

Velké Meziříčí – ČOV, FVE

Geotechnický průzkum

Závěrečná zpráva

Brno, březen 2024

GEOtest, a. s.
Šmahova 1244/112, 627 00 Brno
IČ: 46344942 DIČ: CZ46344942

tel.: **548 125 111**
fax: **545 217 979**
e-mail: **trade@geotest.cz**

Geologické a sanační práce pro ochranu životního prostředí, geotechnický a hydrogeologický průzkum

Číslo a název zakázky: **20 0028 Žďársko – inženýrské sítě, GT v rámci TDI**

Objednatel: Svaz vodovodů a kanalizací Žďársko,
Vodárenská 2, 591 01 Žďár nad Sázavou

Velké Meziříčí – ČOV, FVE

Výsledky geotechnického průzkumu

Závěrečná zpráva

Odpovědný řešitel: **Ing. Ivo Pavlík**, geotechnik

Spoluřešitel: **Ing. Viktor Bukovský**, hydrogeolog

Prověřil: **Ing. Marek Polák**, oborový manažer

RNDr. Lubomír Klímek, MBA

ředitel společnosti

Brno, březen 2024

Výtisk č.

ROZDĚLOVNÍK

Výtisk č. 1 – 2: SVK Žďársko
3: Archiv GEOTest, a.s.

OBSAH

1. Úvod	1
2. Charakteristika lokality	1
3. Provedené práce	2
4. Výsledky průzkumných prací	3
5. Vsakovací zkouška a její výsledky	4
6. Závěr	7

SEZNAM PŘÍLOH

1. Přehledná situace zájmového území
2. Situace lokality s vyznačením míst kopaných sond
3. Geologická dokumentace kopaných sond
4. Výsledky laboratorních rozborů zemin

1. Úvod

V rámci dlouhodobě realizovaných geotechnických prací na zakázce „Žďársko – inženýrské sítě, GT v rámci TDI“ jsme byli osloveni ohledně ověření geotechnických a hydrogeologických poměrů v areálu ČOV Velké Meziříčí, kde je projektována výstavba fotovoltaické elektrárny.

Předmětem tohoto úkolu mělo být ověření možnosti založení konstrukce FVE na zemních zavrťávacích vrutech, přičemž je dle informací objednatele uvažováno použití zemních vrutů délky 1,8 m. Nebude-li z důvodu zastižené skladby podloží tento způsob, případně posouzení jiných alternativ založení konstrukce FVE. Součástí průzkumných prací mělo být i provedení vsakovací zkoušky pro ověření propustnosti podloží na lokalitě.

2. Charakteristika lokality

Zájmové území se nachází v areálu ČOV na jihovýchodním okraji Velkého Meziříčí. Lokalita se nachází v blízkosti řeky Oslavy a je tvořena rovinatým terénem (viz obr. 1). Dle sdělení zástupců objednatele se v místě projektované FVE v minulosti nacházely bývalé nádrže ČOV. Po jejich demolici, která se uskutečnila cca před 15 lety, byl terén zavezen navážkami a dorovnán. Povrch zájmového území je převážně travnatý, na jeho části jsou umístěny dočasné deponie odpadu z demoličních a výkopových prací.

Z hlediska geomorfologického členění se lokalita nachází v moldanubiku českého masívu. Skalní podloží je zde tvořeno hlubinnými migmatity – granity až křemennými syenity. Jelikož je zájmové území situováno v údolní nivě řeky Oslavy, kvartérní pokryvné útvary zde jsou tvořeny fluviálními sedimenty. Z hlediska hydrogeologického členění se lokalita nachází v krystaliniku povodí řeky Jihlavy.



Obr. 1 Ortofoto mapa s vyznačeným zájmovým územím (zdroj: www.mapy.cz)

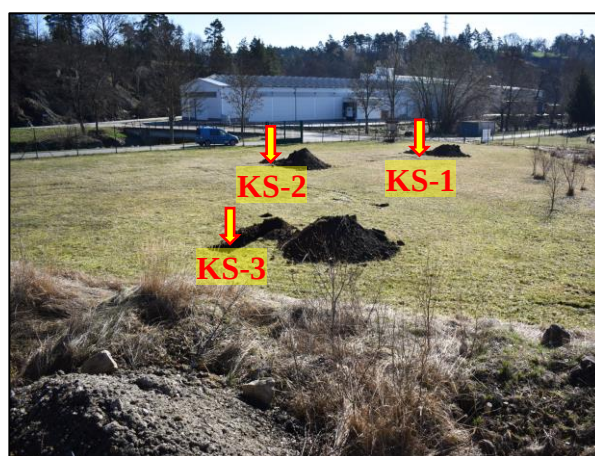
3. Provedené práce

Podle požadavku objednatele měla být pro ověření geologické skladby na lokalitě vyhloubeno 7 kopaných sond do hloubky cca 2 m v místech určených objednatelem. Zastižené zeminy měly být geologicky zdokumentovány a klasifikovány do tříd dle ČSN P 73 1005 – „Inženýrskogeologický průzkum“. Z kopaných sond měly být také odebrány vzorky zemin k laboratorním klasifikačním rozborům.

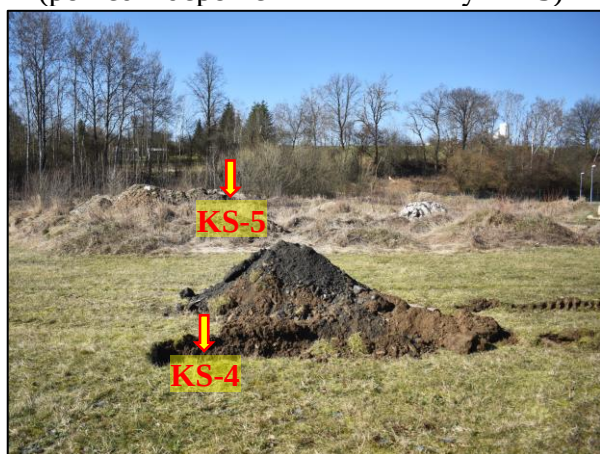
Sondy byly objednatelem vytýčeny a vyhloubeny dne 4.3.2024. Bylo vyhloubeno celkem 7 sond označených KS-1 – KS-7. Sondy KS-1 – KS-5 byly vyhloubeny v jižní části lokality, která je od stávajícího areálu ČOV oddělena plotem. Jelikož byla sonda KS-5 situována v části lokality, kde se nachází deponie výkopového materiálu, byla tato sonda hloubena přes tuto deponii – úroveň sondy byla se nacházela cca 1,5 m nad původním terénem. Sondy KS-6 a KS-7 byly vyhloubeny v části lokality přímo v areálu ČOV. Situaci lokality s vyznačením míst sond uvádíme v příloze č. 2 této zprávy, lokalizace sond je také vyznačena na obr. 2 – 5.



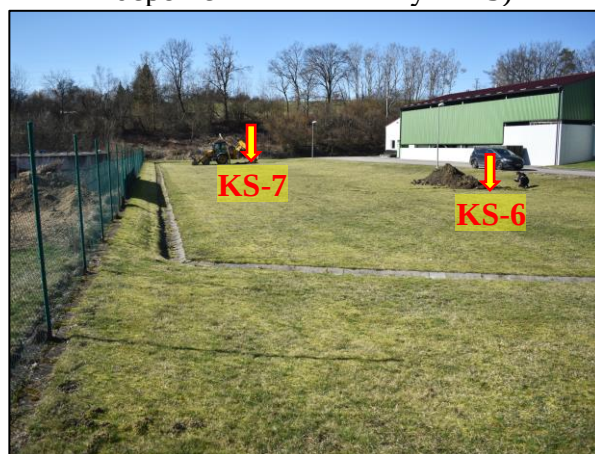
Obr. 2: Část lokality s polohou sondy KS-4 (pohled z deponie – u místa sondy KS-5)



Obr. 3: Místa sond KS-1 – KS-3 (pohled z deponie – u místa sondy KS-5)



Obr. 4: Místa sond KS-4 a KS-5 na deponii



Obr. 5: Místa sond KS-6 a KS-7 v areálu ČOV

Na místě jsme bezprostředně po vyhloubení sond provedli jejich geologickou dokumentaci včetně fotodokumentace. Zpracovanou geologickou dokumentaci kopaných sond včetně fotodokumentace uvádíme v příloze č. 3 formou záznamů o terénních šetřeních.

Podle požadavků objednatel mělo být ze sond odebráno celkem 7 vzorků zemin. S ohledem na charakter zastižených navážek v sondách tento požadavek nebyl dodržen – byly odebrány pouze 3 vzorky zemin k laboratorním rozborům.

V akreditovaných laboratořích mechaniky zemin byly na odebraných vzorcích provedeny laboratorní klasifikační rozborů. Byl proveden zrnitostní rozbor a byla stanovena vlhkost a konzistenční meze. Na základě výsledků laboratorních rozborů byly zeminy následně zatříděny podle ČSN P 73 1005.

Všechny sondy mimo sondu KS-6 byly objednatelem následně zasypány. V sondě KS-6 jsme následujícího dne 5.3.2024 provedli vsakovací zkoušku, zasypání této sondy proběhlo až po dokončení této zkoušky. Výsledky vsakovací zkoušky jsou prezentovány v kapitole č. 5. této zprávy.

4. Výsledky průzkumných prací

Na základě zastižené geologické skladby lze lokalitu rozdělit na dvě části – část situovanou na pozemku přilehlém k areálu ČOV, kde byly hloubeny sondy KS-1 – KS-5, a část v areálu ČOV, reprezentovanou sondami KS-6 a KS-7.

V části, kde byly hloubeny sondy KS-1 – KS-5, je podloží je do úrovně dna sond tvořeno navážkami v celém rozsahu. Tyto navážky jsou tvořeny převážně písčitohlinitou až hlinitopísčitou zeminou s příměsemi stavebního odpadu – cihel, kusů betonu, kamenů a balvanů, místy i kusy asfaltu, keramické střepy, lokálně i jiný odpad. V sondách KS-2 a KS-5 byl v hloubce 1 – 1,5 m pod terénem zastižen kompaktní betonový blok – součást bývalé základové konstrukce. Vlastnosti navážek v této části lokality jsou značně proměnlivé, převážně se jedná o zeminy tuhé až pevné konzistence, v místech s vyšší vlhkostí pak tuhé až měkké konzistence. Nesoudržné polohy písčitohlinitých zemin jsou kypré až středně ulehlé.

Podzemní voda v této části byla zastižena pouze v sondě KS-1 v blízkosti jejího dna, slabý lokální průsak byl zastižen i v sondě KS-2 v hloubce 1,0 m.

Pro tuto část lokality nelze jednoznačně doporučit geotechnické vlastnosti, neboť jsou po ploše i hloubce výrazně proměnlivé.

V části lokality situované přímo v areálu ČOV se jevila geologická skladba podloží více homogenní. V kopaných sondách KS-6 a KS-7 bylo v zeminách zastiženo pouze zanedbatelné množství příměsí stavebního odpadu, a hlavně zde nebyly zastiženy větší kameny, úlomky či kusy betonů ani betonové základy. Zeminy tvořící podloží této části lze dle provedených laboratorních rozborů klasifikovat jako prachovitopísčité hlíny třídy F4 CS až hlinité písky třídy S4 SM. Konzistence těchto zemin je převážně pevná. Pro výpočtové modely základových konstrukcí lze uvažovat s parametry, které uvádíme v tabulce č. 1. Geotechnické parametry byly stanoveny na základě zkušeností s přehlédnutím k hodnotám uvedeným ve zrušené ČSN 73 1001.

Tabulka č. 1: Doporučené hodnoty geotechnických vlastností

Klasifikace dle ČSN P 73 1005			F4 CS	S4 SM
Konzistence / ulehlost			pevná	středně ulehlý
objemová tíha zeminy	γ	[kN.m ⁻³]	18,5	18
propustnost *)	k	[m.s ⁻¹]	1 . 10⁻⁷	1 . 10⁻⁶
modul přetvárnosti	E_{def}	[MPa]	8	12
Poissonovo číslo	ν	[1]	0,35	0,3
součinitel	β	[1]	0,62	0,74
Parametry smykové pevnosti				
- totální soudržnost	c_u	[kPa]	70	
- totální úhel vnitřního tření	φ_u	[°]	5	
- efektivní soudržnost	c_{ef}	[kPa]	18	6
- efektivní úhel vnitřního tření	φ_{ef}	[°]	22	28
Třída těžitelnosti dle ČSN P 73 1005			I	I

*) Hodnoty byly stanoveny na základě výsledků provedené vsakovací zkoušky

5. Vsakovací zkouška a její výsledky

Za účelem ověření infiltračních schopností horninového prostředí v areálu ČOV Velké meziříčí byla dne 07. 09. 2024 na kopané sondě KS-6 realizována vsakovací zkouška.

Rozměry kopané sondy KS-6 byly 2,5×0,5×2,0 m ($d \times \bar{s} \times h$).

Metoda vsakovací zkoušky byla založena na principu zkoušky s proměnnou hladinou vody v čase t . Sonda KS-6, hluboká 2,0 m, byla naplněna vodou do hloubky 0,61 m pod terénem (výška vodního sloupce byla 1,39 m) a následně byl měřen pokles hladiny v čase. Vsakování probíhalo do málo propustných prachovitopísčitých hlín. Geologický profil objektu KS-6 je uveden v tabulce č. 1.

Tabulka č.2: Geologický profil objektu KS-6

Hloubka [m]	Popis
0 – 0,1	Hlína prachovitá, šedohnědá, humózní
0,1 – 0,5	Šterk hlinitý (šterkodrt' frakce 0/63 mm?)
0,5 – 1,6	Hlína písčitá až prachovitopísčitá
2,1 – 2,2	Písek hlinitý až hlína písčitá

Jako zdroj vody pro vsakovací zkoušku byla využita pitná voda z cisterny. Z cisterny byla voda přečerpána do vsakovacího objektu KS-6. Během 70 s bylo do sondy nalito cca 1900 l vody. Hladina vody se ve vsakovacím vrtu KS-6 nacházela po nalití 1900 l vody v hloubce 0,61 m od odměrného bodu, kterým byl terén, z toho plyne, že zabírala objem cca 1737,5 l. Během 70 vteřin napouštění vody o objemu 45 l se vsáкло do horninového prostředí 162,5 l vody rychlostí 2,32 l/s. Voda přitom vsakovala jak stěnami, tak i dnem vsakovací sondy.

Vrchní hrana dřevěné latě položené přes okraj sondy KS-6 sloužila jako odměrný bod (OB) pro měření hladiny vody v sondě. Hladina vody se po 5 h snížila o 0,1 m na hodnotu 0,71 m od OB. Druhý den (po cca 21 h od začátku zkoušky) se hladina nacházela v hloubce 0,83 m pod terénem. Celkové snížení tedy bylo 0,22 m za 21 hodin.

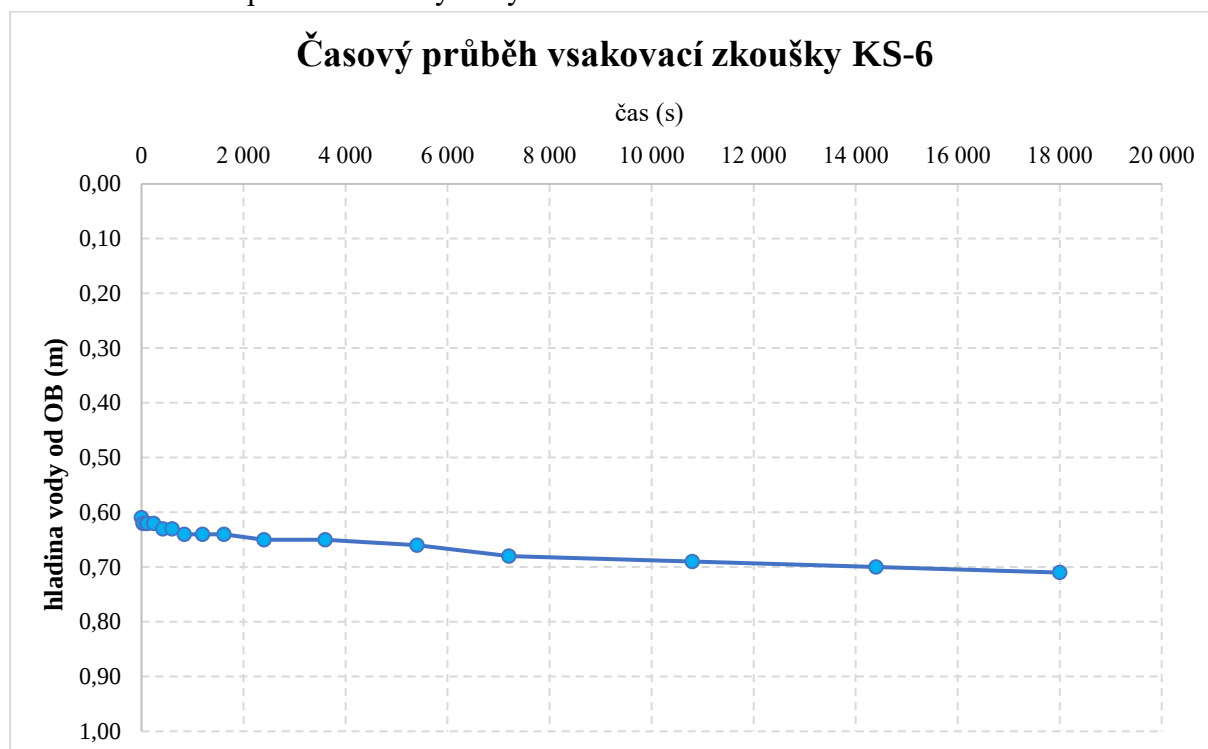


Obr. 6 Vsakovací zkouška prováděná v kopané sondě KS-6

Naměřené hodnoty poklesu hladiny v jednotlivých časových intervalech jsou uvedeny v tabulce č. 3. Grafický průběh vsakovací zkoušky je znázorněn v grafu č. 1.

Tabulka č. 3: Průběh vsakovací zkoušky v objektu KS-6

Časový průběh vsakovací zkoušky (KS-6)				
Velké Meziříčí – ČOV, FVE, GT průzkum				
čas (s)	čas (min)	čas (hod)	HPV od OB v m	poznámky
0	0	0	0,61	začátek plnění jámy: 10:22
30	0,5	0,00833	0,62	konec plnění jámy: 10:23
90	1,5	0,025	0,62	Doba plnění jámy: 70s
120	2	0,03333	0,62	nalito 1900 l vody
240	4	0,06667	0,62	Q=27,1 l/s
420	7	0,11667	0,63	
600	10	0,16667	0,63	
840	14	0,23333	0,64	
1 200	20	0,33333	0,64	
1 620	27	0,45	0,64	
2 400	40	0,66667	0,65	
3 600	60	1	0,65	
5 400	90	1,5	0,66	
7 200	120	2	0,68	
10 800	180	3	0,69	
14 400	240	4	0,70	
18 000	300	5	0,71	
75600	1260	21	0,83	

Graf č. 1: Průběh poklesu hladiny vody v závislosti na čase

Vsakovací zkouška byla následně vyhodnocena podle následující rovnice (ČSN 75 9010):

$$k_v = \frac{Q_v}{p \cdot t},$$

kde:

k_v - koeficient vsaku (m/s),

Q_v - objem infiltrované vody (m³),

p - vsakovací plocha (m²),

t - celková doba vsakovací zkoušky (s).

Z výše uvedené rovnice byl vypočítán koeficient vsaku k_v , který byl následně vynásoben Součinitelem spolehlivosti (vliv doby trvání vsakovací zkoušky). Koeficient vsaku k_v byl vypočten na hodnotu $3,8 \times 10^{-7}$ m/s. **Z hlediska vypočteného koeficientu vsaku se jedná o prostředí nevhodné ke vsakování srážkových vod.**

Vzhledem k tomu, že průzkumné práce probíhaly v prostředí antropogenních navážek, kde se propustnost těchto navážek může v různých místech lišit, je třeba tento údaj brát jako bodový, a proto lze odhadovat, že obecně lze v zájmové lokalitě očekávat koeficient vsaku v řádech $n.10^{-6}$ až $n.10^{-7}$.

6. Závěr

Provedenými průzkumnými pracemi byly ověřeny geotechnické a hydrogeologické vlastnosti lokality v rozsahu dle zadání objednatele. Byla ověřena geologická skladba podloží v kopaných sondách, včetně klasifikace zastižených zemin podle ČSN P 73 1005. Také byla vsakovací zkouškou ověřen koeficient vsaku a možnost vsakování srážkových vod.

V části pozemku přilehlém k areálu ČOV je podloží tvořeno navážkami – hlinitopísčitou zeminou s příměsemi stavebního odpadu – cihel, kusů betonu, kamenů i balvanů, místy i kusy asfaltu, lokálně se v podloží vyskytují i betonové bloky bývalých základových konstrukcí. Z důvodu přítomnosti základových konstrukcí a balvanů v podloží je třeba vyloučit možnost založení zemní konstrukce FVE na zemních zavrtávacích vrutech. Alternativní založení FVE na betonových patkách umístěných na povrch je možné, ale je zde třeba počítat s tím, že vlivem nehomogenit v podloží může docházet k nerovnoměrnému sedání patek. Pro eliminaci tohoto sedání doporučujeme zatížení z každé patky roznést na větší plochu, aby kontaktní napětí pod patkami nepřesáhlo hodnotu 50 kPa.

V části lokality v areálu ČOV pro založení konstrukce FVE předpokládáme, že bude možné použití zemních vrutů. Pro výpočet tahové únosnosti je možné použít hodnoty uvedené v tabulce č. 1. Jelikož i v tomto prostoru je podloží tvořeno navážkami a průzkum byl proveden pouze bodově, nelze ani zde vyloučit lokální zastižení méně únosných zemin či jiných překážek v podloží. Únosnost zemních vrutů je zde následně nezbytné ověřit tahovými zkouškami.

Vsakovací zkouškou byly ověřeny propustnosti podloží v kopané sondě KS-6. Koeficient vsaku k_v byl vypočten na hodnotu $3,8 \times 10^{-7}$ m/s. Z hlediska vypočteného koeficientu vsaku se jedná o prostředí nevhodné ke vsakování srážkových vod.

Brno, březen 2024