

Zak. č. : **3102/DSP-2017 (40106/78P/17)**

Arch. č. : **3102/02**

Příl. č. : **D.2.d**

**SmVak Ostrava a.s.
Aqualia infraestructuras inženýring s.r.o.**

Mniší - výměna vodovodního řadu

Dokumentace pro vydání stavebního povolení (DSP)

D.2.d Statický výpočet

Hlavní inženýr projektu : Ing. Sergej Gorbunov
Vypracoval : Ing. David Kotek

1/ Úvod

1. Použitá literatura

ČSN EN 1990 – Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1 – Eurokód: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1997-1 – Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla

Ing. Serafina Kristková, CSc.: Zakládání staveb – návody do cvičení (vysokoškolská skripta VUT Brno)

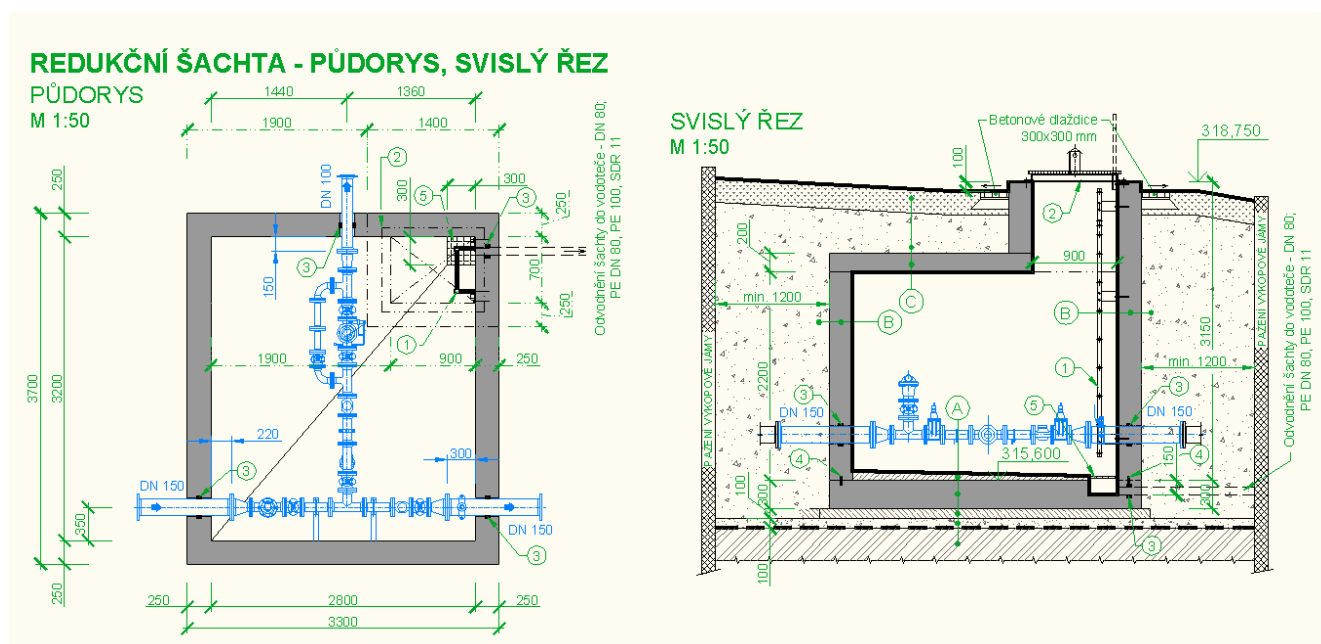
2. Předmět statického výpočtu

Předložený statický výpočet řeší:

- posouzení objektů na vodovodním řadu (redukční šachta, včetně návrhu výztuže ŽB konstrukcí)
- předběžný návrh pažení stavební jámy redukční šachty
- koncept řešení statického zajištění stávajících objektů, které by mohly být s ohledem na prostorové a výškové poměry ohroženy prováděním zemních prací při pokládce vodovodního potrubí
- protlak pod komunikací

1/ Redukční šachta

Schéma redukční šachty – půdorys, svislý řez



Stručný popis konstrukce

Redukční šachta je navržena jako monolitická železobetonová.

Půdorysné rozměry (vnitřní) 2,8 x 3,2 m, světlá výška 2,2 m.

Tloušťka dna je navržena 0,3 m, tloušťka stěn 0,25 m a tloušťka stropní desky 0,2 m.

Redukční šachta je situována v nezpevněné ploše.

1.1/ Založení redukční šachty

Stavební jáma pro výstavbu redukční šachty je navržena jako pažená (předběžně navrženy svislé pažnice UNION rozepřené vodorovnými nosnými rámy). Pažení je navrženo půdorysně odsazené s manipulačním prostorem min. 1,2 m mezi konstrukcí pažení a vnějším povrchem ŽB stěn šachty.

Po postupném provedení pažení a výkopu stavební jámy bude na základovou spáru položena geotextilie o minimální gramáži 400 g/m², na ni pak bude proveden podkladní štěrkový podsyp frakce 8-16 mm, tloušťky 100 mm a podkladní beton C 16/20 tloušťky 100 mm.

Poznámka:

Návrh pažení je pouze koncepční, podrobný návrh pažících konstrukcí je součástí dodavatelské dokumentace.

1.2/ Posouzení redukční šachty na vztlak PV

Objekt redukční šachty je posouzen na vztlak vyvozený podzemní vodou (PV).

Není známá úroveň hladiny podzemní vody – pro výpočet je uvažováno s podzemní vodou dosahující úroveň upraveného terénu.

Do odporu konstrukce působícího proti vztlaku je započtena pouze hmotnost konstrukcí a tření zeminy (nadlehčené vodou) na vnějším betonovém plášti šachty.

Výškové poměry:

Výška vody pro výpočet vztlaku: $h_{v,1} = 2,7$ m (šachta)

$h_{v,2} = 1,2$ m (vstupní komínek)

Vnější obetonování je výškově nad hladinou podzemní vody.

Půdorysné rozměry (vnější):

Pro část odpovídající výšce $h_{v,1}$ $A \times B = 3,5 \times 3,0$ m

Pro část odpovídající výšce $h_{v,2}$ $A \times B = 1,4 \times 1,2$ m

1/ vztlaková síla

součinitel zatížení vztlakem $\gamma_{G,dstb} = 1,2$

$$U_{dstb,k} = (3,7 \cdot 3,3 \cdot 2,7 + 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,2) \cdot 10 = 350 \text{ kN}$$

$$U_{dstb,Ed} = 350 \cdot 1,2 = 420 \text{ kN}$$

2/ odpor konstrukcesoučinitel zatížení $\gamma_g = 0,9$

- Dno šachty: $3,7*3,3*0,3*25*0,9 = 82,0 \text{ kN}$
- Stěny šachty: $(2*3,7+2*2,8)*2,2*0,25*25*0,9 = 161,0 \text{ kN}$
- Stropní deska: $3,7*3,3*0,2*25*0,9 = 55,0 \text{ kN}$
- Vstupní komínek: $(2*1,4+2*0,7)*1,3*0,25*25*0,9 = 23,6 \text{ kN}$
- Zemina na stropní desce: $(3,7*3,3-1,4*1,2)*1,2*8*0,9 = 91,0 \text{ kN}$

$$G_{\text{stb,Ed}} = 82,0 + 161,0 + 55,0 + 23,6 + 91,0 = 413,0 \text{ kN} \quad (\text{bez vlivu tření zeminy na stěnách šachty})$$

3/ Posouzení

$$G_{\text{stb,Ed}} = 413 \text{ kN} < U_{\text{dstb,Ed}} = 420,0 \text{ kN}$$

Odpor konstrukce je nepatrně nižší než návrhová hodnota vztlakové síly – na straně bezpečnosti je tření zeminy na stěnách šachty, které není v odporu konstrukce započteno.

Závěr:

Objekt redukční šachty vyhoví na vztlak podzemní vody na úrovni upraveného terénu.

1.3/ Železobetonové konstrukce**1.3.1/ Stropní deska**

Monolitická železobetonová stropní deska, po celém obvodu prostě uložená na stěny šachty. Půdorysné rozměry (výpočtové) jsou 3,0 x 3,4 m.

Tloušťka desky je navržena 0,2 m, deska bude zatížena zeminou tloušťky 0,75 m a proměnným zatížením na povrchu terénu.

Zatížení

1/ stálé:	zemina:	$0,75*19$	$= 14,3 \text{ kN/m}^2$
	vl.hmotnost desky:	$0,2*25$	$= 5,0 \text{ kN/m}^2$
		$g_k = 19,3 \text{ kN/m}^2$	
	součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,35$	
		$g_{Ed} = 19,3*1,35 = 26,0 \text{ kN/m}^2$	
2/ proměnné na povrchu terénu:		$q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$	
	součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,5$	
		$q_{Ed} = 10*1,5 = 15,0 \text{ kN/m}^2$	

Vnitřní síly

Ohybové momenty: $a = 3,0 \text{ m}, b = 3,4 \text{ m}, \gamma = a/b = 3/3,4 = 0,88$

$$M_x = 0,0557*(26+15)*3,0^2 = 20,6 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0,0344*(26+15)*3,4^2 = 16,3 \text{ kNm}$$

Návrh výztuže: KARI síť 8/150 x 8/150 mm**Posouzení:**

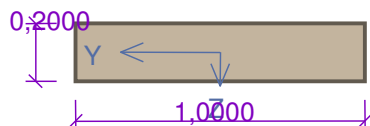
Posouzení n a únosnost – programem FIN EC – Beton:

1 Vodovod Mniší**Součinitele výpočtu**

Uvažovány dle normy ČSN EN 1992-1-1.

2 Stropní deska**2.1 Vstupní data**

Typ prvku: nosník
 Prostředí: X0 - bez nebezpečí koroze
 Požadovaná třída betonu: C12/15

Průřez**Materiály**

• Beton :

C25/30**Beton : C25/30**

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25,0$ MPa
 Pevnost v tahu $f_{ct} = 2,6$ MPa
 Modul pružnosti $E_{cm} = 30500,0$ MPa

Ocel podélná : Sítě (SZ)

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa
 Pevnost v tlaku $f_{tk} = 500,0$ MPa
 Modul pružnosti $E = 200000,0$ MPa

Ocel příčná : Sítě (SZ)

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa
 Pevnost v tlaku $f_{tk} = 500,0$ MPa
 Modul pružnosti $E = 200000,0$ MPa

Vnitřní síly - základní (MSU)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	V_{Edz} [kN]	V_{Edy} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	T_{Ed} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	0,00	0,00	0,00	20,60	0,00	0,00	1,000

Vyztužení průřezu

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
6	8,0	25,0	dolní výztuž

S tlačnou výztuží není počítáno.

Smyková výztuž

Průřez bez smykové výztuže.

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(8; 10; 10) = 10\text{mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 10 + 10 = 20\text{mm}$$

2.2 Výsledky

Posouzení min. a max. plochy výztuže

Nosník (tažená výztuž):

$$A_{s,\min} = 231,2\text{mm}^2 \leq A_s = 301,6\text{mm}^2 \leq A_{s,\max} = 8000,0\text{mm}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	T_{Ed} T_{Rd} [kNm]	Posouzení
1	Zat. případ 1	0,00	0,00	0,00	20,60	0,00	0,00	Vyhovuje
		0,00	0,00	0,00	22,77	0,00	0,00	

Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) VYHOVUJE

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití průřezu: 90,5 %

Vyhoví na únosnost

1.3.2/ Stěny šachty

Stěny šachty jsou pro výpočet uvažovány jako po třech stranách vetknuté (dno a sousední stěny), nahoře volně podepřené stropní deskou.

Zatížení – zemním tlakem a přitížením od proměnného zatížení na povrchu terénu.

Zatížení

1/ zemní tlak

Objemová hmotnost zeminy (odhadem):

$$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$$

Zemní tlak v klidu:

$$K_r = 0,667$$

Zemní tlak:

$$\sigma_k = 3,15 \cdot 21 \cdot 0,667 = 44,0 \text{ kN/m}^2$$

součinitel zatížení

$$\gamma_f = 1,35$$

$$\sigma_{Ed} = 44 \cdot 1,35 = 60,0 \text{ kN/m}^2$$

2/ přitížení

$$\sigma_k = 10 \cdot 0,667 = 6,67 \text{ kN/m}^2$$

součinitel zatížení

$$\gamma_f = 1,5$$

$$\sigma_{Ed} = 6,67 \cdot 1,5 = 10,0 \text{ kN/m}^2$$

Vnitřní síly

Ohybové momenty: $a = 2,4 \text{ m}$, $b_{\max} = 3,4 \text{ m}$, $\gamma = 2,4/3,4 = 0,7$

1/ od zemního tlaku

$$M_{sv_{\max}} = 0,0505 \cdot 60 \cdot 2,4^2 = 17,5 \text{ kNm}$$

$$M_{vod_{\max}} = 0,0170 \cdot 60 \cdot 3,4^2 = 11,8 \text{ kNm}$$

2/ od přetížení

$$M_{sv_{max}} = 0,0906 \cdot 10 \cdot 2,4^2 = 5,2 \text{ kNm}$$

$$M_{vod_{max}} = 0,0381 \cdot 10 \cdot 3,4^2 = 4,4 \text{ kNm}$$

Celkové momenty:

$$M_{sv_{max}} = 17,5 + 5,2 = 22,7 \text{ kNm}$$

$$M_{vod_{max}} = 11,8 + 4,4 = 16,2 \text{ kNm}$$

Návrh výztuže: KARI síť 8/150 x 8/150 mm**Posouzení:**

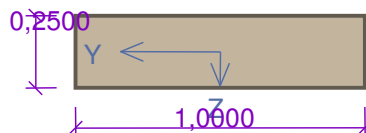
Posouzení na únosnost – programem FIN EC – Beton:

1 Vodovod Mniší**Součinitele výpočtu**

Uvažovány dle normy ČSN EN 1992-1-1.

2 Stěny**2.1 Vstupní data**

Typ prvku: nosník
 Prostředí: X0 - bez nebezpečí koroze
 Požadovaná třída betonu: C12/15

Průřez**Materiály**

• Beton :

C25/30**Beton : C25/30**Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$ Pevnost v tahu $f_{ct} = 2,6 \text{ MPa}$ Modul pružnosti $E_{cm} = 30500,0 \text{ MPa}$ **Ocel podélná : Sítě (SZ)**Mez kluzu $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ Pevnost v tlaku $f_{tk} = 500,0 \text{ MPa}$ Modul pružnosti $E = 200000,0 \text{ MPa}$ **Ocel příčná : Sítě (SZ)**Mez kluzu $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ Pevnost v tlaku $f_{tk} = 500,0 \text{ MPa}$ Modul pružnosti $E = 200000,0 \text{ MPa}$ **Vnitřní síly - základní (MSU)**

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	V_{Edz} [kN]	V_{Edy} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	T_{Ed} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	0,00	0,00	0,00	22,70	0,00	0,00	1,000

Vyztužení průřezu

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
6	8,0	30,0	dolní výztuž

S tlačnou výztuží není počítáno.

Smyková výztuž

Průřez bez smykové výztuže.

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(8; 10; 10) = 10\text{mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 10 + 10 = 20\text{mm}$$

2.2 Výsledky

Posouzení min. a max. plochy výztuže

Nosník (tažená výztuž):

$$A_{s,\min} = 292,0\text{mm}^2 \leq A_s = 301,6\text{mm}^2 \leq A_{s,\max} = 10000,0\text{mm}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	T_{Ed} T_{Rd} [kNm]	Posouzení
1	Zat. případ 1	0,00	0,00	0,00	22,70	0,00	0,00	Vyhovuje
		0,00	0,00	0,00	28,88	0,00	0,00	

Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) VYHOVUJE

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití průřezu: 78,6 %

Vyhoví na únosnost

Poznámka:

Použitý program umožňuje zadat počet výztužných prutů pouze celým číslem. Pro průřez šířky 1,0 m a výztužné pruty po 150 mm (6,67 ks/m) je zadáno 6 ks výztužných prutů – posouzení je na straně bezpečnosti.

Závěr:

1/ dno – u dolního líce KARI síť 8/150 x 8/150 mm, s krytím 30, mm, vytaženy k vnějšímu líci stěn.

2/ stěny – u vnějšího líce KARI síť 8/150 x 8/150 mm, s krytím 25 mm.

3/ stropní deska – celoplošně KARI síť 8/150 x 8/150 mm, u dolního i horního líce, s krytím 25 mm.

Vzájemný přesah sítí – 200 mm (v obou směrech).

2/ Statické zajištění objektů

Navržený vodovodní řad se v některých lokalitách přibližuje stávajícím objektům, převážně rodinným domkům.

V rámci zajištění stability dotčených objektů při výstavbě navrhovaného vodovodního řadu byl proveden vizuální průzkum těchto objektů, případně byl s majiteli, resp. provozovatelem konzultován stav a konstrukční uspořádání těchto objektů (za účelem zjištění hloubky založení).

U všech níže uvedených objektů je nepodsklepená buď jen část objektu, nebo jsou tyto objekty nepodsklepeny v celém rozsahu (v celé délce souběžné s navrženou kanalizací).

Pro předmětné objekty byly zkresleny zjednodušené příčné řezy se zakreslením odhadovaných základových konstrukcí (hl. založení cca 800 mm), výkopu pro potrubí vodovodního řadu a úhlu vnitřního tření pro konkrétní zeminy v daném místě. Šířka výkopu je pro vodovodní potrubí DN 150 uvažována jednotně 1000 mm. Hloubka výkopu je po celé délce přibližně stejná – 1,65 m.

Pro všechny objekty bylo provedeno porovnání osové vzdálenosti potrubí s bezpečnou vzdáleností – ta je dána předpokládanou hloubkou základové spáry stávajících objektů, hloubkou výkopu pro uložení kanalizačního potrubí v daném místě, a úhlem vnitřního tření zeminy v daném místě:

- hloubka základové spáry stávajících objektů - jednotně pro všechny objekty (odhadem):
 $h \cong 0,8 \text{ m}$ (pod úroveň okolního terénu)
- úhel vnitřního tření zeminy (podle IG průzkumu uvažována zemina F4 – písčité jíly)
 $\varphi = 25^\circ$
- hloubka výkopu H (odečteno z podélných profilů v daném místě)
- bezpečná vzdálenost: $L = (H-h)/\text{tg}\varphi$

U všech objektů, u kterých není možné dodržet bezpečnou vzdálenost, je navrženo jejich statické zajištění.

Statické zajištění objektů

Statické zajištění všech dotčených objektů je navrženo pomocí mikrozáporových stěn.

Mikrozápory jsou ocelové trubky ($\varnothing 102 \times 8,0 \text{ mm}$), osazené do svislých vrtů průměru 133 mm a zalité cementovou zálivkou.

Hloubka vrtů je obecně navržena jako minimálně dvojnásobek hloubky výkopu v daném místě.

Mikrozápory jsou navrženy půdorysně v přímce (ve svislé rovině) souběžné se zajišťovaným objektem. Půdorysná délka byla stanovena u každého objektu individuálně podle konkrétní situace.

Mikrozápory budou prováděny do výkopové rýhy průřezových rozměrů $0,5 \times 0,5 \text{ m}$, délky odpovídající délce mikrozáporové stěny zvětšené o $0,5 \text{ m}$ ($0,25 \text{ m}$ na každou stranu).

Osová vzdálenost jednotlivých mikrozápor je $0,5 \text{ m}$.

Po odvrtání svislých vrtů průměru 133 mm a požadované délky budou do vrtů osazeny ocelové trubky $\varnothing 102 \times 8,0 \text{ mm}$, s výškovým přesahem cca 200 mm do výkopové rýhy. Po osazení budou vrty zality cementovou zálivkou pevnosti 25 MPa .

Před zahájením zajišťovacích prací musí být provedena pasportizace všech zajišťovaných objektů (jejich podrobná prohlídka a zdokumentování současného stavebně-technického stavu – případné trhliny, praskliny, deformace a jiné statické poruchy).

Výpis zajišťovaných objektů:**1/ objekt č.p. 47 – rodinný dům**

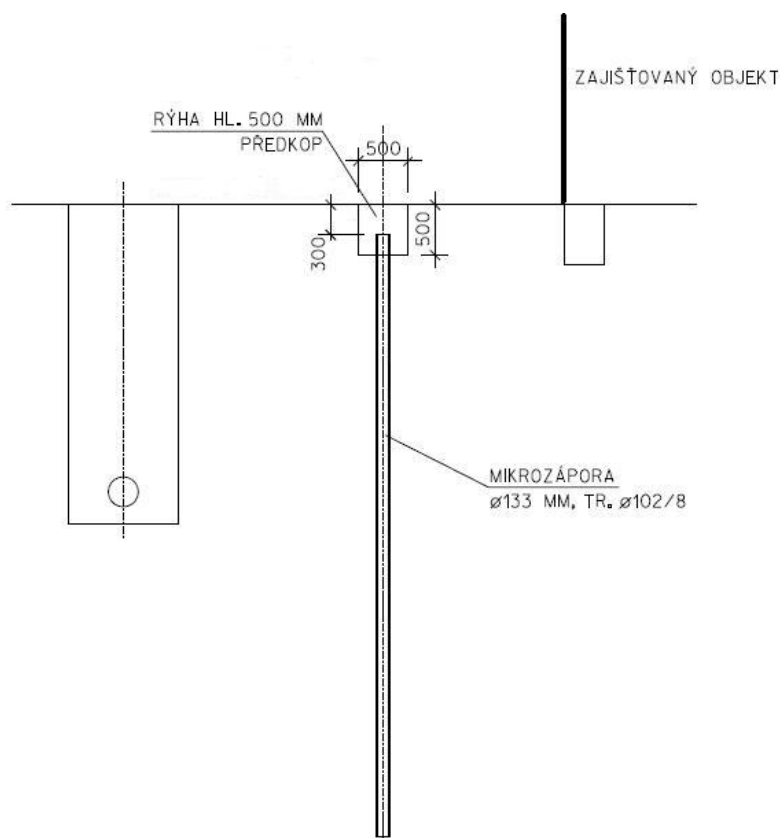
Objekt pravděpodobně nepodsklepený.

Návrh zajištění:	mikrozáporová stěna půdorysné délky	$L_m = 10,0 \text{ m}$
	délka výkopu pro mikrozápor	$L_v = 10,5 \text{ m}$
	délka/hloubka mikrozápor	$H = 4,0 \text{ m}$
	počet mikrozápor	$n = 21 \text{ ks}$

2/ objekt č.p. 11 – rodinný dům

Objekt pravděpodobně nepodsklepený.

Návrh zajištění:	mikrozáporová stěna půdorysné délky	$L_m = 6,0 \text{ m}$
	délka výkopu pro mikrozápor	$L_v = 6,5 \text{ m}$
	délka/hloubka mikrozápor	$H = 4,0 \text{ m}$
	počet mikrozápor	$n = 13 \text{ ks}$

Samotný výkop pro kanalizaci bude realizován v pažících boxech.**U ostatních objektů je navrženo zajištění výkopu pouze pomocí systémového pažení – pažících boxů.****Schema mikrozápor – svislý řez:****Poznámka:****Detailní návrh zajištění objektů mikrozáporami je součástí dodavatelské dokumentace.**

3/ Provizorní překrytí výkopové rýhy

Pro zajištění příjezdu k objektům během provádění výkopových prací v místě otevřeného výkopu je navrženo překrytí výkopové rýhy ocelovým plechem. Pro výpočet tloušťky plechu je uvažováno s pojezdem plechu osobním nebo lehkým nákladním automobilem o celkové hmotnosti **max. 3,5 t** (kategorie dopravních ploch F).

Šířka výkopu v úrovni komunikace je max. 1,2 m.

Zatížení:

Osobní a lehký nákladní automobil

celková hmotnost vozidla

$$m = 3,5 \text{ t}$$

zatížení jedné (více zatížené) nápravy

$$Q_k = 25,0 \text{ kN}$$

zatížení na jedno kolo:

kolo zadní nápravy

$$Q_k/2 = 12,5 \text{ kN}$$

model jedné nápravy:

rozteč kol

$$B = 1,8 \text{ m}$$

součinitel zatížení

$$\gamma_Q = 1,5$$

dynamický součinitel

$$\delta = 1,3$$

Pro výpočet je uvažováno pouze se zatížením jedním kolem, na šířku plechu (ve směru osy výkopu) 1,0 m.

$$Q_{k,1} = 12,5 \text{ kN}$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

$$Q_{Ed,1} = 12,5 * 1,5 * 1,3 = 24,4 \text{ kN}$$

Zatížení plechem – odhadem navržena tloušťka 30 mm (pro výpočet zatížení):

$$g_k = 78,5 * 0,03 = 2,355 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_G = 1,35$$

$$g_{Ed} = 2,355 * 1,35 = 3,18 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly – moment:

Výpočtové rozpětí:

$$l = 1,0 \text{ m}$$

$$M_D = 1/8 * 3,18 * 1,2^2 + 1/4 * 24,4 * 1,2 = 0,4 + 6,1 = 7,8 \text{ kNm}$$

Navrženo:

ocelový plech tloušťky 15 mm, šířka plechů je min. 1,0 m

$$(W = 1/6 * 1,0 * 0,015^2 = 37,5 * 10^{-6} \text{ m}^3, I = 1/12 * 1,0 * 0,015^3 = 2,81 * 10^{-7} \text{ m}^4)$$

Posouzení:

a/ na únosnost (MSÚ)

Posouzení bylo provedeno programem FIN EC – ocel.

1 Vodovod Mniší

2 Norma

Norma výpočtu EN 1993-1-1

Výpočet je proveden podle České národní přílohy.

Součinitel únosnosti průřezu $\gamma_{M0} = 1,000$ Součinitel únosnosti při posouzení stability $\gamma_{M1} = 1,000$ Součinitel únosnosti oslabeného průřezu $\gamma_{M2} = 1,250$

3 Plech

3.1 Vstupní data

Délka dílce: 2,000 m**Průřez****Název:** tyč hranatá

KONSTRUKČNÍ OCEL, PLNÝ - TYČ HRANATÁ	
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 15,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 1000,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 1,500\text{E}+04 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 500,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 7,5 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 2,812\text{E}+05 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 1,250\text{E}+09 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 4,3 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 288,7 \text{ mm}$
moment tuhosti v prostém kroucení	$I_k = 1,012\text{E}+06 \text{ mm}^4$

Materiál**Název:** EN 10025 : Fe 360**Zatížení - vnitřní síly****Celkový počet zatěžovacích případů: 1**

Zatěžovací případ	N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]	T _t [kNm]	T _ω [kNm]	Bimoment [kNm ²]
Zat. případ 1	0,000	0,000	7,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

VzpěrDélka úseku pro vzpěr $L_z = 2,000 \text{ m}$ Součinitel vzpěrné délky k_z NezádánoDélka úseku pro vzpěr $L_y = 2,000 \text{ m}$ Součinitel vzpěrné délky k_y NezádánoDélka úseku pro vzpěr $L_\omega = 2,000 \text{ m}$ Součinitel vzpěrné délky k_ω Nezádáno

3.2 Výsledky

Celkové posouzení**Rozhodující zatěžovací případ:** Zat. případ 1**Třída průřezu:** 3

Vnitřní síly: $N = 0,000 \text{ kN}$; $M_y = 7,800 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $M_{y,R} = 8,813 \text{ kNm}$

$|0,000 + 0,885 + 0,000| = |0,885| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 461,9

Průřez vyhovuje

Využití

Využití průřezu: 88,5 %

Vyhoví na únosnost (MSÚ)

b/ na průhyb (MSP)

Posouzení na průhyb nebylo provedeno – jedná se o provizorní konstrukci.

Orientační průhyb: (pro desku tloušťky 15 mm a šířky 1000 mm, zatíženou kolem vozidla o hmotnosti do 3,5 t): $w_{z,max} = 5,6 \text{ mm}$

Závěr:

Provizorní překrytí výkopu maximální šířky 1,0 m je navrženo z ocelového plechu tloušťky 15 mm. Plech musí přesahovat hranu výkopu na každé straně minimálně o 500 mm.

Minimální šířka plechů je 1,0 m.

4/ Obsypy potrubí, zpětné zásypy, hutnění

Následující tabulka uvádí způsob hutnění obsypů a zásypů pro různé druhy obsypového a zásypového materiálu a pro různé druhy hutnících prostředků.

Tab. 5 Přehled hutnění, mocnosti vrstev a počtu pojezdů (ATV A 139)

(v tabulce jsou uvedeny směrné hodnoty; přesné nejnižší a nejvyšší hodnoty lze určit teprve na základě zkoušek)

Druh přístroje			Pohotov. hmot. kg	Třída zhutnitelnosti								
				V1 - nesoudržné a slabě soudržné zeminy (např. písek a štěrk)			V2 - soudržné zeminy se smíšenou zrnitostí (štěrk a písek s větším podílem hlinité a jílovité složky)			V3 - soudržné jemnozrnné zeminy (hlíny a jíly)		
				Vhodnost	Tloušťka vrstvy v cm	Počet pojezdů	Vhodnost	Tloušťka vrstvy v cm	Počet pojezdů	Vhodnost	Tloušťka vrstvy v cm	Počet pojezdů
1. Lehké hutnící prostředky (převážně pro zónu potrubí)												
Vibrační pěchy	Lehké	- 25	+	- 15	2 - 4	+	- 15	2 - 4	+	- 10	2 - 4	
	Střední	25 - 60	+	20 - 40	2 - 4	+	15 - 30	3 - 4	+	10 - 30	2 - 4	
Výbušné pěchy	Lehké	- 100	*	20 - 30	3 - 4	+	15 - 25	3 - 5	+	20 - 30	3 - 5	
Vibrační	Lehké	- 100	+	- 20	3 - 5	*	- 15	4 - 6	-	-	-	

desky	Střední	100-300	+	20 - 30	3 - 5	*	15 - 25	4 - 6	-	-	-
Vibrační válce	Střední	- 600	+	20 - 30	4 - 6	*	15 - 25	5 - 6	-	-	-
2. Střední a těžké hutní prostředky (nad zónou potrubí)											
Vibrační pěchy		25 - 60	+	20 - 40	2 - 4	+	15 - 30	2 - 4	+	10 - 30	2 - 4
	Těžké	60-200	+	40 - 50	2 - 4	+	20 - 40	2 - 4	+	20 - 30	2 - 4
Výbušné pěchy	Střední	100-500	*	20 - 40	3 - 4	+	25 - 35	3 - 4	+	20 - 30	3 - 5
	Těžké	500	*	30 - 50	3 - 4	+	30 - 50	3 - 5	+	30 - 40	3 - 5
Vibrační desky	Střední	300-750	+	30 - 50	3 - 5	*	20 - 40	3 - 5	-	-	-
	Těžké	750	+	40 - 70	3 - 5	*	30 - 50	3 - 5	-	-	-
Vibrační válce		600-800	+	20 - 50	4 - 6	+	20 - 40	5 - 6	-	-	-

Vhodnost: + doporučené * většinou vhodné - nevhodné

5/ Postup zkoušení zásypů rýh

Technické parametry dle TP 146 Povolování a provádění výkopů a zásypů pro inženýrské sítě ve vozovkách pozemních komunikací.

Kritériem při polních zkouškách (in situ) je v závislosti na kategorii kontroly a druhu použité technologie obvykle jeden parametr nebo kombinace z těch, které jsou dále uvedeny:

- přímé zkušební metody (viz ČSN 72 1006):

- stanovení objemové hmotnosti,
- stanovení parametru míry zhutnění (D, C, ID),

- nepřímé zkušební metody (viz ČSN 72 1006) :

- statický modul přetvárnosti a/nebo poměr statických modulů přetvárnosti z druhé a první zatěžovací větve při statické zatěžovací zkoušce1),
- rázový modul deformace při rázové zatěžovací zkoušce,
- penetrační odpor při dynamické popř. statické penetrační zkoušce apod.

- 1) Při kontrole modulu přetvárnosti zemní pláně a nestmelených konstrukčních vrstev podle ČSN 73 6126 je to však metoda přímá.

V průběhu provádění obsypu a zásypu rýhy pro uložení kanalizace budou prováděny zkoušky míry hutnění v souladu s ČSN 72 1006. V rámci stavby budou provedeny celkem 4 zkoušky, a to vždy ve třech-čtyřech úrovních (dle hloubky založení potrubí) - v úrovni základové spáry, obsypu, zásypu potrubí a v úrovni silniční pláně (cca 0,4-0,5 m pod niveletou vozovky).

Hodnoty rázového modulu deformace (Mvd)

- | | |
|---|--------|
| • Rostlá základová spára | 15 MPa |
| • Zóna obsypu potrubí 30 cm nad potrubím | 20 MPa |
| • Zásypová zóna | 30 MPa |
| • Aktivní zóna + zemní pláň místní komunikace | 45 MPa |

- Aktivní zóna + zemní plášť krajské komunikace 50 MPa

Poznámka

Pažení a výkopy v blízkosti stávajících objektů musí být prováděny postupným zatlačováním pažení s postupným odtěšováním zeminy, vždy s rozepřením pažení proti zemině, aby nedocházelo k uvolňování zeminy za pažením.

6/ Řad 1 – křížení silnice 1/48 protlakem

Ocelová chránička DN 500, do které je zasunuto vodovodní potrubí DN 150.

Délka chráničky je 17,0 m, délka zatlačovaného úseku je 16,0 m.

Chránička je navržena z ocelové kruhové trouby Ø 530 x 9,0 mm. Výška nadloží (zeminy) nad vrcholem chráničky je max. 1,5 m. Na povrchu terénu je uvažováno se zatížením silniční dopravou (pro třídu komunikace I. třídy – max. zatížení - zatěžovací třída A).

$L = 16,0 \text{ m}$

$H = 1,5 \text{ m}$

Svislé zatížení na potrubí

1/ stálé

$$g = 1,5 \cdot 19 = 28,5 \text{ kN/m}^2$$

2/ proměnné

Silniční dopravou, komunikace I. třídy, dvoupruhová.

Výška nadloží včetně konstrukce komunikace $H = 1,5 \text{ m}$

$Q_k = 400 \text{ kN/řada kol čtyřnápravového vozidla}$

dynamický součinitel $\delta = 1,0$ ($h = 1,5 \text{ m}$)

Zatěžovací plocha pro řadu kol v hloubce 1,5 m: $A \times B = 5,53 \times 2,33 \text{ m}$

$$q_1 = 400/5,53/2,33 = 31,0 \text{ kN/m}^2$$

Celkové svislé zatížení:

$$p_{1,k} = 28,5 + 31,0 = 59,5 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{1,Ed} = 28,5 \cdot 1,35 + 31 \cdot 1,5 = 85,0 \text{ kN/m}^2$$

Boční tlak zeminy na potrubí:

Zatěžovací plocha ve výšce osy potrubí (protlaku): $A \times B = 5,83 \times 2,63 \text{ m}$ (zatížení řadou kol):

$$p_{2,k} = (\gamma \cdot (H + D/2) + Q/(A \cdot B)^3) \cdot \text{tg}^2(45 - \varphi/2) = (19 \cdot (1,5 + 0,53/2) + 400/(5,83 \cdot 2,63)) \cdot \text{tg}^2(45 - 30/2) = 19,9 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{2,Ed} = (\gamma \cdot (H + D/2) \cdot 1,35 + Q \cdot 1,5/(A \cdot B)^3) \cdot \text{tg}^2(45 - \varphi/2) = (19 \cdot (1,5 + 0,53/2) \cdot 1,35 + 400 \cdot 1,5/(5,83 \cdot 2,63)) \cdot \text{tg}^2(45 - 30/2) = 28,1 \text{ kN/m}^2$$

Vnitřní síly ve stěně potrubí:

$$N_A = p_1 \cdot D/2 = 19,9 \cdot 0,53/2 = 5,3 \text{ kN/m}$$

$$N_B = p_2 \cdot D/2 = 28,1 \cdot 0,53/2 = 7,5 \text{ kN/m}$$

$$M = p \cdot r^2/4 = 28,1 \cdot 0,53^2/4 = 1,97 \text{ kNm}$$

Průřezové charakteristiky stěny potrubí:

$$t = 9,0 \text{ mm}$$

$$W_x = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 1/6 \cdot 1 \cdot 0,009^2 = 1,35 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$F_x = 0,009 \cdot 1 = 0,009 \text{ m}^2$$

Redukce momentů:

Vlivem zemního prostředí, které potrubí chráničky spojitě obklopuje, je možná redukce momentu M_e .

Odhadem - suchý písek, relativní ulehlost $I_D = 0,9 \Rightarrow n_h = 18000 \text{ kN/m}^3$

$$\mu_c = 0,3 \quad \lambda = 0,75$$

$$K = h/b \cdot n_h = 1,5/0,53 \cdot 18000 = 50943 \text{ kN/m}^3$$

$$E_c = 2,1 \cdot 10^8 \text{ kPa}$$

$$\xi = 1/(1 + 0,75 \cdot 50943 \cdot 0,53/2,1 \cdot 10^8 \cdot (0,53/0,009)^3 \cdot (1 - 0,3)^2) = 0,86$$

$$M = M_{e,red} = 1,97 \cdot 0,86 = 1,69 \text{ kNm}$$

Napětí od svislého zatížení - tlak s ohybem:

$$\sigma_{1,2} = N/F \pm M/W = 7,5 \cdot 10^{-3}/0,009 \pm 1,69 \cdot 10^{-3}/1,35 \cdot 10^{-5} = 0,83 \pm 125,2 =$$

$$+ 126,03 \text{ MPa}$$

$$- 124,37 \text{ MPa}$$

Pro maximální svislé zatížení (dlouhodobé zatížení zeminou) navržená chránička – ocelová trouba ϕ 530x9 mm - vyhoví.

Vodorovné zatížení potrubí

W_1 – tření vnějšího povrchu potrubí o zeminu

W_2 – odpor zeminy proti vnikání břitu

Celková délka ocelové chráničky (tlačené části): $L = 16,0 \text{ m}$

Pro celou délku protlaku

$h = 1,5 \text{ m}$ stálé zatížení + nahodilé na terénu

délka $L = 16,0 \text{ m}$

svislý tlak po osu chráničky:

$$P_o = 19 \cdot (1,5 + 0,43/2) \cdot 1,35 + 400 \cdot 1,5/(5,83 \cdot 2,63) = 84,4 \text{ kN/m}^2$$

boční tlak zeminy:

$$P_n = (19 \cdot (1,5 + 0,53/2) \cdot 1,35 + 400 \cdot 1,5/(5,83 \cdot 2,63)) \cdot \text{tg}^2(45 - 30/2) = 28,1 \text{ kN/m}^2$$

Tření ocel-zemina: $f_1 = 0,65$

Tíha potrubí (chráničky): $G = 1,1 \text{ kN/m}$

Celková síla od tření vnějšího povrchu chráničky o zeminu:

$$W_1 = 0,65 \cdot (2 \cdot 0,53 \cdot (84,4 - 28,1) + 1,1) \cdot 16,0 = 631 \text{ kN}$$

Celková síla od odporu zeminy při vnikání břitu - odhadem:

$$W_2 = 70,0 \text{ kN}$$

Napětí od vodorovného zatížení:

$$F_x = \pi \cdot 0,53 \cdot 0,001 = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{\leftrightarrow} = (W_1 + W_2) / F_x = (631 \cdot 10^{-3} + 70 \cdot 10^{-3}) / 1,5 \cdot 10^{-2} = 46,7 \text{ MPa}$$

Celkové napětí:

Od svislého i vodorovného zatížení (od extrémního zatížení, návrhová hodnota)

$$\sigma = 126,03 + 46,7 = 172,73 \text{ MPa} < R_d = 210 \text{ MPa} \quad \text{vyhoví na únosnost}$$

Závěr:

Ocelová chránička z kruhové trubky ϕ 530x9 mm, délky 17,0 m, vyhoví.

Vypracoval: Ing. David Kotek,
autorizovaný inženýr v oborech Statika a dynamika staveb a Pozemní stavby,
členské číslo ČKAIT 1102306

.....

V Ostravě, duben 2018