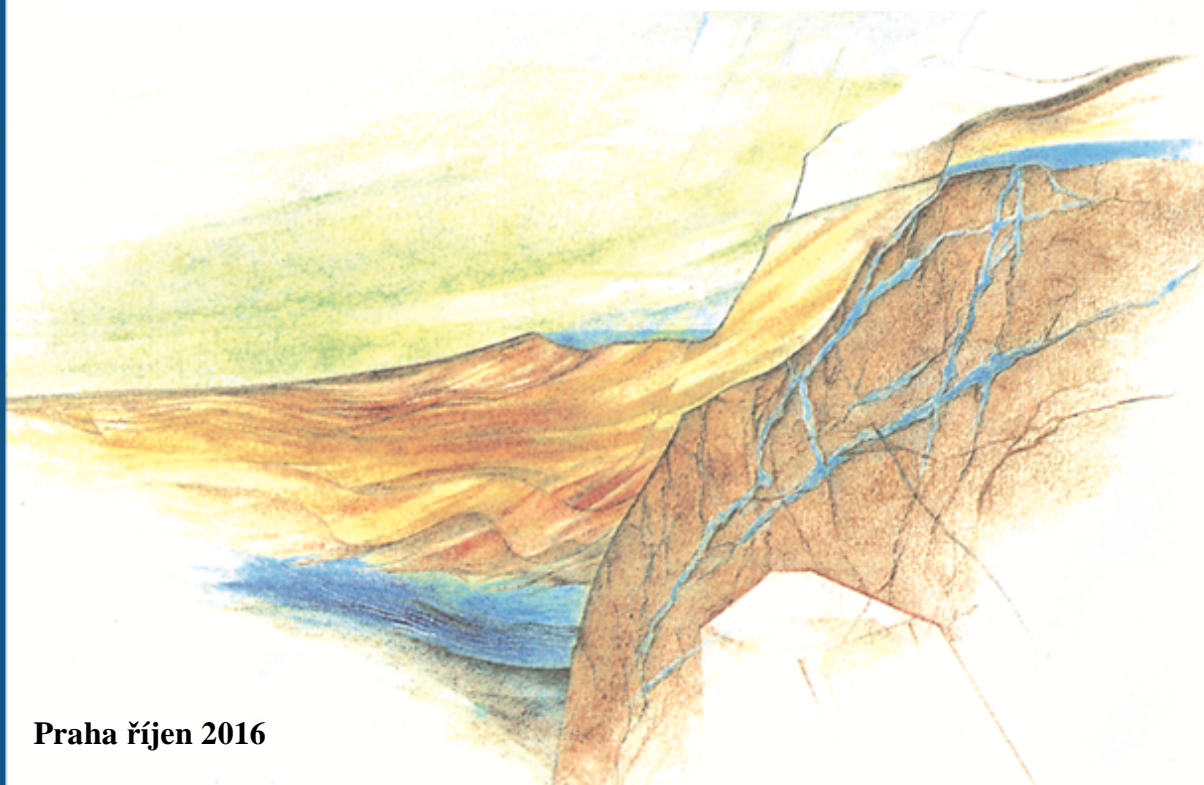


„Višňová, Víska, výstavba suché nádrže, doplňkový GTP“

Závěrečná zpráva



Praha říjen 2016

GEOtest, a.s.
Šmahova 1244/112, 627 00 Brno
IČO: 46344942 DIČ: CZ 46344942
tel.: 548 125 111
e-mail: geotechnika@geotest.cz

Pobočka Praha
Olšanská 3, 130 00 Praha 3
tel.: 222 514 060
e-mail: paha@geotest.cz

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

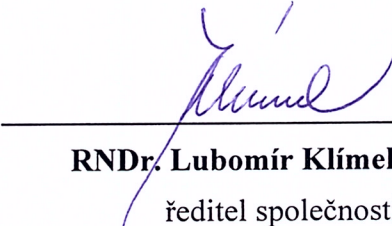
Číslo a název zakázky: **16 0300, Višňová, Víska, výstavba suché nádrže, doplňkový GTP**
Objednatel: **HG partner s.r.o.**
Smetanova 200, 250 82 Úvaly
Evid. číslo Geofondu: **3040/2016**

Závěrečná zpráva

**o provedení doplňkového geotechnického průzkumu a sestavení
pokročilého geotechnického numerického modelu**

Odpovědný řešitel: **Mgr. Pavel Vižďa**
Zpracovatel: **Mgr. Lukáš Hubinger**
RNDr. Jindra Oberhelová
Ing. Ondřej Mrvík
Prověřil: **Ing. David Rupp**




RNDr. Lubomír Klímek, MBA
ředitel společnosti

Praha říjen 2016

GEOtest, a.s.
Šmahova 1244/112, 627 00 Brno
DIČ CZ46344942 (15)

Výtisk č.

ROZDĚLOVNÍK

Výtisk č. 1 – 3: HG partner s.r.o.
 4: Geofond Praha
 5: Archiv GEOTest, a.s.

OBSAH

1. Úvod	1
1.1 Cíle průzkumu.....	1
1.2 Přehled použité literatury	1
1.3 Normy	2
2. Přírodní poměry	4
2.1 Lokalizace zájmového území.....	4
2.2 Geomorfologické poměry zájmového území.....	4
2.3 Hydrologické a klimatické poměry zájmového území	4
2.4 Geologické poměry zájmového území.....	5
2.5 Hydrogeologické poměry zájmového území	5
2.6 Tektonické poměry.....	6
2.7 Chráněná území, střety zájmů a ochranná pásma vodních zdrojů	6
3. Metodika a popis provedených prací	7
3.1 Předchozí etapy průzkumu	7
3.2 Vrtné práce a kopané sondy.....	7
3.3 Odběry vzorků	8
3.4 Laboratorní zkoušky	9
3.5 Penetrační zkoušky	9
3.6 Karotážní měření	9
3.7 Geodetické práce.....	9
3.8 Geotechnické výpočty.....	10
4. Vyhodnocení výsledků průzkumných prací.....	11
4.1 Geologické a geotechnické vyhodnocení průzkumných prací – podloží hráze.....	11
4.2 Geologické a geotechnické vyhodnocení průzkumných prací - zemník	14
4.3 Hydrogeologické zhodnocení průzkumných prací	14
4.4 Laboratorní zkoušky	16
4.5 Penetrační zkoušky	18
4.6 Karotážní měření	19
4.7 Geodetické zaměření vrtů a sond.....	21
4.8 Numerický model a geotechnické výpočty	21
5. Shrnutí výsledků a doporučení.....	24
5.1 Shrnutí výsledků pro poldr	24
5.2 Shrnutí výsledků pro zemník	25

5.3	Doporučení pro provádění poldru	25
5.4	Doporučení pro provádění geotechnického dozoru a geotechnického monitoringu	26
5.4.1	V průběhu výstavby poldru	27
5.4.2	V průběhu provozu poldru	28
6.	Závěr	29
7.	Přílohy	30

SEZNAM TABULEK

- 3.3-1 Seznam odebraných vzorků
- 4.1-1 Souhrn informací z realizovaných vrtů a sond
- 4.2-1 Vhodnost vybraných zemin pro různé zóny hráze
- 4.3-1 Záznam hladiny podzemní vody ve vrtech v průběhu vrtání
- 4.3-2 Vystrojení vrtů
- 4.4-1 Shrnutí výsledků laboratorních zkoušek zemin
- 4.4-2 Hodnoty pevnostních parametrů z triaxiální zkoušky CIUP
- 4.4-3 Shrnutí výsledků laboratorních zkoušek na vzorcích ze zemníku
- 4.6-1 Shrnutí zjištěných hydrogeologických údajů z karotážních měření
- 4.7-1 Geodetické zaměření průzkumných vrtů a sond
- 4.8-1 Rozmezí zjištěných hodnot geotechnických parametrů a jejich doporučené hodnoty do numerického modelu pro jednotlivé GT typy
- 4.8-2 Varianty výpočtu
- 4.8-3 Shrnutí výsledků výpočtu (deformace)
- 5.2-1 Kontrolní zkoušky při těžbě materiálu do hráze
- 5.3-1 Kontrolní zkoušky při stavbě hráze

SEZNAM OBRÁZKŮ

- 2.1-1 Širší vztahy zájmového území

SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|--|-------------------|
| 1. Obecná situace | měřítko: grafické |
| 2. Podrobná situace zájmového území | měřítko: 1:1000 |
| 3. Inženýrskogeologické řezy | měřítko: viz řezy |
| 4. Geologické profily vrtů | |
| 5. Technická zpráva vrtných prací | |
| 6. Laboratorní zkoušky mechaniky zemin | |
| 7. Penetrační zkoušky | |
| 8. Karotážní měření | |
| 9. Geodetické zaměření vrtů a sond | |
| 10. Numerický model a geotechnické výpočty | |
| 11. Fotodokumentace vrtných jader | |

1. Úvod

Společnost GEOtest, a.s., pobočka Praha (dále jen zpracovatel), provedla na základě smlouvy o dílo (č. zakázky zpracovatele 16 0300) ze dne 30. 6. 2016 pro společnost HG partner s.r.o. (dále jen objednatel) doplňkový geotechnický průzkum (dále jen GTP nebo IG průzkum nebo inženýrskogeologický průzkum) pro výstavbu suché nádrže na Krčelském potoce jako podklad pro zpracování projektové dokumentace pro provádění stavby.

Odpovědným řešitelem v oboru inženýrská geologie je Mgr. Pavel Vižďa, držitel osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oboru inženýrská geologie č. 2119/2010.

Předkládaná zpráva shrnuje všechny informace o provádění terénních a laboratorních prací a výsledky těchto průzkumných prací.

Textová část závěrečné zprávy a grafické výstupy budou objednateli předány též v digitální formě na CD.

1.1 Cíle průzkumu

Cílem průzkumu je poskytnout projektantovi podklady pro zpracování projektové dokumentace pro výstavbu hráze a souvisejících objektů v rámci protipovodňových opatření na Krčelském potoce. Součástí průzkumu je dle zadání IG průzkumu rovněž sestavení numerického modelu řešícího stabilitu hráze a průběh proudění tělesem hráze.

Dle zadání objednatele jsou cílem průzkumu dále průzkumné práce v zemnicích, formulace geotechnických doporučení pro provádění hráze a pro provádění geotechnického dozoru a geotechnického monitoringu během výstavby a provozu hráze.

1.2 Přehled použité literatury

Výchozím zdrojem informací o stavbě a zájmovém území byly závěrečné zprávy z předchozích etap průzkumných prací.

Dále byla prostudována základní odborná literatura týkající se regionální geologie a hydrogeologie zájmového území. Následně je přehledně uvedena použitá odborná literatura, archivní závěrečné zprávy, internetové a mapové podklady:

- 1) **Demek J., et. al., (1965):** Geomorfologie Českých zemí, Nakladatelství Československé Akademie věd, Praha
- 2) **Krásný J. et al. (2012):** Podzemní vody České republiky, regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod, Česká geologická služba, Praha, ISBN 978-80-7075-797-0
- 3) **Quitt E., (1970):** Mapa klimatických oblastí ČSSR, Geografický ústav ČSAV Brno
- 4) **Vybíral, R., (2013):** Víška u Frýdlantu – protipovodňová hráz na Krčelském potoce, IG průzkum, Geologicko-inženýrský servis, únor 2013, Liberec
- 5) **Kolařík, V., (2014):** Višňová, Víška, výstavba suché nádrže na Krčelském potoce, zpráva o doplňujícím IG průzkumu, 2G geolog s.r.o., říjen 2014, Ústí nad Orlicí

- 6) **Šíma J. (1996):** The Višňová EIA, Závěrečná zpráva, AQUATEST – stavební geologie a.s., listopad 1996, Praha
- 7) **Herle V., (2015):** Zpráva – zadávací podmínky pro doplňkový inženýrsko - geologický průzkum, září 2015
- 8) **Baloun K., Dobrovolský J., Groeschl H., Kaas A., Kožnar, Pazdera A., Radimský V., Wurm V., (1966):** Frýdlant – Višňová, výpočet zásob, hnědé uhlí, etapa průzkumu: předběžná (operativní výpočet), Geoindustria Praha, 1966
- 9) **www.geology.cz**
- 10) **www.portal.chmi.cz**
- 11) **www.geoportal.cuzk.cz**
- 12) **heis.vuv.cz**
- 13) **Hydrogeologická mapa ČSR.** List 03-12 Frýdlant. Sestavil a vydal Ústřední ústav geologický 1989.
- 14) **Metodika laboratorních zkoušek v mechanice zemin a hornin**, díl I - III, Český geologický úřad Praha, 1987.

1.3 Normy

Práce byly prováděny v souladu s následujícími normami a předpisy:

- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7** Navrhování geotechnických konstrukcí, Část 1 – Obecná pravidla
- ČSN EN 1997-2 Eurokód 7** Navrhování geotechnických konstrukcí, Část 2 – Průzkum a zkoušení základové půdy
- ČSN EN ISO 14688-1** Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídění zemin, Část 1 – Pojmenování a popis
- ČSN EN ISO 14688-2** Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídění zemin, Část 2 – zásady pro zatřídění
- ČSN EN ISO 14689-1** Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídění hornin, Část 1 – Pojmenování a popis
- ČSN EN ISO 22475-1** Geotechnický průzkum a zkoušení – Odběry vzorků a měření podzemních vod, Část 1 – Technické zásady provádění.
- ČSN EN ISO 22476-1** Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky, Část 1 – Statická penetrační zkouška s elektrickým snímáním dat a měřením pórového tlaku.
- ČSN EN ISO 17892-1** Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin, Část 1 – Stanovení vlhkosti
- ČSN EN ISO 17892-2** Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin, Část 2 – Stanovení objemové hmotnosti
- ČSN CEN ISO/TS 17892-3** Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin, Část 3 – Stanovení zdánlivé hustoty pevných částic zemin pomocí pyknometru
- ČSN CEN ISO/TS 17892-4** Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin, Část 4 – Stanovení zrnitosti zemin
- ČSN CEN ISO/TS 17892-5** Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin, Část 5 – Stanovení stlačitelnosti zemin v edometru

- ČSN CEN ISO/TS 17892-8** Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin,
Část 8 – Stanovení pevnosti zemin nekonsolidovanou
neodvodněnou triaxiální zkouškou
- ČSN CEN ISO/TS 17892-9** Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin,
Část 9 – Konsolidovaná triaxiální zkouška vodou nasycených
zemin
- ČSN CEN ISO/TS 17892-10** Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin
Část 10 – Krabicová smyková zkouška
- ČSN CEN ISO/TS 17892-12** Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin,
Část 12 – Stanovení konzistenčních mezí
- ČSN 72 1006** Kontrola zhutnění zemin a sypanin
- ČSN 73 6133** Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
- ČSN 75 2310** Sypané hráze
- ČSN 75 2410** Malé vodní nádrže
- TNV 75 2005** Pozorování a měření konstrukcí vodních děl
- TNV 75 2415** Suché nádrže
- Vyhláška 471/2001 Sb.** Vyhláška Ministerstva zemědělství o technickobezpečnostním
dohledu nad vodními díly

2. Přírodní poměry

2.1 Lokalizace zájmového území

Lokalizace zájmového území je patrná z obr. 2.1-1.



Obr. 2.1-1: Širší vztahy zájmového území (11)

2.2 Geomorfologické poměry zájmového území

Dle geomorfologického členění České republiky (1) patří širší okolí zájmového území do provincie České Vysočiny, Sudetské soustavy, podsoustavy Západní Sudety, celku Frýdlantské pahorkatiny. Frýdlantská pahorkatina je členitou pahorkatinou se střední výškou 359,4 m n. m. a středním sklonem $3^{\circ}45'$. Lokalita se nachází v údolí Krčelského potoka, jenž je pravobřežním přítokem řeky Smědá, která je místní erozní bází. Nadmořská výška se pohybuje mezi cca 250 – 270 m n. m.

2.3 Hydrologické a klimatické poměry zájmového území

Zájmová oblast se nachází v povodí Odry 2-04-10-0210-0-00, plocha hydrologického povodí je 22,69 km² (12). Projektovaná stavba se nachází na Krčelském potoce, který je pravostranným přítokem Smědé ve Vísce. Krčelský potok vzniká spojením dvou bezejmenných vodotečí, které pramení cca 1 km východně od zájmového území na západním svahu Harty (kóta 339 m n.m.) a Pousteckého lesa (343 m n.m.).

Dle klimatické klasifikace ČR (3) se zájmové území nachází v mírně teplé oblasti MT9,

kteřou je možné obecně charakterizovat dlouhým, teplým, suchým až mírně suchým létem a krátkým přechodným obdobím s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem. Zima je v této oblasti krátká, mírná a suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky (60-80 dní). Průměrná roční teplota je 8°C, průměrný roční srážkový úhrn se pohybuje okolo 800 mm.

2.4 Geologické poměry zájmového území

Zájmové území náleží z regionálně geologického hlediska k jednotce Žitavská pánev, se sedimentární výplní terciárního stáří (neogén). Výplň pánve tvoří limnické sedimenty terciárního stáří písčitého a jílovitého sledu s mezilehlými uhelnými sloji. Ve střední a svrchní části profilu to jsou nepravidelně se střídající štěrky, písky a jíly a jíly s příměsí zuhelnatělých zbytků. Maximální dokumentovaná mocnost sedimentární výplně je téměř 400 m. Sedimentární komplex obsahuje dvě významné lignitové sloje. Relikty terciárních sedimentů mohou být nalezeny i v okolí Žitavské pánve, ale jsou pokryty kvartérními sedimenty. Kvartérní sedimenty jsou zastoupeny glacifluviálními sedimenty, terasovými a fluviálními sedimenty Nisy a Smědě a jejich přítoků, hlíny a deluviální sedimenty.

Glacifluviální sedimenty jsou sedimenty pleistocenního stáří, které byly deponovány v období, kdy bylo celé území pokryto kontinentálním ledovcem. Období největšího rozšíření ledovce bylo charakterizováno sedimentací písků. Tající voda z ledovce erodovala svrchní část podloží hornin nebo transportovala materiál z morén podél sítě předglaciálních říčních toků. Hlavními složkami glacifluviálních sedimentů jsou písky a písčité štěrky. Sedimentace byla rychlá a chaotická. Mocnost převládající písčitoštěrkové výplně v prostoru Višňové kolísá mezi 50 – 60 m (6).

Podloží pánve tvoří jizerské ortoruly (jen v JV části) a rumburské granity. Rumburské granity patří západosudetské soustavě a představují samostatný žulový masiv. Lze v nich odlišovat hrubozrnnou žulu porfyrickou, stejnoměrně zrnitou a s charakterem aplitu a žulových porfyrů. Masiv má značně zvlněný reliéf, projevující se již na krátké vzdálenosti. Na povrch vychází na četných místech. Velmi dobře jsou patrné příznaky většího či menšího tlakového ovlivnění. Rumburská žula je většinou silně hydrotermálně rozložená na měkkou zjílovatělou plastickou hmotu s bělošedým, šedozeleným až úplně zeleným zabarvením. V podloží pokryvných útvarů bylo místy zjištěno hluboké zvětřování granitů lužického plutonu. Pokryvné útvary jsou tvořeny neogenními sedimenty i kvartérní eolické partie – sprašové hlíny. V údolí potoka jsou přítomny kvartérní sedimenty – fluviální písky a štěrky překryté náplavovými a organickými hlínami (4).

V minerálním složení rumburských granitů se nejvýrazněji uplatňují vyrostlice charakteristicky namodralého křemene a ortoklasu. Plagioklasy jsou zastoupeny kyselým oligoklasem a albitem. Obsah biotitu je nepravidelný (6).

V blízkém okolí stavby je mnoho archivních vrtů, z nichž některé mají hloubku i více než 40 m (6) a je v nich stále dokumentován neogenní jíl. Na druhou stranu jsou v okolí stavby i vrty, které zastihly podloží v podobě žuly už v hloubkách kolem 10 m.

2.5 Hydrogeologické poměry zájmového území

Z hydrogeologického hlediska zájmové území spadá do hydrogeologického rajonu 6413 Krystalinikum Jizerských hor v povodí Lužické Nisy (12). Podzemní voda je vázána na kvartérní, průlinově propustné písky a štěrkopísky – především v údolí Krčelského potoka. Tato kvartérní, mělká podzemní voda je hydraulicky spjata s povrchovou vodou Krčelského

potoka (4). Druhou významnou vrstvou, na kterou je vázána podzemní voda tvoří zvodněné vrstvy lignitu a neogenní jíly s rozptýlenými kusy lignitu. Předpokládá se i kolektor s hlubším oběhem vázaný na podložní žulový masiv, respektive na jeho zvětralou zónu. Hlavním kolektorem dané oblasti je průlinový kolektor glacifluviálních a glacigenních sedimentů, transmisivita $T = 1,35 \cdot 10^{-4} - 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Menšího plošného rozsahu je v místě budoucího díla kolektor rumburské žuly $T = 2,8 \cdot 10^{-5} - 8,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (2), (13).

Generelní směr hydraulického spádu v údolní nivě odpovídá morfologii terénu a je od východu k západu s přítoky ze severního i jižního křídla údolí Krčelského potoka k jeho ose (4), přičemž hydraulický spád severního křídla je vyšší než jižního.

2.6 Tektonické poměry

Hlavní tektonické linie ve sledované oblasti náleží krušnohorskému směru (směr JZ – SV) a směru lužické poruchy (směr SZ – JV). Žitavská pánev je ve své jižní části omezena tektonicky. Hlavní tektonickou linií je linie krušnohorského směru probírající podél jihovýchodní části a dále na území Polska. Severozápadní okraj pánve je formován linií paralelní s lužickým zlomem. Oba zlomy se kříží u Grabštejna. Bylo potvrzeno, že tektonická struktura je tvořena systémem několika zlomů. Omezení východní části pánve u Uhelne je tvořeno dvěma nebo více paralelními zlomy. Pánev má jako celek komplikovanou blokovou strukturu. Ve vnitřní tektonice se uplatňují směry SSZ – JJV. V severovýchodní části pánve jsou vysoké hodnoty magnetického pole, které indikují vulkanická tělesa v podloží miocenních sedimentů (6).

2.7 Chráněná území, střety zájmů a ochranná pásma vodních zdrojů

Obec Višňová spadá do záplavového území pro Q100 (12). Samotné místo budoucí stavby do záplavového území nespadá. V širším okolí zájmového území se nenacházejí žádná území chráněná pro akumulaci vod ani významné odběry vody pro lidskou potřebu a jejich ochranná pásma.

V širším okolí lokality, zejména na severu, východě a v údolí řeky Smědé je místně zhoršená kvalita vody (13). Katastrální území Víška je zahrnuto mezi citlivé a zranitelné oblasti podle §32 a §33 zákona č. 252/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů (vodní zákon) a jeho prováděcích předpisů. V citlivých oblastech dochází nebo v blízké budoucnosti může dojít k nežádoucímu stavu povrchových nebo podzemních vod, které jsou nebo mohou být využívány jako zdroje pitné vody. Ve zranitelných oblastech je zjištěn výskyt povrchových nebo podzemních vod, ve kterých koncentrace dusičnanů dosahuje mezní hodnoty pro pitnou vodu (NO_3^- 50 mg/l) (4).

3. Metodika a popis provedených prací

Doplňkový IG průzkum byl proveden dle zadávacích podmínek pro doplňkový inženýrskogeologický průzkum zpracovaných Ing. Vítězslavem Herlem (dále jen zadávací podmínky) (7). Všechny práce byly provedeny podle platných evropských a českých norem.

3.1 Předchozí etapy průzkumu

V únoru roku 2013 byl společností GIS Geologicko-inženýrský servis pod vedením RNDr. Romana Vybírala zpracován předběžný inženýrskogeologický průzkum (4). Průzkum spočíval v provedení 9 průzkumných sond s odebráním 9 porušených vzorků zemin. Sondy dosahovaly hloubky 1,5 – 2,0 m.

Podrobný IG průzkum byl zpracován společností 2G geolog s.r.o. v říjnu 2014 (5). V rámci tohoto průzkumu byly provedeny 4 jádrové vrty hloubky 7 m, 4 strojně kopané sondy pro zemník a 5 dynamických penetrací do hloubky 7 m. Celkem byly odebrány 2 neporušené vzorky zemin, 3 technologické vzorky a 12 poloporušených vzorků zemin.

V rámci předchozích etap průzkumu byly dle zastižených geotechnických podmínek definovány/vyčleněny geotechnické typy (dále jen GT typy nebo GT) GT 1 - GT 6.

3.2 Vrtné práce a kopané sondy

V blízkém okolí budoucí hráze byly v současné etapě průzkumu provedeny vrtné práce a v místě navrhovaného zemníku byly provedeny kopané sondy.

Situování vrtů vycházelo z objednatelům poskytnutých podkladů. Pozice vrtů byly na místě upraveny s ohledem na náročné terénní podmínky tak, aby byly dostupné pro vrtnou techniku. Všechny změny pozice vrtů byly předem projednány a odsouhlaseny objednatelům. Pozice jednotlivých vrtů byly před zahájením vrtných prací geodeticky vytyčeny. Situování průzkumných vrtů a kopaných sond je uvedeno v příloze č. 2.

Vrtné práce prováděla firma UNIGEO a.s. pod vedením vrtmistra p. Vráblíka. Byla použita souprava HVS248 o průměrech vrtání 220 – 137 mm. Vrtání bylo prováděno tvrdokovem na sucho, jednoduchou jádrovkou. Kopané sondy byly provedeny bagrem JCB. Technická zpráva vrtných prací je uvedena v příloze č. 5.

Celkem byly ve dnech 14. – 26. 7. 2016 provedeny jádrovým způsobem 4 ks vrtů o celkové metrži 79,8 bm vrtu a 2 ks kopaných sond o celkové hloubce 3,6 m.

Vrtné jádro bylo dokumentováno přítomným geologem včetně pořízení fotografické dokumentace a byly odebrány vzorky hornin. Geologické popisy vrtů jsou uvedeny v příloze č. 4. Fotodokumentace vrtných jader je uvedena v příloze č. 11. V průběhu vrtání byla průběžně měřena úroveň hladiny podzemní vody. Po ukončení vrtných prací byly vrty J6 a J7 provizorně vystrojeny PVC pažnicí, vrty J5 a J8 byly trvale vystrojeny perforovanou PVC pažnicí pro pozorování úrovně hladiny podzemní vody a následně byla ve vrtech J6, J7 a J8 provedena karotážní měření. Ve všech vrtech byla změřena úroveň ustálené hladiny podzemní vody. Po provedení karotáže byly vrty J6 a J7 zlikvidovány jílocementovou zálivkou. Vrtné jádro bylo ihned po odvrtání zabaleno do PVC folie a uloženo do dřevěných vzorkovnic. V průběhu vrtných prací byly odebírány porušené i neporušené vzorky.

V souladu s prováděcí vyhláškou č. 369/2004 Sb. o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací dle geologického zákona č. 62/1988 Sb. ve znění pozdějších předpisů byly výsledky průzkumných prací registrovány v archívu ČGS – Geofond pod číslem 3040/2016.

3.3 Odběry vzorků

V průběhu vrtných prací byly odebrány porušené a neporušené vzorky zemin z vrtů a technologické vzorky z kopaných sond. Odběry neporušených vzorků byly provedeny zatlačení tenkostěnných válců do počvy vrtu. Vzorky byly odebírány dle skutečně zastížených geologických vrstev. Celkem bylo odebráno 36 neporušených (třída kvality 2, dle ČSN EN ISO 22475-1), 4 porušené (tř. 3) a 2 technologické (tř. 4) vzorky. Na odebraných vzorcích byly následně provedeny laboratorní zkoušky. Přehled odebraných vzorků je shrnut v následující tabulce 3.3-1.

Seznam odebraných vzorků

Tab. 3.3-1

Označení vrtu	Hloubka odběru vzorků (m)	Počet vzorků	Třída kvality	Geologický popis	GT typ
J5	1,9 – 2,0	1	2	jíl, písčité, měkký, plastický	3
	2,1 – 2,2	1	2	jíl, písčité, měkký, plastický	3
	2,3 – 2,4	1	2	jíl, písčité, měkký, plastický	3
	4,9 – 5,0	1	2	eluvium žuly, charakteru štěrku, zajiřované	8
	5,4 – 5,6	2	2	eluvium žuly, charakteru štěrku s jemnozrnnou zeminou	8
J6	0,6 – 1,1	5	2	jíl, písčité, tuhý, plastický	3
	1,5 – 1,7	1	3	štěrk	4
	2,4 – 2,6	2	2	jíl, neogén, tuhý, plastický	6
	3,3 – 3,5	2	2	jíl, neogén, tuhý, plastický, s lignitem	6
	7,0 – 7,4	4	2	jíl, neogén, měkký, plast., s lignitem	6
	10,9 – 11,3	1	3	písek, zajiřovaný, hrubozrnný, s příměsí štěrku	6b
	13,3 – 13,5	1	3	jíl, písčité, tuhý	6a
J7	3,4 – 3,8	4	2	jíl, neogén, tuhý, málo plastický	6
	5,0 – 5,2	2	2	jíl, neogén, tuhý, písčité, s lignitem	6a
	7,8 – 8,0	2	2	jíl, neogén, tuhý, plastický, s lignitem	6
J8	1,4 – 1,6	1	3	štěrk	4
	2,8 – 3,0	2	2	jíl, neogén, tuhý, plastický, s lignitem	6
	4,9 – 5,0	1	2	jíl, neogén, tuhý, málo plastický, s lignitem	6
	10,3 – 10,7	4	2	eluvium žuly, charakteru štěrku, písčitojilovité	8
S5	0,6 – 0,8	1	4	jíl, písčité, tuhý	3
S6	0,8 – 1,2	1	4	písek se štěrkem, hrubozrnný	5

3.4 Laboratorní zkoušky

Při terénních pracích odebrané vzorky byly následně dopraveny do akreditovaných laboratoří mechaniky zemin zpracovatele. Na vzorcích byly stanoveny tyto fyzikálně-mechanické vlastnosti:

- zrnitost,
- vlhkost,
- meze konzistence,
- objemová hmotnost,
- měrná hmotnost,
- stlačitelnost v edometru s časovým průběhem,
- krabicový smyk,
- triaxiální zkouška nekonsolidovaná neodvodněná (UU),
- triaxiální zkouška konsolidovaná neodvodněná (CIUP).

Zkoušky byly provedeny dle platných evropských norem (EN a CEN/TS) a v souladu s Metodikou laboratorních zkoušek v mechanice zemin a hornin, díl I - III, Český geologický úřad Praha, 1987 (14).

3.5 Penetrační zkoušky

Ve dnech 27. 6. až 1. 7. 2016 byly na lokalitě provedeny statické penetrační zkoušky s měřením pórového tlaku. Celkem bylo provedeno 9 statických penetračních zkoušek s průběžným záznamem pórových tlaků CPTU 1 – CPTU 9. Sondy byly provedeny soupravou Pagani TG 63/150 pod vedením Mgr. Pavla Řezníčka a Pavla Štěpánka. Potřebné hloubky 15 m dosáhly pouze 3 sondy, ostatní sondy byly ukončeny dříve, v hloubkách 8,2 – 14,7 m, protože velikost odporu prostředí nedovolila dosáhnout větších hloubek. V místě sondy SP5 nebylo možné penetrační soupravu ukotvit a muselo být přistoupeno k dynamické penetraci. Realizace a vyhodnocení zkoušek bylo v souladu s EN.

3.6 Karotážní měření

Ve třech vrtech (J6, J7, J8) z celkových čtyř vrtů byl proveden soubor karotážních měření firmou AQUATEST a.s. pod vedením RNDr. Martina Procházky. Měření se uskutečnilo ve dnech 1. 8. a 2. 8. 2016. Pro karotážní měření byla použita aparatura K-1000. Byly aplikovány různé karotážní metody – gama karotáž, rezistivimetrie, magnetická karotáž, gama gama karotáž, kavernometrie, indukční karotáž a odporová karotáž. Účelem karotážních měření bylo upřesnění litologie a přítoků podzemní vody.

3.7 Geodetické práce

Před zahájením vrtných prací a po odsouhlasení pozic vrtů objednatelem byly průzkumné vrty a kopané sondy v terénu geodeticky vytyčeny. Přesné pozice vrtů a kopaných sond byly po jejich dokončení zpracovatelem geodeticky zaměřeny přístrojem GPS Trimble R4 GNSS Barracuda.

3.8 Geotechnické výpočty

Všechny získané parametry z terénních a laboratorních zkoušek byly použity jako vstupní hodnoty pro sestavení pokročilého geotechnického numerického modelu. Numerický model byl proveden na ústavu geotechniky Vysokého učení technického v Brně pod vedením doc. Ing. Lumíra Míči, Ph. D. Použitým programovým vybavením byl software Plaxis 2D.

Numerickým modelem byla posouzena stabilita hráze a její přetvoření, zejména sedání a přetvoření v čase, v souladu se zadávacími podmínkami (7).

4. Vyhodnocení výsledků průzkumných prací

4.1 Geologické a geotechnické vyhodnocení průzkumných prací – podloží hráze

Na lokalitě a v jejím širším okolí bylo provedeno několik etap geologických průzkumných prací. Informace získané z předchozích etap průzkumu jsou důležitým vodítkem pro vyhodnocení průzkumných prací provedených v etapě tohoto doplňkového IG průzkumu. Právě podle výsledků z předchozích etap průzkumu a ze zadávacích podmínek byly předpokládány jednotlivé geologické vrstvy, čemuž byly uzpůsobeny hloubky odběru vzorků a také bylo navázáno na rozdělení GT typů. V předchozí etapě průzkumu bylo vyčleněno 6 GT typů. Jednotlivé GT typy byly zpřesněny tímto doplňkovým průzkumem. V rámci GT typu 6 byly nově vyčleněny podtypy 6a a 6b. Podtyp 6a je jíl, neogenní, méně plastický a s větším obsahem písku než GT typ 6. Přechody do jílovitého písku s případným podílem štěrku byly vyčleněny jako samostatný GT typ 6b. Dále byly vyčleněny dva nové GT typy. GT typ 7 představuje polohy xylitického lignitu, tvořící vrstvy o mocnostech od 0,4 – 1,7 m v každém vrtu. Jako samostatný GT typ byl vyčleněn GT typ 8, který představuje eluvium až velmi zvětralé žulové skalní podloží charakteru jílovitého štěrku.

Aktualizovaný přehled definovaných/vyčleněných GT typů:

GT 1 - tento GT typ nebyl v rámci této etapy průzkumu zastížen; dle předchozích etap průzkumu byl vyčleněn jako vrstva navázek zpevňující polní cestu v místě stavby.

GT 2 - představuje holocenní zeminy, označené jako nivní sediment a zemědělský půdní fond. Do této vrstvy byla zařazena humózní hlína s drnem. Tato vrstva je průběžná v celém zájmovém území s mocností nejčastěji od 0,2 – 1,2 m. Dle předchozího průzkumu (5) je zemina klasifikována do třídy F5 Ml.

GT 3 - představuje jíl, béžový až okrově smouhovaný, proměnlivé konzistence od měkké až po tuhou, nízké až vysoké plasticity, případně až drobný, s písčitou příměsí, patrně glacienního původu, pleistocenního stáří. Tento typ byl zastížen vrty J5, J6 a J8 ve východní části zájmového území v mocnostech 0,5 – 0,9 m a také byl zastížen sondou S5 v mocnosti 0,9 m. Zemina byla laboratorně klasifikována do tříd F4 CS a F6 CL.

GT 4 - popisuje štěrky zastížené ve všech vrtech. Dle penetračních zkoušek je štěrk kyprý až středně uhlý. Štěrky jsou střední až hrubé, zahliněné nebo zajiňované, polymiktní, špatně vytríděné, většinou zvodnělé, glaci-fluviálního původu. Mocnosti štěrku se pohybují v rozmezí 0,7 – 1,9 m. Zemina byla laboratorně klasifikována do tříd G3 G-F, S3 S-F.

GT 5 - reprezentuje písek se štěrkem, šedý, hrubozrný, dle předchozí etapy průzkumu písek jílovitý zařazený jako S5 SC, který zpravidla spolu se štěrky GT4 odděluje nadložní jíly pleistocenního stáří od jílu neogenního stáří. Tento GT typ byl zastížen pouze v kopaných sondách S5 a S6 (zařazený jako S4 SM), ve vrtech nebyl zastížen ani v jednom případě. Penetračními sondami byly vrstvy písku zachyceny v mocnostech cca 0,5 m pouze v sondách SP1, SP2 a SP3. Dle penetračních zkoušek kyprý až středně uhlý.

GT 6 - zahrnuje jílovité a písčitojílovité až písčité zeminy limnického původu, neogenního stáří. Tyto jíly se zpravidla vyskytují už od hloubek cca 2 m, pod vrstvami štěrku až do hloubek 20 m. Jíly obsahují značné množství uhelné příměsi a vrstviček lignitu, zejména v prvních

metrech, které mizí přibližně v hloubkách 9 – 11 m. Zeminy mají často charakteristickou hnědou (moka) barvu, přecházející do tmavě hnědé až černé, ale zejména v menších hloubkách má ještě šedohnědou až šedou barvu. Popisované jsou jako hlíny s vysokou a velmi vysokou plasticitou třídy F7 MH a F7 MV a jíly s vysokou plasticitou třídy F8 CH, převládající konzistence pevné až velmi pevné. V rámci tohoto GT typu byl nově vyčleněn podtyp GT 6a a GT 6b.

GT 6a - tento podtyp byl vyčleněn jako jíl písčitý až jíl s nízkou plasticitou laboratorně klasifikován do třídy F4 CS a F6 CL, tuhé až pevné konzistence, světle hnědé až šedé barvy. Písčitý jíl byl zastižen vrty J6, J7 a částečně vrtem J8. Také byl zastižen všemi průzkumnými sondami kromě penetrací SP1 a SP2.

GT 6b - představuje polohy vyčleněné jako písek nebo štěrku jílovitý. Jedná se o polohy, které byly při dokumentaci vrtného jádra viditelně písčitéjší a převážně s příměsí štěrku oproti nadložním i podložním vrstvám GT 6a, případně GT 6. Tyto vrstvy byly zastiženy vrty J6 a J7 a všemi penetračními sondami. V sondách SP7 a SP8 měly jen minimální mocnost.

GT 7 - představuje souvislé polohy xylitického lignitu o mocnosti vrstev od 0,4 – 1,7 m. Lignit je černý, zvodnělý, s napjatou hladinou podzemní vody. V jednotlivých vrtech se mírně liší jeho stavba, lze jej drobit v ruce na drobné úlomky, převážně rozpadavé po tenkých horizontálních vrstvičkách až po velké rezavohnědé kusy dřeva velikosti úlomků až 14 cm v menším stádiu rozložení.

GT 8 - popisuje nově vyčleněné polohy zcela zvětralého (eluvium) až velmi zvětralého skalního podloží charakteru štěrku hlinitého a jílovitého a písku hlinitého třídy G4 GM, G5 GC a S4 SM. Jedná se o velmi zvětralý hrubozrnný granit, lokálně s patrnou strukturou horniny a jednotlivými zrny minerálů (živce, křemen). Tento typ byl zastižen ve vrtech J5 a J8 v hloubce od 4,5 m respektive od 9 m až do jejich konečné hloubky. Penetrační sondy zastihly skalní podloží pouze na pravém břehu potoka v sondách SP1 a SP2 v hloubkách 7,1 m respektive 11,2 m.

Geologické a geotechnické zhodnocení zkoumané oblasti dle stratigrafického sledu vychází z poznatků z nově realizovaných a archivních průzkumných vrtů, penetračních sond a karotážních měření. Všechny nově realizované vrty byly dovrženy do hloubky 19,8 – 20,0 m. Stručné zhodnocení geologických poměrů je následující:

Předkvartérní podklad – skalní podloží

Skalní podloží bylo zastiženo vrty J5, J8 a penetracemi SP1 a SP2, v hloubkách 4,4 – 11,2 m. Skalní podloží má charakter jílovitého stmelového štěrku šedé barvy. Jedná se o eluvium až velmi zvětralý hrubozrnný granit (rumburská žula) (GT 8). Místy je patrná struktura horniny s jednotlivými zrny minerálů (živce, křemen). Slídy jsou již zcela rozložené na jílové minerály. V rámci zkoumaného území bylo skalní podloží zastiženo pouze v severozápadním okraji.

Předkvartérní podklad – neogenní sedimenty

Povrch neogenního souvrství byl zastižen všemi vrty v hloubkách 1,8 – 2,8 m a všemi penetracemi v hloubkách 1,4 – 5,5 m. Jedná se o litologicky pestré sedimentární výplň neogenní pánve situované na okraji skalního masivu.

Výplň pánve představují limnické sedimenty čítající souvrství hlín a jílu s vysokou plasticitou (GT 6) a s mezilehlými polohami písčitých jílu (GT 6a) až jílovitých písků a štěrků (GT 6b). Vrstevní sled obsahuje nepravidelně se vyskytující polohy detritického a zejména xylitického lignitu (GT 7) o mocnostech až 1,7 m.

Z archivních vrtů v místě stavby je mocnost pánevních sedimentů cca 40 m (archivní vrt Vis-25), (9).

Kvartérní sedimenty

Kvartérní pokryv obsahuje sedimenty kontinentálního zalednění. Vesměs se jedná o glacifluviální a glacialakustrinní sedimenty vzniklé sandrovými záplavami, tj. usazováním rozpuštěného morénového materiálu v předpolí ledovce.

Nejsvrchnější vrstva kvartérního pokryvu je tvořena vrstvou nivních sedimentů – humózní hlíny o mocnosti do 0,3 m (GT 2). Glacigenní sedimenty jsou zastoupeny vrstvami glacigenního písčitého jílu až jílu s nízkou plasticitou (GT 3) a vrstvami mírně zajiňovaných štěrků (GT 4) o celkové mocnosti 1,5 – 2,5 m. Vrstvy štěrků byly ve všech vrtech (kromě vrtu J5) zvodnělé. Souvrství klastických sedimentů je uloženo na bázi kvartérních vrstev a zpravidla odděluje nadložní jíly pleistocenního stáří od jílu neogenního stáří.

Základní informace o realizovaných průzkumných vrtech a sondách přehledně shrnuje tab. 4.1-1.

Souhrn informací z realizovaných vrtů a sond

Tab. 4.1-1

Označení vrtu/sond	Hloubka vrtu/sond	Hloubka povrchu neogénu		Hloubka skalního podloží		Naražená hladina vody		Ustálená hladina vody	
	m	m	m n. m.	m	m n. m.	m	m n. m.	m	m n. m.
J5	19,8	2,8	249,65	4,4	248,1	2,5 9,5	249,95 242,95	1,35	251,1
J6	20,0	2,0	250,11	-	-	1,5 3,5 8,1	250,61 248,61 244,01	0,9	251,21
J7	20,0	2,5	250,00	-	-	1,6 9,0	250,90 243,50	1,3	251,2
J8	20,0	1,8	249,00	8,8	242,0	0,8 5,9	250,0 244,9	1,4	249,4
S5	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-
SP1	8,2	3,8	249,74	7,1	246,44	-	-	-	-
SP2	11,7	3,8	250,44	11,2	243,04	-	-	-	-
SP3	15,0	5,5	250,16	-	-	-	-	-	-
SP4	14,7	1,4	250,55	-	-	-	-	-	-
SP5	12,8	2,4	250,00	-	-	-	-	-	-
SP6	14,1	1,8	251,10	-	-	-	-	-	-
SP7	11,2	3,3	250,33	-	-	-	-	-	-
SP8	15,0	4,4	250,75	-	-	-	-	-	-
SP9	15,0	3,2	252,82	-	-	-	-	-	-

Geologické poměry jsou v místě budoucí hráze velice složité. Jedná se o litologicky pestré sedimentární výplň neogenní pánve situované na okraji skalního masivu. Jednotlivé typy sedimentů se v prostoru zájmového území nahodile střídají, zastupují a rychle vyznívají. Složitost geologické skladby byla zjištěna z dokumentace vrtných jader, penetračních sond a z výsledků laboratorních zkoušek. Zjištěné skutečnosti jsou rovněž v souladu s výsledky z karotážních měření, viz kapitola 4.6.

4.2 Geologické a geotechnické vyhodnocení průzkumných prací - zemník

Na základě výsledků předchozích etap geologických průzkumných prací byly vytipovány dvě oblasti pro zemník. Zemník č. 1 má plochu 3600 m² a leží asi 200 m na východ od hráze. Zemník č. 2 má plochu 9200 m² a leží cca 400 m na východ od hráze. V obou oblastech pro zemník byly v předchozí etapě průzkumu provedeny dvě ruční sondy, které ověřily do hloubek 2,5 – 3,0 m vhodnost použití zemin do tělesa hráze. V dříve provedených sondách byly zastiženy střídající se polohy jílu F4 CS, F6 CL (GT 3) a polohy písku S5 SC (GT 5). Obě tyto vrstvy jsou vhodné do homogenní hráze, viz tab. 4.2-1. Všechny sondy skončily ve vrstvách štěrku G3 G-F (GT 4), které jsou do homogenní hráze málo vhodné.

V rámci této etapy doplňkového průzkumu byly provedeny dvě kopané sondy S5 a S6 v prostoru zemníku č. 2. Blíže k hrázi umístěná a níže položená sonda S5 zastihla pod svrchní vrstvou humózní hlíny vrstvu jílu F4 CS, odpovídající GT 3. Tento jíl v hloubce 1,1 m přecházel do zajiřovaného štěrku a od hloubky 1,4 m byl až do konečné hloubky 1,7 m zastižen pískem s příměsí štěrku S4 SM (GT 5). Tato stejná vrstva písku se štěrkem byla zastižena také v kopané sondě S6 a to v celé mocnosti sondy, kromě svrchní vrstvy humózní hlíny, tedy v hloubce 0,2 – 1,9 m. Vrstva jílu zastiženého v sondě S5 směrem k sondě S6 (VJV směrem) vymizela a přešla do vrstvy písku.

Obě kopané sondy ověřily vhodnost zeminy do hráze v místě zemníku č. 2 do hloubek 1,7 – 1,9 m a zastihly vrstvy vhodné do homogenní hráze, viz tab. 4.2-1.

Vhodnost vybraných zemin pro různé zóny hráze (ČSN 75 2410, TNV 75 2415) Tab. 4.2-1

Znak skupiny	Homogenní hráz	Těsnicí část	Stabilizační část
CL	vhodná	vhodná	nevhodná
CS	velmi vhodná	velmi vhodná	nevhodná
SM	vhodná	vhodná	nevhodná
SC	velmi vhodná	výborná	nevhodná
G-F	málo vhodná	nevhodná	velmi vhodná

4.3 Hydrogeologické zhodnocení průzkumných prací

Ve všech provedených vrtech byly nejčastěji zastiženy dvě naražené hladiny podzemní vody, první vázaná na vrstvu štěrku v hloubkách 0,9 – 2,5 m p. t. a druhá vázaná na významné vrstvy lignitu v hloubce 6 – 9 m p. t. Hladina podzemní vody vázaná na tyto vrstvy byla zpravidla silně napjatá, pohyb hladiny v průběhu vrtání ukazuje tabulka 4.3-1. Vrtý J5 a J8 byly trvale vystrojeny perforovanou pažnicí s obsypem, aby bylo možné sledovat hladinu podzemní vody za vzdušnou patou hráze. Vrtý J6 a J7 byly vystrojeny pouze dočasně, aby v nich bylo

možné provést karotážní měření a následně byly zlikvidovány jílocementovou těsnící zálivkou. Vystrojení vrtů shrnuje tab. 4.3-2.

Změny úrovně hladiny podzemní vody ve vrtech během provádění vrtů byly měřeny po jednotlivých návrttech. Tučně jsou v tabulce vyznačeny hloubky vrtů, v nichž byl zaznamenán nárůst hladiny oproti předchozí hodnotě, což přibližně odpovídá naražené napjaté hladině.

Zjištěné změny hloubek hladiny podzemní vody během vrtání je nutno brát jako orientační, protože jsou ovlivněny technologií prováděných vrtných prací.

Záznam hladiny podzemní vody ve vrtech v průběhu vrtání

Tab. 4.3-1

J5		J6		J7		J8	
hl. vrtu (m p. t.)	HPV (m p. t.)	hl. vrtu (m p. t.)	HPV (m p. t.)	hl. vrtu (m p. t.)	HPV (m p. t.)	hl. vrtu (m p. t.)	HPV (m p. t.)
2	bez vody	1,1	bez vody	1	bez vody	1	0,6
3,8	2,3	1,5	1,4	3	2,4	2,5	2,4
4,2	1,7	3,5	3,5	4	bez vody	4,7	4,7
4,5	3,1	5,5	5,5	5	bez vody	5,5	bez vody
5,5	bez vody	7,5	7,5	6,3	bez vody	6,5	5,6
6,4	bez vody	9	4,9	7,8	bez vody	7,5	4,9
8,4	8,2	10,5	4,8	8	8	9	4,2
9	8,4	12	4,6	9,3	3,8	9,7	4
9,8	7,4	13,2	5,05	11,4	3,8	10,9	4,5
11,5	6,4	14,5	4,9	13	3,7	13	5,4
12,3	6,6	15	5,2	14	3,8	13,6	6,3
13,4	6,7	16	4,3	14,9	3,75	15,1	8,1
14,6	7,1	17,3	4,4	16	5,25	15,9	9,8
15,3	8,8	18,4	4,8	16,5	8,6	16,5	11,2
16	10,4	19	5,6	17,7	7,8	17,8	15,3
16,4	14,2			18,4	6,8	18,8	17,8
17	bez vody			19,5	6,9	19,5	bez vody

Ve vrtech J5 a J8 byl zastižen nezvodněný kolektor skalního podloží a přítok vody do vrtu byl menší než množství vody, které se z vrtu odtěžilo při výnosu jádra, a proto došlo v průběhu vrtání k tomu, že hladina vody ve vrtech klesala. Je potřeba počítat s tím, že nyní nezvodněný kolektor skalního podloží nemusí být vždy zcela bez vody. Po ukončení vrtných prací došlo ve všech vrtech k nastoupení hladiny cca 1,0 m p. t.

Vystrojení vrtů

Tab. 4.3-2

Název vrtu	Perforovaný úsek	Plný úsek
J5	1,4 – 10,0 m	0 – 1,4 m; 10,0 – 19,8 m
J8	0,6 – 15,5 m	0 – 0,6 m; 15,5 – 20,0 m

4.4 Laboratorní zkoušky

Na všech vzorcích byly provedeny indexové zkoušky, vlhkost, zrnitost, zdánlivá hustota a objemová hmotnost. U vybraných vzorků byla dále stanovena stlačitelnost v edometru, triaxiální zkouška UU a krabicové smykové zkoušky. Výsledky vybraných laboratorních zkoušek a parametrů jsou pro lepší přehlednost uvedeny v tab. 4.4-1 a výsledky konsolidované nedrénované smykové trojosé zkoušky s měřením pórového tlaku CIUP jsou uvedeny v tab. 4.4-2.

Výsledky laboratorních zkoušek jsou v tabulce seřazeny dle jednotlivých geotechnických typů zemin.

Zatřídění zemin dobře odpovídá předpokladům vyčleněným GT typům a je v souladu s makroskopickými popisy v terénu. Součinitel propustnosti stanovený z křivky zrnitosti vychází v řádu 10^{-8} m.s^{-1} , což představuje nízkou propustnost a dobře odpovídá zastiženým jílům. Průměrná objemová hmotnost zkoumaných vzorků zemin je 1950 kg/m^3 a pohybuje se v rozmezí $1630 \text{ kg/m}^3 - 2100 \text{ kg/m}^3$, průměrná suchá objemová hmotnost je 1690 kg/m^3 s rozmezím hodnot $1500 - 1850 \text{ kg/m}^3$. Výjimku tvoří vrstvy lignitu a jíly s lignitem, kde je suchá objemová hmotnost v rozmezí $1130 - 1310 \text{ kg/m}^3$. Totální parametry smykové pevnosti stanovené nekonsolidovanou neodvodněnou triaxiální zkouškou - soudržnost se pohybuje v širokém rozpětí hodnot $18 \text{ kPa} - 69 \text{ kPa}$ a úhel vnitřního tření v rozmezí hodnot $0^\circ - 13^\circ$. Efektivní parametry jsou v menším rozpětí, soudržnost v hodnotách $7 - 21 \text{ kPa}$, úhel vnitřního tření v hodnotách $14,5^\circ - 25,5^\circ$. Na třech vzorcích byly provedeny konsolidované nedrénované smykové trojosé zkoušky CIUP z nichž vyšly doporučené hodnoty pro úhel vnitřního tření $25^\circ - 29^\circ$ a soudržnost $1 \text{ kPa} - 2 \text{ kPa}$. Součinitel konsolidace se pohybuje v rozmezí $5,7 \cdot 10^{-2}$ až $5,3 \cdot 10^{-1} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ($5 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$). Konzistence většiny vzorků vychází jako tuhá až velmi pevná.

Kompletní výsledky z laboratorních zkoušek zemin jsou v příloze č. 6.

Shrnutí výsledků laboratorních zkoušek zemin

Tab. 4.4-1

Vrt / sonda		J-5	J-5	J-5	J-6	J-6	J-6	J-8	J-6	J-7	J-6	J-6	J-7	J-7	J-8	J-8	J-5	J-5	J-5
Hloubka	m	1,9-2,0	2,1-2,2	2,3-2,4	0,6-0,8	1,0-1,1	1,5-1,7	1,5-1,6	13,3-13,5	14,0-14,3	2,4-2,6	3,3-3,4	3,4-3,6	3,7-3,8	2,8-3,0	10,3-10,5	4,9-5,0	5,4-5,5	5,5-5,6
GT typ		3	3	3	3	3	4	4	6a	6a	6	6	6	6	6	8	8	8	8
Zatřídění zeminy dle ČSN EN ISO 14688-2		sasiCl	sasiCl	sasiCl	clSi	clSi	saGr	grSa	saCl	saCl	Cl	Cl	siCl	siCl	Cl	saclGr	sagrcIS	sagrcIS	grsaclS
Zatřídění zeminy dle ČSN 73 6133		F4 CS	F6 CL	F4 CS	F6 CL	F6 CL	G3 G-F	S3 S-F	F6 CL	F4 CS	F7 MV	F7 MH	F7 MH	F7 MH	F8 CH	G4 GM	G5 GC	G4 GM	S4 SM
Konzistence I_c	1	1,03	1,08	0,77	0,67	1,13			0,84	0,98	0,93	0,84	1,16	1,13	0,66		1,34		
propustnost z křivky zrnit. k	m.s ⁻¹	4,8E-8	<3,0E-8	4,3E-8	<3,0E-8	7,9E-8	3,7E-4	6,7E-4	<3,0E-8	<3,0E-8	<3,0E-8	<3,0E-8	<3,0E-8	<3,0E-8	<3,0E-8	8,6E-8	3,0E-7	1,1E-7	1,8E-6
Objemová hmotnost ρ	Mg.m ⁻³	2,10	1,99	1,94	2,06	2,08					1,73	1,63	1,89	1,91	1,78	2,02	2,09	2,08	
TOTÁLNÍ parametry dle ČSN 72 1031 c_u	kPa			18		69						64		61	21				
ϕ_u	°			0,0		13,0						0,0		11,0	1,5				
EFEKTIVNÍ param.-ČSN CEN ISO/TS 17892-10 c'	kPa		21		7						12		10						
ϕ'	°		25,5		14,5						22,0		24,0						
Stanovení stlačitelnosti zemin v edom. ČSN CEN ISO/TS 17892-5 E_{oe}	kPa	035-100			035-100						125-200		085-100						
	MPa	10,4			10,4						8,5		22,7						
	kPa	100-200			100-200						200-400		100-200						
	MPa	11,6			13,1						8,7		7,8						
Obor napětí Ed. modul	kPa	200-400			200-400								200-400						
	MPa	17,4			14,7								8,6						
Součinitel konsolidace c_v	mm ² .s ⁻¹	7,3E-2			5,3E-1						5,7E-2		4,6E-1						

Hodnoty pevnostních parametrů z triaxiální zkoušky CIUP

Tab. 4.4-2

Vrt / sonda		J6	J6	J8
GT typ		3	6	8
Hloubka odběru vzorku (m)		0,8 – 0,9	3,4 – 3,5	10,6 – 10,8
Vrcholové hodnoty	ϕ_{p1} (°)	29	29	20
	c_1 (kPa)	6	-	-
Doporučené návrhové hodnoty	ϕ_{p2} (°)	29	29	25
	c_2 (kPa)	2	1	1

Rovněž byly provedeny laboratorní zkoušky na dvou technologických vzorcích odebraných z kopaných sond v prostoru zemníku. Tyto vzorky byly nahutněny na 100 % Proctor standard a následně na nich byly provedeny indexové a technologické zkoušky, přehledně viz tab. 4.4-3.

Shrnutí výsledků laboratorních zkoušek na vzorcích ze zemníku

Tab. 4.4-3

Vrt / sonda			S5	S6
GT typ			3	5
Hloubka		m	0,6 – 0,8	0,8 – 1,2
Zatřídění zeminy dle ČSN EN ISO 14688-2			saCl	grclSa
Zatřídění zeminy dle ČSN 736133			F4 CS	S4 SM
Vlhkost	$w_{\text{přirozená}}$	%	14,7	7,8
Zhutnitelnost dle ČSN EN 13286-2, příl. NB	ρ_{dmax}	kg.m ⁻³	1876	2122
	w_{opt}	%	13,1	7,6
Propustnost z křivky zrnitosti	k	m.s ⁻¹	<3,0E-8	3,2E-5
TOTÁLNÍ parametry dle ČSN 72 1031	c_u	kPa	202	104
	ϕ_u	°	6,5	34,5
EFEKTIVNÍ param. - ČSN CEN ISO/TS 17892-10	c'	kPa	11	36
	ϕ'	°	28,5	26,5
Stanovení stlačitelnosti zemin v edometru - ČSN CEN ISO/TS 17892-5	E_{oed}	kPa	000-050	000-050
		MPa	18,7	8,0
		kPa	050-100	050-100
		MPa	15,0	24,0
Obor napětí Edometrický modul	E_{oed}	kPa	100-200	100-200
		MPa	10,7	33,9
		kPa	200-400	200-400
		MPa	14,3	57,3
Součinitel konsolidace	c_v	mm ² .s ⁻¹	3,6E-1	1,6E-2

Maximální objemová hmotnost při optimální vlhkosti zeminy byly zjištěny na základě výsledků technologické zkoušky dle ČSN 72 1015 (Proctor standard).

Vzorek ze sondy S5, hloubka 0,6 – 0,8 m, charakter: **jíl písčitý**, třída **F4 CS, GT 3**. Zkouškou byly zjištěny tyto hodnoty charakterizující zhutnitelnost zeminy:

$$\rho_{dmax} = 1876 \text{ kg.m}^{-3}, w_{opt} = 13,1 \%, w_{přirozená} = 14,7 \%$$

Vzorek ze sondy S6, hloubka 0,8 – 1,2 m, charakter: **písek hlinitý**, třída **S4 SM, GT 5**. Zkouškou byly zjištěny tyto hodnoty charakterizující zhutnitelnost zeminy:

$$\rho_{dmax} = 2122 \text{ kg.m}^{-3}, w_{opt} = 7,6 \%, w_{přirozená} = 7,8 \%$$

4.5 Penetrační zkoušky

Penetrační zkoušky doplnily informace získané z vrtů. Hloubka penetračních sond se pohybovala v rozmezí 8,2 m – 15,0 m, viz tab. 4.4-1.

Svrchní vrstva humózní hlíny byla zastižena ve všech sondách v mocnosti 0,2 m– 0,3 m. Pod touto vrstvou byla ve většině sond dále zastižena vrstva písčité hlíny sahající až do hloubky 2 m p. t. Kromě sondy SP6 byla ve všech sondách další zastiženou vrstvou poloha písčito-prachovitěho jílu o mocnostech nejčastěji 1,0 m – 2,0 m odpovídající GT3. Konzistence GT3 byla převážně interpretována jako tuhá, ale v sondách SP1 (2,0-3,3m), SP8 (1,4 m-2,6 m) a v SP7 (0,3 m - 3,3 m) měkká. Jedná se o lokální zhoršení konzistence. Následovaly vrstvy písku a štěrku (GT4 a GT5) v mocnostech nejčastěji 0,5 m – 1,0 m, které oddělují kvartérní sedimenty od neogenních sedimentů. V případě sondy SP2, SP3 a DP5 byla poloha písku i v nadloží jílu GT3. Pod vrstvami písku a štěrku byly zastiženy vrstvy neogenního jílu prachovitěho nebo písčitého převážně tuhé až pevné konzistence. Sondami SP1 a SP2 bylo zastiženo eluvium skalního podloží, předpokládaný plošný rozsah eluvia skalního podloží vystupujícího blízko povrchu terénu je znázorněn v příloze č. 2. V ostatních sondách se střídaly polohy jílu, písčitého jílu a zajiřované písku a štěrku. Průběhy měření pórového tlaku během penetrace ukázaly, že přestože se jedná o vodou nasycené zeminy, byly pórové tlaky ve svrchních jílovitých vrstvách nízké. Může to znamenat dilatantní chování jílu při smykovém namáhání. Shrnutí výsledků penetračních zkoušek je uvedeno v tab. 4.1-1.

Geotechnické podmínky popsané penetračními sondami korelují s geotechnickým podmínkami zjištěnými průzkumnými vrty. Interpretací naměřených hodnot z penetračních zkoušek však nelze jednoznačně odlišit některé litologické vrstvy (písek vs. lignit). Z výsledků vyplývá, že geotechnické podmínky v celé ploše budoucí stavby jsou velmi nehomogenní. Pod severozápadní částí stavby vychází blízko k povrchu eluvium skalního podloží, které je v místě budoucí stavby malého plošného rozsahu (zastiženo pouze v této severozápadní části) a směrem na jih a východ rychle vyznívá do hloubky. V blízkosti koryta potoka a směrem do svahu na pravé straně potoka byly zastiženy polohy písku, které mohou tvořit souvislou polohu proměnlivé mocnosti nebo oddělené čočky, viz (8) (v této lokalitě typické pro glaciřuviální sedimenty charakteristické časté diagonální a křížové vrstvení).

Kompletní výsledky penetračních zkoušek jsou uvedeny v příloze č. 7.

4.6 Karotážní měření

Karotážní měření ve vrtech mělo za úkol detailně rozčlenit litologický profil vrtů a upřesnit přítoky podzemní vody. Ve všech vrtech byla použita shodná metodika.

Vrty zastihly souvrství neogenních sedimentů v převážně jílovitém vývoji s různým zastoupením písčité složky. Místa byly zaznamenány vrstvy lignitu, případně vrstvy jílu s rozptýlenými kusy lignitu. Ve vrtu J8 bylo zastiženo podloží tvořené zcela rozloženým

granitem. Mezi vrty J6 a J7 vzdálenými od sebe cca 50 m lze sledovat podobný vrstevní sled, ačkoliv odlišnosti na tuto poměrně krátkou vzdálenost nejsou zanedbatelné. Vrt J6 a J8 jsou od sebe vzdálené pouze 20 m, přesto se jejich vrstevní sled zásadně liší. Kromě toho ve vrtu J8 v hloubce 8,9 m bylo zastiženo podloží tvořené zcela rozloženým granitem.

Lze konstatovat, že karotážní měření ve všech vrtech **potvrdila litologická rozhraní** popsána v primární dokumentaci vytvořené v průběhu vrtných prací. Drobné odchylky litologického rozhraní vrstev jsou v řádu prvních desítek centimetrů, což lze považovat za shodu. Jediné významnější upřesnění oproti primární dokumentaci přinesla karotáž ve vrtu J8 ohledně rozhraní ve skalním podloží, která nebyla v terénu zřetelná.

Karotážními měřeními bylo prokázáno, že ve vrtech nedochází k žádnému přirozenému proudění, alespoň ne k takovému, které by se projevilo alespoň náznakem v průběhu 4 hodin sledování. Všechny propustné polohy byly zjištěny na základě metody čerpání označené kapaliny. Hlavní přítoky se vyskytují v horních částech vrtů. Přítoky jsou zpravidla bodové (nikoli intervalové) a projeví se pouze ve vrstvách lignitu (resp. jílu s rozptýlenými kusy lignitu), zatímco v ostatních sedimentech (včetně vrstev relativně čistších písků) se nevyskytují. Ve vrtu J8 byl pozorován ojedinělý drobný přítok v eluviu žuly. Ve spodní polovině žádného z měřených vrtů se propustné polohy nevyskytují.

Údaje o hloubkách naražené hladiny podzemní vody zjištěné pomocí karotážních metod nejsou příliš v souladu s terénními poznatky zjištěnými v průběhu vrtání. V žádném z měřených vrtů nebyl karotáží zastižen přítok ve vrstvě štěrku, který byl v průběhu vrtání spolehlivě dokumentován jako první naražená hladina podzemní vody. První naražená hladina dle karotážních měření byla vždy shodně ve všech vrtech zjištěna ve vrstvách neogenního jílu v hloubkách 2 – 3,5 m. Tyto přítoky nebyly (až na vrt J6, kde se údaj shoduje jak z karotáže, tak z průběhu vrtání) během vrtání zjištěny, přitom se dle karotážního měření jedná o hlavní přítoky. Druhá naražená hladina podzemní vody byla vázána na svrchní vrstvu lignitu, což dobře odpovídá i poznatkům z průběhu vrtání, přehledně jsou údaje shrnuty v tab. 4.6-1, detailně viz příloha č. 8.

Vydatnosti přítoků v jednotlivých vrtech se řádově liší. Nejmenší přítok je ve vrtu J6 a největší ve vrtu J8. Přehledně viz tab. 4.6-1. Orientační hodnoty k_f vztažené na horní polovinu vrtů s výskytem propustných poloh je v řádu $8 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ (J6) až $9 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ (J8).

Shrnutí zjištěných hydrogeologických údajů z karotážních měření

Tab. 4.6-1

Označení vrtu/sond	Naražená hladina vody		Podíl přítoku na celkové vydatnosti	Vydatnost vrtu	geologický popis
	m	m n. m.	%	l/s	
J6	2,9	249,21	90	0,0073	jíl s rozptýlenými kusy lignitu
	3,5	248,61	8		jíl s rozptýlenými kusy lignitu
	8,0-8,1	244,11	2		lignit
J7	3,2-3,5	249,3	100	0,04	jíl s rozptýlenými kusy lignitu
J8	2,2	248,6	33	0,27	jíl
	3,0	247,8	33		lignit
	6,1-6,3	244,7	33		lignit
	9,8	241,0	1		zvětralé skalní podloží

Na základě karotážního měření bylo zjištěno, že geologické i hydrogeologické poměry na lokalitě jsou složité, nejspíše ovlivněné mimo jiné tektonikou. Poznatky z karotážního měření korelují s výsledky zjištěných z průběhu vrtných prací.

4.7 Geodetické zaměření vrtů a sond

Všechny vrty, penetrační a kopané sondy byly výškově a polohově zaměřeny (výškový systém – Bpv, souřadnicový systém – S-JTSK). Celkově byly zaměřeny 4 vrty, 9 penetračních sond a 2 kopané sondy.

Souřadnice a výška terénu v místě jednotlivých vrtů viz následující tab. 4.7-1. Měřická zpráva je v příloze č. 9.

Geodetické zaměření průzkumných vrtů a sond

Tab. 4.7-1

Označení vrtu/sondy	Souřadnice		
	X [m]	Y [m]	Z [m n. m.]
J5	687135,4	954378,4	252,5
J6	687136,6	954420,0	252,1
J7*	687081	954414	253
J8	687154,2	954402,6	270,8
SP1	687109,1	954372,7	253,5
SP2	687085,6	954376,2	254,2
SP3	687063,8	954376,5	255,7
SP4	687130,3	954417,7	252,0
SP5*	687103	954407	252
SP6*	687074	954420	253
SP7	687140,0	954445,4	253,6
SP8	687120,3	954455,1	255,2
SP9	687096,3	954463,0	256,0
S5*	686784	954520	268
S6*	686732	954554	271

* snížená přesnost zaměření kvůli nepříznivým terénním podmínkám

4.8 Numerický model a geotechnické výpočty

Z výsledků provedených průzkumných prací byly získány vstupní geotechnické parametry pro numerický model. Rovněž bylo přihlédnuto k výsledkům z předchozích etap průzkumu a byly doporučeny hodnoty geotechnických vlastností pro jednotlivé GT typy jako vstupy do numerického modelu, viz tab. 4.8-1.

Numerický model byl proveden v charakteristickém příčném řezu PF14, který prochází středem hráze kolmo na její osu. Provedeno bylo několik variant výpočtu, aby bylo možno odpovědět na otázky zadávacích podmínek (7), viz tabulka 4.8-2.

Výpočtem byla prokázána stabilita hráze (stupeň bezpečnosti hráze $F > 1,5$ ve všech fázích výpočtu), byly stanoveny předpokládané deformace a předpokládaná doba konsolidace, viz tabulka 4.8-3.

Rozmezí zjištěných hodnot geotechnických parametrů a jejich doporučené hodnoty do num. modelu pro jednotlivé GT typy Tab. 4.8-1

			GT 3		GT 4		GT 5		GT 6		GT 6a		GT 6b		GT 7	GT 8	
			rozsah	doporuč. hodnoty	rozsah	doporuč. hodnoty	rozsah	doporuč. hodnoty	rozsah	doporuč. hodnoty	rozsah	doporuč. hodnoty	rozsah	doporuč. hodnoty	doporuč. hodnoty	rozsah	doporuč. hodnoty
stupeň konzistence	I_C	1	0,67-1,13	0,94					0,66-1,16	0,94		0,91					1,10
propustnost z křivky zrnitosti	k	m.s ⁻¹		<3,0E-8	4-7E-4	6E-4		3E-5	<3,0E-8	<3,0E-8		<3,0E-8				2E-6 - 9E-8	5,0E-7
objemová hmotnost	ρ	Mg.m ⁻³	1,94-2,10	2,00					1,63-1,91	1,80					0,90		2,05
objemová hmotnost suché zeminy	ρ_d	Mg.m ⁻³	1,56-1,76	1,60					1,13-1,50	1,35					0,75		1,82
TOTÁLNÍ parametry	c_u	kPa	18-69	35					21-70	49	35-103	60			64		
dle ČSN 72 1031	ϕ_u	°	0-13	0,0					0-11	1,5	0-7,0	2,0			5,0		
EFEKTIVNÍ param.-ČSN	c'	kPa	7,0-21,0	5	0-3	1	0-28	3	1,0-24	5	12-25	5	0-4	3	5	0	1
CEN ISO/TS 17892-10	ϕ'	°	14,5-25,5	23,0	27,0-34,0	31,0	6,0-29,0	29,0	19-24	24,0	20-26	23,0	28-33	31,0	24,0	33-35	25,0
stanovení stlačitelnosti zemin v edometru - ČSN		kPa							085-100	085-100							
CEN ISO/TS 17892-5		MPa							22,7	22,4							
obor napětí edometrický modul	E_{oed}	kPa	035-100	035-100					100-200	100-200							
		MPa	10,4	10,4					7,8-8,5	7,8							
		kPa	100-200	100-200					200-400	200-400							
		MPa	11,6-13,1	12,0					8,6-8,7	8,6							
E _{def}		kPa	200-400	200-400													
		MPa	14,7-17,4	16,0													
		MPa	1,7-4,8	3,1	15,2-84,0	45,0	11,4-50,4	20,0	2,6-9,6	5,0	4,8-15,4	7,5	17,1-107	45,0	9,0	68,2-147,0	90,0
souč. konsolidace	c_v	mm ² .s ⁻¹	0,53-0,073	2,10E-01					0,46-0,057	1,80E-01							
ulehlost					0,2-0,5	0,35	0,3-0,6	0,40					0,4-0,9	0,70		0,6-0,85	0,80

Varianty výpočtu

Tab. 4.8-2

Variant	Dílčí varianta	Popis
A	není	stabilitní analýza vlastní hráze
B	B1	stabilitní analýza bezp. přelivu - přeliv budován současně s výstavbou hráze
	B2	stabilitní analýza bezp. přelivu - přeliv budován po výstavbě hráze
C	C1	analýza průsakových poměrů, geotechnické podmínky dle charakteristického řezu
	C2	analýza průsakových poměrů, geotechnické podmínky upraveny - zvětšena mocnost propustných štěrků GT4

Pozn.: u všech variant byla navíc provedena citlivostní analýza s dvěma různými hodnotami souč. propustnosti vrstev GT 6, GT 6a a GT 7.

Shrnutí výsledků výpočtu (deformace)

Tab. 4.8-3

Variant	Max. sedání - konec výstavby 1 rok (*) (cm)	Max. sedání - konec prim. konsolidace 3,2 roku (*) (cm)
A (hráz)	56	64
B1 (přeliv)	30 až 41 v závislosti na souč. propustnosti	49 až 52 v závislosti na souč. propustnosti
B2 (přeliv)	3 až 6 v závislosti na souč. propustnosti a prodlevě mezi dokončením hráze a budováním přelivu	6 až 18 v závislosti na souč. propustnosti a prodlevě mezi dokončením hráze a budováním přelivu

Pozn.: (*) vč. doby výstavby

Z analýzy průsakových poměrů vyplývá, že průsaková křivka se nepřibližuje ke vzdušnému líci hráze na hloubku promrzání. Podlošní propustná vrstva GT 4 v analýze průsakových poměrů vyšla jako nevyhovující z hlediska kritického hydraulického gradientu (materiál je náchylný k vnitřní sufozi). Podle názoru zpracovatele je však toto kritérium plně platné pro ustálené proudění a v případě suchého poldru není zcela adekvátní. Zpracovatel doporučuje eliminovat riziko zvýšeného hydraulického gradientu provedením drenážních prvků v podloží hráze, viz kapitola 5.3.

Na základě výsledků numerického modelu byla rovněž formulována další doporučení pro výstavbu hráze, viz kapitola 5.3.

Kompletní výsledky numerického modelování jsou uvedeny v příloze č. 10.

5. Shrnutí výsledků a doporučení

Průzkumnými pracemi byly ověřeny geologické a geotechnické poměry v místě budoucí hráze. Celkem byly provedeny 4 průzkumné vrty, 9 penetračních sond a 2 kopané sondy (v zemi). Bylo odebráno potřebné množství neporušených a porušených vzorků tak, aby z laboratorních zkoušek na těchto vzorcích byly získány vstupní hodnoty do numerického modelu.

5.1 Shrnutí výsledků pro poldr

Vrtnými a penetračními pracemi byly zastiženy kvartérní hlíny, jíly, písky a štěrky. Pod nimi byly mocné vrstvy neogenních sedimentů, převážně tuhé až pevné jíly, písčité jíly a písky. V penetračních sondách SP1, SP7 a SP8 byly zastiženy vrstvy i měkké konzistence, převážně o menších mocnostech a dále od středu hráze, přesto se výskyt těchto poloh pod hrází musí zohlednit v dalších postupech. Významná byla vrstva lignitu, která dosahovala mocnosti až 1,7 m a byla zpravidla zvodněná. Ve vrtech J5 a J8 bylo zastiženo eluvium skalního podloží charakteru zajiřovaného písčitého štěrku v hloubkách 4,4 m respektive 8,8 m. Eluvium skalního podloží bylo zachyceno také v penetračních sondách SP1 a SP2. Skalní podloží bylo zachyceno pouze v severozápadní části lokality, zatímco v jižní a východní části lokality nebylo zastiženo ani v hloubce 20 m. Výrazné změny v geologickém sledu vrstev jsou dokumentovány již na vzdálenost 20 m. Tato skutečnost ukazuje na dynamické prostředí sedimentační pánve a naznačuje, že důležitou roli může hrát i tektonika. Všechny zastižené vrstvy byly rozděleny do jednotlivých GT typů.

V průběhu vrtání bylo zachyceno několik úrovní naražených hladin podzemní vody, většinou silně napjatých. Ustálená hladina se pohybuje cca 0,5 m – 1,0 m pod terénem. Vrt J5 a J8 byly trvale vystrojeny perforovanou pažnicí pro možnost měřit hladinu podzemní vody u vzdušní paty hráze jak během její výstavby, tak i po dokončení hráze.

Byly odebrány porušené a neporušené vzorky pro laboratorní zkoušky. Na základě výsledků z laboratorních zkoušek, penetračních zkoušek a z výsledků předchozích etap průzkumu byla pro jednotlivé GT typy sestavena tabulka s rozpětím hodnot vybraných parametrů a s jejich doporučenou hodnotou do numerického modelu. Z laboratorních zkoušek a penetrací také vyplývá, že převážná většina geologických vrstev a odebraných vzorků byla tuhá až pevná konzistence, v případě štěrku a písku se nejčastěji jedná o vrstvy středně uhlé.

Na třech vrtech bylo provedeno karotážní měření. Karotážní měření potvrdilo litologická rozhraní a upřesnilo hloubky přítoků podzemní vody do vrtů. Hlavní přítoky vody jsou vázány na vrstvy kvartérních sedimentů, na vrstvy neogenního jílu s rozptýlenými kusy lignitu a na polohy lignitu. Všechny přítoky jsou ve svrchních částech vrtů a vydatnost se liší pro jednotlivé vrty v rozmezí 0,007 l/s – 0,27 l/s. Bylo prokázáno, že ani v jednom z vrtů nedochází v současné chvíli k žádnému přirozenému proudění. S největší pravděpodobností se však nejedná o statické zásoby vody a současný stav se při zahájení a v průběhu stavebních prací může rychle změnit. Karotáž potvrdila výskyt rozloženého skalního podloží ve vrtu J8 a zcela odlišný vrstevní sled vrtů J6 a J8, které jsou od sebe vzdáleny pouhých 20 m.

Geologické poměry jsou v místě budoucí hráze velice složité a mění se v podélném i v příčném směru hráze. Jedná se o litologicky pestré sedimentární výplň neogenní pánve situovanou na okraji skalního masivu. Jednotlivé typy sedimentů se v prostoru zájmového území nahodile střídají, zastupují a rychle vyznívají. Složitost geologické skladby byla zjištěna z dokumentace vrtných jader, penetračních sond a z výsledků laboratorních zkoušek. Zjištěné skutečnosti jsou rovněž v souladu s výsledky z karotážních měření.

Numerický model byl proveden v charakteristickém příčném řezu v několika variantách výpočtu. Vyhovující stabilita hráze byla prokázána ve všech fázích výpočtu. Citlivostní analýza změny součinitele propustnosti podložních vrstev prokázala významné prodloužení doby konsolidace při snížení součinitele propustnosti. Zpracovatel proto doporučuje provést technická opatření v podloží hráze pro urychlení konsolidace a snížení rizika zvýšeného hydraulického gradientu.

5.2 Shrnutí výsledků pro zemník

V prostoru zemníku č. 2 byly provedeny dvě průzkumné kopané sondy. Obě kopané sondy ověřily vhodnost použití zeminy do hráze do hloubek 1,7 m – 1,9 m a zastihly vrstvy vhodné do homogenní hráze, viz tab. 4.2-1. Pod svrchní vrstvou humózní hlíny (mocnost 0,2 m) byla sondou S5 zastížena vrstva jílu F4 CS, odpovídající GT 3, která je velmi vhodná pro homogenní hráz, viz tab. 4.4-1. Tento jíl postupně od hloubky 1,4 m až do konečné hloubky 1,7 m přecházel do vrstvy písku s příměsí šterku S4 SM (GT 5), který je rovněž vhodný pro homogenní hráz. Směrem k sondě S6 (VJV směrem) vyznívá vrstva jílu (GT 3) a v sondě S6 byla zastížena v hloubce 0,2 – 1,9 m pouze vrstva písku (GT 5).

Obě zastížené vrstvy zemin v sondách S5 a S6 v prostoru zemníku č. 2 jsou dle ČSN 75 2410 vhodné pro použití do homogenní hráze. Přirozená vlhkost nemá velkou odchylku od vlhkosti optimální dle PS, zeminu bude možné zpracovat bezprostředně po natěžení bez úpravy.

Výpočet kubatury použitelných vrstev zemin pro těleso hráze v prostoru zemníku musí být zhotovitelem stavby řešen v realizačním projektu zemních prací.

Zpracovatel navrhuje v prostoru zemníku provést síť kopaných sond, aby mohl být stanoven přesný rozsah a objem zemin vhodných do tělesa hráze.

Během odtěžování ze zemníku zpracovatel doporučuje provádět kontrolní odběry vzorků a laboratorní zkoušky zemin pro ověřování kvality těženého materiálu a zajistit geotechnický sled zemních prací, který zajistí těžbu doporučených zemin ve správných mocnostech, viz tabulka 5.2-1. Zhotovitel stavby musí zpracovat kontrolní a zkušební plán (dále jen KZP).

Kontrolní zkoušky při těžbě materiálu do hráze

Tab. 5.2-1

Zkouška	Doporučená četnost zkoušky
Vlhkost	viz ČSN 752310, čl. 18.2.5
Objemová hmotnost zeminy ke stanovení míry zhutnění	
Zrnitost	
Meze plasticity	
Zhutnitelnost	

5.3 Doporučení pro provádění poldru

Na základě provedených průzkumných prací a numerického modelu jsou níže formulována doporučení pro jednotlivé fáze výstavby hráze poldru. Dle názoru zpracovatele je pro návrh poldru rozhodujícím hlediskem stabilita hráze (a souvisejících objektů), sekundárním hlediskem je propustnost hráze.

Založení poldru

V první fázi bude nezbytné upravit plochu pro založení hráze a přelivu, neboť v předmětném prostoru se nachází množství vzrostlých stromů, menších stromů a náletových dřevin.

Vlastní hráz zpracovatel doporučuje založit do vrstvy podložních štěrků, případně podložních neogenních jílu. V základové spáře by měl být proveden ozub pro zvýšení stability hráze proti působení smykových sil v základové spáře a těsnicí clona vetknutá do vrstvy nepropustných jílu GT 6 (hloubka těsnicí clony min. 6 m).

Pro zvýšení rychlosti disipace pórových tlaků, urychlení konsolidace a snížení rizika zvýšeného hydraulického gradientu v podzákladí hráze, zejména ve vrstvě GT 4, zpracovatel navrhuje zvážit provedení sítě drenážních studní, nebo štěrkových pilířů či prefabrikovaných svislých konsolidačních (PSK) drénů. Tyto drenážní prvky by měly být vetknuty do vrstvy nepropustných jílu GT 6 (hloubka drenážních prvků min. 6 m), ale nesmí být hlubší než těsnicí clona. Drenážní prvky odstraní rovněž nebezpečí vývoje vysokých přetlaků v izolovaných vodou nasycených čockách a uzavřených propustných polohách.

Sypání poldru

Sypání tělesa hráze bude probíhat po vrstvách, předpokládaná tloušťka vrstev je v řádu decimetrů, s přihlédnutím k ČSN 72 1006. Detailní postup sypání hráze, mocnost jednotlivých vrstev a způsob hutnění sypaniny musí být stanoven na základě hutnicí zkoušky, provedené před zahájením výstavby hráze. Hutnění jednotlivých vrstev tělesa hráze se doporučuje 95% PS. Tato hodnota může být upravena na základě výsledků zhutňovací zkoušky.

Zpracovatel doporučuje během provádění hráze provádět geotechnický dozor a geotechnický monitoring, viz doporučení v kapitole 5.4.

Zhotovitel stavby musí zpracovat realizační projekt zemních prací, vč. KZP zemních prací. KZP bude obsahovat především tyto zkoušky (viz tabulka 5.3-1):

Kontrolní zkoušky při stavbě hráze

Tab. 5.3-1

Zkouška	Doporučená četnost zkoušky
Vlhkost	viz ČSN 752310, čl. 18.2.6
Objemová hmotnost zeminy ke stanovení míry zhutnění	
Zrnitost	
Meze plasticity	
Zhutnitelnost	

Realizační projekt zemních prací musí obsahovat i přesnou specifikaci (kvantitativní a kvalitativní) uvažovaných zemin pro stavbu hráze, vč. upřesnění zdrojů těchto zemin.

5.4 Doporučení pro provádění geotechnického dozoru a geotechnického monitoringu

Zpracovatel doporučuje, aby byl při stavbě hráze vykonáván na zhotoviteli stavby nezávislý geotechnický dozor a geotechnický monitoring.

Zpracovatel doporučuje, aby byl během provozu hráze prováděn geotechnický monitoring hráze.

5.4.1 V průběhu výstavby poldru

Geotechnický dozor

V rámci geotechnického dozoru budou prováděny především následující činnosti:

- kontrola realizačního projektu zemních prací zhotovitele stavby a jeho KZP,
- zpracování kontrolního KZP geotechnického dozoru (s redukovanou četností zkoušek oproti KZP zhotovitele stavby, cca na 10 - 20%),
- průběžná kontrola zemních prací formou trvalého dozoru (tj. každá směna) při těžbě zemin v zemnicích i při vlastním sypání hráze, vč. provádění kontrolních zkoušek zemních prací a přejímek základové spáry objektů hráze a vlastní hráze (výstupem činnosti geotechnického dozoru bude posuzování a dokumentování skutečně zastižených geotechnických podmínek, zároveň bude zajištěna odborná konzultace zhotoviteli stavby a investorovi při operativním řešení případných geotechnických problémů),
- účast na kontrolních dnech stavby,
- zpracování průběžných zpráv a závěrečné zprávy o výkonu geotechnického dozoru.

Geotechnický monitoring

Geotechnický monitoring bude prováděn s přihlédnutím k obsahu vyhl. Ministerstva zemědělství č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly a normy TNV 75 2005 Pozorování a měření konstrukcí vodních děl.

Zpracovatel doporučuje, aby byl pro provádění geotechnického monitoringu zpracován realizační projekt geotechnického monitoringu, který bude obsahovat především:

- popis použitých metodik měření,
- konkrétní návrh počtu měřidel a jejich umístění,
- četnost a přesnost měření,
- způsob hodnocení výsledků měření, vč. definice varovných stavů (stupně a kritéria),
- způsob předávání výsledků.

Zpracovatel navrhuje, aby geotechnický monitoring byl, s ohledem na obtížné geotechnické podmínky v prostoru přehradního profilu, v průběhu výstavby zaměřen na sledování následujících veličin a jevů:

Vodní režim v prostoru přehradního profilu a průsaky tělesem hráze

Zpracovatel doporučuje sledovat úroveň hladiny podzemní vody ve vystrojených vrtech J5 a J8; sledování by mělo být zahájeno alespoň 3 měsíce před zahájením zemních prací, aby byl zachycen stavbou neovlivněný vodní režim. Doporučuje se kontinuální měření.

Zpracovatel doporučuje situovat v tělese hráze síť vrtů vystrojenými víceúrovňovými piezometrickými sondami („uzavřenými strunovými piezometry“) pro sledování pórových tlaků a případných průsaků tělesem hráze, cca 3 piezometry a 2 úrovně měření. Vrtů provedeny v koruně hráze, ukončené pod úrovní základové spáry hráze ve vrstvě nepropustných jílu GT 6. Měření možno provádět manuálně, vzhledem k účelu vodního díla (suchý poldr).

Pórové tlaky v podzákladí hráze a přetížení hráze na základovou spáru

Zpracovatel doporučuje provést do podzákladí hráze vrtý a do vrtů instalovat uzavřené víceúrovňové piezometry pro sledování změn pórových tlaků v podzákladí, jednalo by se o síť piezometrů v rastru cca 20 - 30 m tj. cca 15 piezometrů a 3 úrovně měření, piezometry ukončit ve vrstvě nepropustných jílu GT 6, doporučuje se kontinuální měření, kabely od piezometrů vyvést v ocelových chráničkách mimo půdorys hráze a připojit k dataloggerům, aby měření bylo možno provádět během výstavby hráze.

Pro sledování přetížení hráze na základovou spáru zpracovatel doporučuje do základové spáry osadit tlakoměrné podušky pro měření přetížení hráze na základovou spáru, cca 10 podušek, doporučuje se kontinuální měření, kabely od podušek vyvést v ocelových chráničkách mimo půdorys hráze a připojit k dataloggerům, aby měření bylo možno provádět během výstavby hráze. Podušky by měly být osazeny i na kontaktu konstrukce vývaru a hráze, výpusti s bezpečnostním přelivem a pod výpustný objekt.

Deformace tělesa hráze a základové spáry

Zpracovatel doporučuje do povrchu tělesa hráze stabilizovat kontrolní body pro sledování svislých a vodorovných deformací tělesa hráze, cca 10 kontrolních bodů. Přesný počet kontrolních bodů a jejich umístění by měly být stanoveny v součinnosti se subjektem, který bude na vodním díle vykonávat technickobezpečnostní dohled.

Zpracovatel doporučuje do tělesa hráze dodatečně provést svislé inklinometrické vrtý, ukončené pod úrovní základové spáry, pro sledování vodorovných i svislých deformací tělesa hráze. Doporučuje se provést 2 inklinometry v nejvyšším místě hráze, délka vrtů cca 15 m (tj. cca 5 m pod úroveň základové spáry).

Zpracovatel doporučuje osadit v základové spáře minimálně 2 profily pro měření vodorovným inklinometrem (nebo pažnice pro hydrostatické měření sedání) kolmo na osu hráze, pro sledování průběhu deformací v základové spáře, délka inklinometrů cca 2 x 60 m. Inklinometrické pažnice (nebo pažnice pro hydrostatické měření sedání) by měly být ukončeny mimo půdorys hráze, aby se měření dala provádět během výstavby.

5.4.2 V průběhu provozu poldru

Geotechnický monitoring

Po dokončení poldru by měl geotechnický monitoring pokračovat v obdobném rozsahu jako při výstavbě poldru po dobu cca 12 měsíců, kdy se předpokládá průběh konsolidace hráze a podzákladí.

V dalším období, tj. od konce 1. roku provozu poldru, je možno četnost měření geotechnického monitoringu snížit na manuální měření v četnosti cca 1 x 3 měsíce. Tento redukovaný rozsah geotechnického monitoringu zpracovatel doporučuje provádět do konce záruční doby vodního díla, tj. cca do konce 5. roku provozu poldru.

V dalším období, tj. po skončení záruční doby vodního díla, by měl být geotechnický monitoring prováděn v rámci výkonu technickobezpečnostního dohledu a sledovány by měly být pouze vybrané veličiny a jevy, jejichž výčet by měl být stanoven v součinnosti se subjektem, který bude na vodním díle vykonávat technickobezpečnostní dohled.

6. Závěr

Předložená závěrečná zpráva shrnuje výsledky provedených průzkumných prací doplňkového geotechnického průzkumu v rámci akce "Višňová, Víska, výstavba suché nádrže, doplňkový GTP".

Předmětné práce byly provedeny v souladu s požadavky objednatele a zadávacími podmínkami. Určité odchylky od zadávacích podmínek, ke kterým při provádění průzkumných prací došlo, byly vždy předem projednány a odsouhlaseny objednatelem a konzultovány s autorem zadávacích podmínek.

Účelu průzkumných prací – zajištění potřebných podkladů pro zpracování projektové dokumentace pro výstavbu hráze a souvisejících objektů v rámci protipovodňových opatření na Krčelském potoce a sestavení numerického geotechnického numerického modelu řešícího stabilitu hráze a průběh proudění tělesem hráze – bylo dosaženo.

Rovněž byla formulována doporučení pro výstavbu hráze poldru, pro výkon geotechnického dozoru při výstavbě poldru a pro provádění geotechnického monitoringu během výstavby a provozu poldru.

V Praze dne 31. 10. 2016.

7. Přílohy