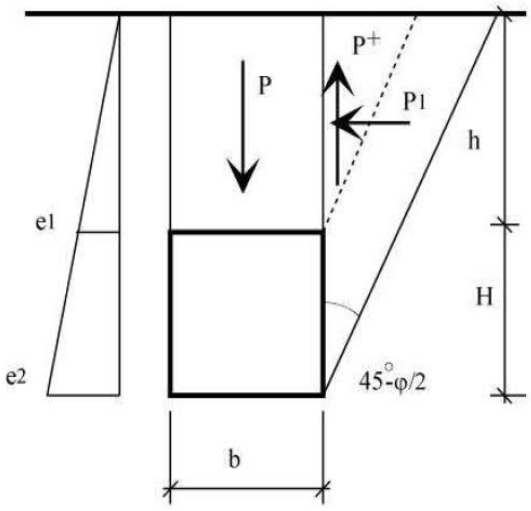
$$e_2 = \gamma * (H + H_t) * tg^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

40,46 KN/m2

VODOROVNÉ VÝPOČTOVÉ ZATÍŽENÍ V ÚROVNI DNA

$$Q_{e2d} = e_2 \cdot \psi \cdot r$$

42,07 kN/m

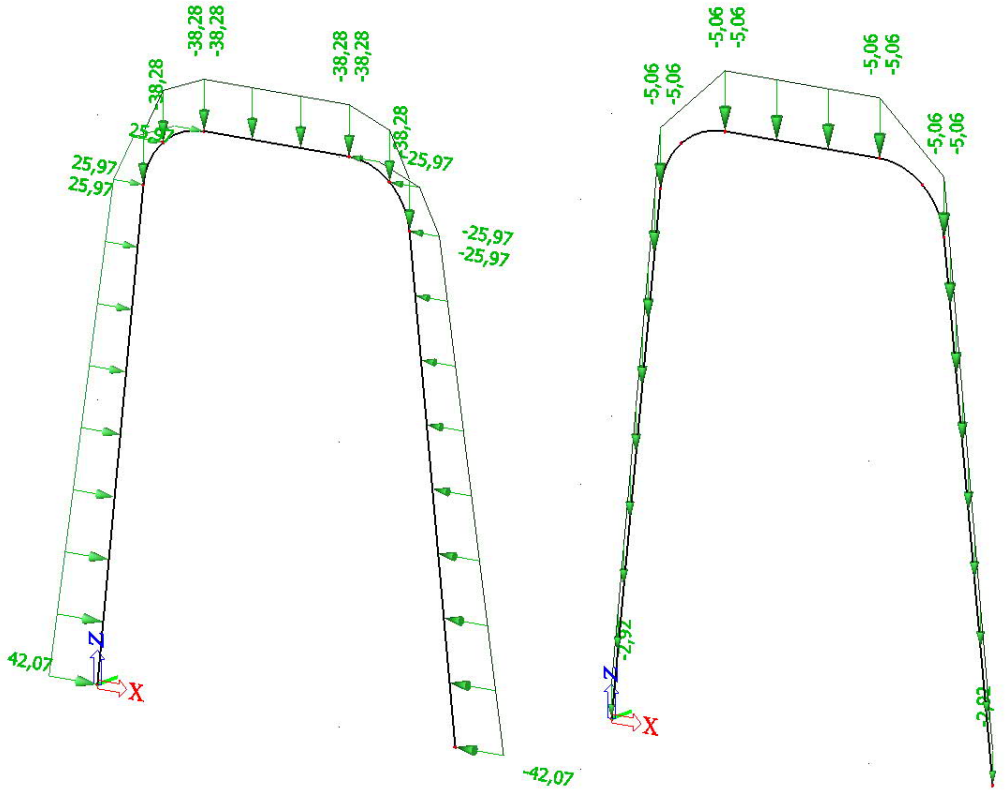


Obrázek 14. Schéma zatížení dle Bierbaumera

Zatížení od dopravy

Nákladní vozidlo Tatra T158-8P6R33.341

Max. dovolená hmotnost	30,00	t
Max. zatížení nápravy	11,50	t
Roznášecí úhel	30,00	°
Bezp. foeficient	1,30	
Rozteč rámů	0,80	m
Hloubka klenby	3,20	m
Svislý tlak v úrovni klenby	3,11	kN/m^2
Návrhový svislý tlak na klenbu rámu	**5,06**	**kN/m**
Hloubka počvy	5,55	m
Svislý tlak v úrovni počvy	1,80	kN/m^2
Návrhový svislý tlak na počvu rámu	**2,92**	**kN/m**



Obrázek 15. Zatěžovací stavy rámu – zemina, doprava [kN]

5.4 POSOUZENÍ

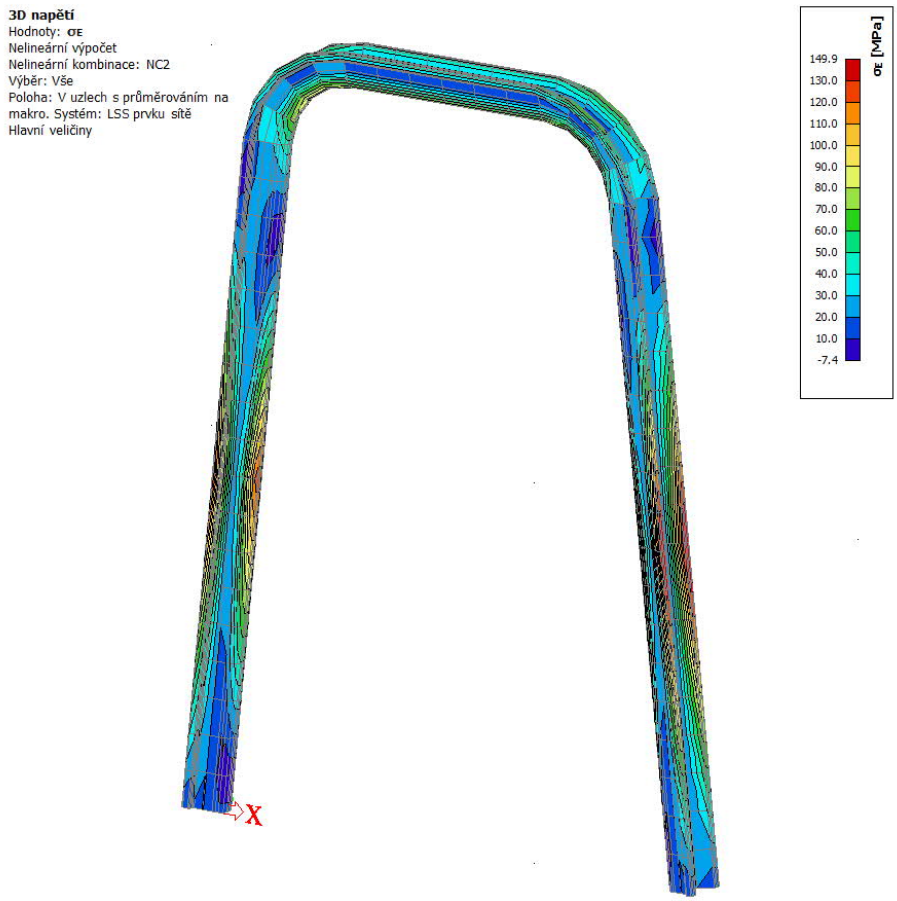
Podmínka plasticity von Mises (σ_E) : celkové napětí (normálové + smykové) nesmí přesáhnout napětí dovolené, tj. mez kluzu oceli E295.

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

3D napětí

Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NC2
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	σ_E [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	T_{xy} / T_{xs} [MPa]	T_{xz} / T_{xs} [MPa]
B9	1,693	6	NC2	**1,7**	1,4	-0,5	0,0	-0,8
B13	0,896+	39	NC2	**149,9**	0,0	-149,9	0,0	0,0



Obrázek 16. Průběh celkového napětí σ_E ve 3D [MPa]

<u>149,9 MPa < 295 MPa → nosný rám štoly vyhovuje s 50 % rezervou</u>

6 ZÁVĚR

Navržená dočasná výztuž šachty i štoly vyhovuje předpokládanému zatížení a to s dostatečnou rezervou.

V případě změny (zhoršení) vnějších 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.