



4G consite s.r.o., Šlikova 406/29, 169 00 Praha 6

Z á v ě ř e č n á z p r á v a

CHODOUNY – LOUNKY PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ

**hydrogeologický
a inženýrskogeologický průzkum,
matematický model proudění podzemních vod**

číslo úkolu 09067

.....
Mgr. Tibor Matula
řešitel úkolu

.....
RNDr. Jiří Tomášek
odpovědný řešitel

Praha, srpen 2009

4G consite s.r.o., Šlikova 406/29, Praha 6, 169 00
IČ 27624218, DIČ CZ27624218 zapsána v OR MS Praha, oddíl C, vložka 119684, dne 29.11.2006
Tel.: 242 485 929, 602 244 475, email: info@4gconsite.com

OBSAH

strana

1. ÚVOD.....	4
2. POUŽITÉ PODKLADY A METODIKA PRŮZKUMNÝCH PRACÍ.....	4
3. MORFOLOGICKÉ A KLIMATICKÉ POMĚRY	5
3.1 GEOGRAFICKÉ A GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY	5
3.2 HYDROLOGIE A HYDROGRAFIE.....	6
3.3 CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ	6
3.4 KLIMATICKÉ POMĚRY	6
4. GEOLOGICKÉ POMĚRY ŠIRŠÍHO OKOLÍ.....	7
4.1 GEOLOGICKÉ POMĚRY	7
4.2 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY.....	10
5. POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ A TECHNICKÝ POPIS STAVBY	11
6. ROZSAH A METODIKA PRŮZKUMNÝCH PRACÍ.....	11
7. VYHODNOCENÍ PRŮZKUMNÝCH PRACÍ	13
7.1 OVĚŘENÁ GEOLOGICKÁ STAVBA	13
7.2 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY	15
7.3 ZÁKLADOVÉ POMĚRY A ZEMNÍ PRÁCE	19
8. ZPRACOVÁNÍ MODELU PROUDĚNÍ PODZEMNÍCH VOD	21
9. GEOFYZIKÁLNÍ MĚŘENÍ.....	23
10. DÍLČÍ ZÁVĚRY PRŮZKUMNÝCH PRACÍ A DOPORUČENÍ.....	23
11. ZÁVĚR	25



4G consite s.r.o., Šlikova 406/29, 169 00 Praha 6

Seznam příloh:

- Příloha č.1 Situace zájmového území 1 : 50 000
- Příloha č.2 Situace zájmového území s vyznačením nových průzkumných sond v měř. 1 : 1 000
- Příloha č.2.1 Situace zájmového území s vyznačením archívních průzkumných sond v měř. 1 : 10 000
- Příloha č.3 Geologická dokumentace nových průzkumných vrtů
- Příloha č.4 Geologická dokumentace archívních sond
- Příloha č.5 Geologický řez A-A´
- Příloha č.6 Výsledky laboratorních zkoušek mechaniky zemin
- Příloha č.7 Výsledky laboratorních rozborů podzemních vod
- Příloha č.8 Výsledky hydrodynamických zkoušek
- Příloha č.9 Technická zpráva vrtných prací
- Příloha č.10 Měřická zpráva
- Příloha č.11 Geofyzikální průzkum
- Příloha č.12 Matematický model proudění podzemních vod

Rozdělovník :

- Výtisk č. 1 - 7 Hydroprojekt CZ a.s. Praha
- Výtisk č. 8 4G consite s.r.o.
- Výtisk č. 9 ČGS - Geofond.

1. ÚVOD

Firma HYDROPROJEKT CZ a.s., zastoupená Ing. M. Mockovou, objednala u naší firmy 4G consite s.r.o. zpracování hydrogeologického a inženýrskogeologického průzkumu lokality Chodouny – Lounky se zaměřením na předpokládanou linii protipovodňových opatření. Součástí prací bylo i zpracování matematického modelu proudění podzemních vod modelující chování podzemních vod při povodňovém stavu. Průzkumné práce byly podle požadavků objednatele prováděny na lokalitě Chodouny - Lounky. Rozsah prací byl dán požadavky objednatele, které byly specifikovány v nabídce prací zpracované v rozsahu etapy podrobný průzkum.

Rozsah objednaných prací byl tedy dán nabídkou a dále byl specifikován v objednávce č. 10-7218-0202 na:

- Provedení 3 ks hydrogeologických a 4 ks inženýrsko-geologických vrtů
- Odběry vzorků zemin a podzemních vod a jejich rozborů
- Geofyzikální průzkum
- Zpracování modelu proudění podzemních vod se zaměřením na hloubku těsnícího prvku
- Vyhodnocení získaných podkladů v závěrečné zprávě a doporučení pro návazné průzkumné práce před stupněm projektové dokumentace pro stavební povolení současně s odhadem jejich nákladů

Pro potřeby posouzení objednatel poskytl stávající mapovou dokumentaci s vyznačením situace hrází a tachymetrické zaměření zájmového území a existující související informace potřebné pro zpracování a vyhodnocení prováděných prací. Dále objednatel poskytl informace pro zajištění vstupů na pozemky a poskytnul i vyjádření o existenci vybraných podzemních inženýrských sítí v místech průzkumných prací.

Svým rozsahem podléhaly průzkumné práce, ve smyslu zákona 366/2000 a souvisejících prováděcích vyhlášek, registraci v České geologické službě - Geofondu, kde byly zaevidovány. Úkol je veden u zpracovatele pod číslem 09067.

2. POUŽITÉ PODKLADY A METODIKA PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

Pro vyhodnocení a získání požadovaných výsledků byly rovněž použity podklady o geologické stavbě získané archivní rešerší v předcházející etapě prací. Z této zprávy byly převzaty zejména archivní dokumentace sond a zjištěné poznatky o geologické stavbě širšího okolí. Dokumentace použitých archivních sond je součástí přílohy č. 4.

Ve zprávě byl doporučen i rozsah navazujících průzkumných prací, který však nebyl schválen. Z původně doporučeného souboru průzkumných prací byly v této etapě

provedeny práce v relativně omezeném rozsahu. V celém zájmovém území lokality Lounky bylo provedeno celkem sedm nových vrtů k ověření geologické situace zájmového území, přičemž tři vrtů z celkového počtu byly po odvrtání vystrojeny jako vrtů hydrogeologické. Tyto monitorovací vrtů měly sloužit k ověření aktuální úrovně hladiny podzemní vody a dále pro realizaci hydrodynamických zkoušek.

Situace nově provedených vrtů je uvedena v příloze č. 2. V této příloze je rovněž vyznačena projektovaná situace protipovodňových hrází a zídek v zájmovém území. Situace archívních sond je uvedena v příloze č. 2.1.

Z provedených vrtů bylo dále odebráno šest vzorků zeminy na stanovení zrnitosti a klasifikace podle ČSN 73 1001, ČSN 72 1002 a rovněž byl proveden výpočet koeficientu propustnosti z křivky zrnitosti. Na třech vzorcích podzemní vody byly provedeny rozborů na stanovení její agresivity na betonové konstrukce podle ČSN EN 206-1.

Na lokalitě bylo provedeno geofyzikální měření s úkolem stanovení charakteru sedimentace v daném prostředí, ke zjištění mocnosti kvartérních sedimentů a určení jejich relativní propustnosti a ověření případných struktur, které by mohly rozhodujícím způsobem ovlivňovat pohyb podzemních vod. Technická zpráva z geofyzikálního průzkumu je součástí přílohy č. 11.

S použitím výsledků provedených průzkumných prací byl zpracován matematický model proudění podzemních vod pro stav vody při průtocích Q_{100} . Modelováním bylo ověřováno proudění podzemních vod pro stavy s podzemním těsnícím prvem a bez jeho použití. Matematický model je součástí přílohy č. 12.

3. MORFOLOGICKÉ A KLIMATICKÉ POMĚRY

3.1 GEOGRAFICKÉ A GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmové území se nachází v Ústeckém kraji, v okrese Litoměřice v obci Chodouny, části Lounky. Objekty hrází budou umístěny na pravém břehu řeky Labe mezi tokem a stávající zástavbou.

Podle regionálního geomorfologického členění reliéfu ČR (Balatka B. a kol., 1973) náleží zájmové území k okrsku Roudnická brána.

Okrsek Roudnická brána dle vyššího členění patří do:

Soustava (subprovincie): Česká tabule (subprovincie)

Podsoustava (oblast): Středočeská tabule (oblast)

Celek: Dolnooharská tabule

Podcelek: Terezínská kotlina

Roudnická brána tvoří spojení mezi Mělnickou (Lužeckou) a Terezínskou (Lovosickou) kotlinou. Podloží tvoří křídové usazeniny (slepence-opuky) stupně turon/coniac (v hlubším podloží je karbonská roudnicko-mšenská pánev a pod ní zvrásněné usazeniny pozdních starohor). Roudnická brána je z jihu omezena Podřipskou tabulí (v nadm. výšce cca 250 m) na severu pruhem tvrdších opuk, se svědeckým vrchem

Sovicí. Vlastní údolí je v nejnižší úrovni nivou řeky Labe (s lužním lesem tzv. Dobříňským hájem), výše je potom několik úrovní čtvrtohorních teras řeky Labe.

Zájmové území je zobrazeno na mapě v měřítku 1 : 50 000, uvedené jako příloha č. 1. Podrobná situace lokality je zobrazena v příloze č. 2 v měřítku 1 : 1 000.

Morfologie zájmového území je téměř rovinná. Zájmové území se nachází v údolní nivě řeky Labe v těsné blízkosti toku.

3.2 HYDROLOGIE A HYDROGRAFIE

Zájmové území patří k povodí 1-12-03 Labe od Vltavy po Ohři. Lokalita se nachází na rozhraní 3 dílčích povodí. Jedná se o dílčí povodí 1-12-03-041 Labe od Libotenické strouhy po náhon, 1-12-03-042 Náhon a 1-12-03-043 Labe od náhonu po Úštěcký potok.

3.3 CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ

Podle informací zveřejněných na serveru Ministerstva životního prostředí ČR, leží zájmová lokalita v chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) Severočeská křída. Dále již zájmové území není součástí jiných ochranných pásem vod, zvláště chráněných území a ostatních území chráněných zvláštními předpisy o ochraně přírody a krajiny ani chráněných ložiskových území.

3.4 KLIMATICKÉ POMĚRY

Zájmová lokalita je z klimatického hlediska součástí oblasti označené kódem B1. Pro ráz klimatu je charakteristické dlouhé léto, teplé a suché, přechodné období krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima je krátká, mírně teplá a suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky.

Bližší představu o meteorologických poměrech umožňují údaje z nejbližší srážkoměrné stanice Roudnice nad Labem (181 m n.m.). Následující tabulka č. 1 uvádí dlouhodobé měsíční průměrné úhrny atmosférických srážek v uvedené stanici za období 1931-1960 a průměrné teploty vzduchu (období 1931-1960) ze stejné stanice.

Tabulka č. 1. - Průměrné teploty vzduchu a srážkové úhrny v období 1931 – 1960 (°C)

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Teplota (°C)	-2,0	-0,8	3,4	8,7	13,9	17,1	18,8	18,3	14,5	8,7	3,9	0,0	8,7
Srážky (mm)	26	24	25	34	52	68	76	52	36	39	29	27	488

Období	Vegetační IV-IX	Nevegetační X-III
Teplota (°C)	15,2	2,2
Srážky (mm)	318	170

Maximální měsíční úhrn srážek připadá na červenec, kdy spadne 76 mm, tj. cca 15,6 % ročního průměrného úhrnu. Měsíční minimum je v únoru, kdy spadne 24 mm srážek, což představuje cca 4,9 % ročního normálu. Ve vegetačním období (IV-IX) spadne v průměru 65 % a v chladném období (X-III) 35 % ročního úhrnu srážek.

4. GEOLOGICKÉ POMĚRY ŠIRŠÍHO OKOLÍ

4.1 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Z regionálního geologického hlediska se zkoumané území je součástí české křídové tabule. v její tzv. pražské faciální oblasti (vltavsko – berounská facie).

Oblast je situovaná v prostoru tzv. Roudnického meandru.

Předkvartérní podloží zájmového území je generelně tvořeno horninami stáří křída, střední až svrchní turon, které jsou petrograficky zastoupeny z převážné části slinitými jíly, jílovitými slíný, slíný až slinitými vápenci.

V jejich povrchových partiích a na výchozech velmi rychle zvětrávají na střípky a destičky a dále až na slíny zrnitostního charakteru jílu.

V zájmovém území vymezeném výstavbou hrází však tyto horniny nevycházejí na povrch a ani nebudou tvořit základovou spáru projektovaných staveb a ani nebudou jiným způsobem tento druh výstavby ovlivňovat.

Jižně od zájmového území je předkvartérní podloží porušeno tektonikou související s židovicko-chvalínskou poruchou.

Kvartérní pokryvné útvary jsou v zájmovém území zastoupeny písko-šterkovitými fluvialními náplavy a lokálně i sprašemi a navátými písky a v okolí vodotečí holocénními náplavy. Spraše a váte písky byly zastiženy archivní dohledanou sondáží východně od linie výstavby hrází v západním prostoru obce Chodouny a nebudou tedy při výstavbě hrází, ani v jejich zatopeném předpolí výraznějším způsobem zastiženy.

V zájmovém území se téměř výhradně vyskytují ve vrchních polohách geologického profilu holocénní sedimenty, které zakrývají vlastní údolní terasu. Tyto holocénní sedimenty jsou tvořeny především hlinitopísčnými až hlinitými a jemně písčnými usazeninami. Mocnost těchto sedimentů se pohybuje okolo 2 m s lokálními odchylkami až do 2,6 m. Výrazně vyšší mocnost těchto sedimentů byla zastižena v prostoru severozápadně od Černěvsí na pravém břehu Labe, kdy byla zastižena mocnost šedých jílu a jílovitých písku až 4,2 m (vrty W8 a W9). Zde bylo ověřeno pravděpodobně staré rameno řeky zanesené jemnozrnnými holocénními sedimenty.

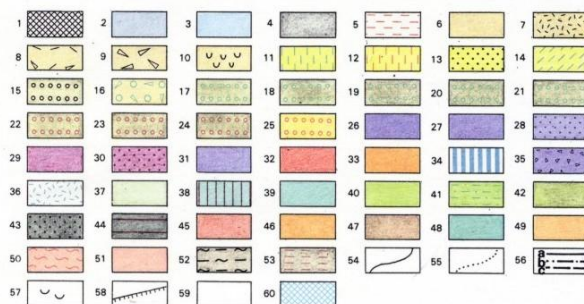
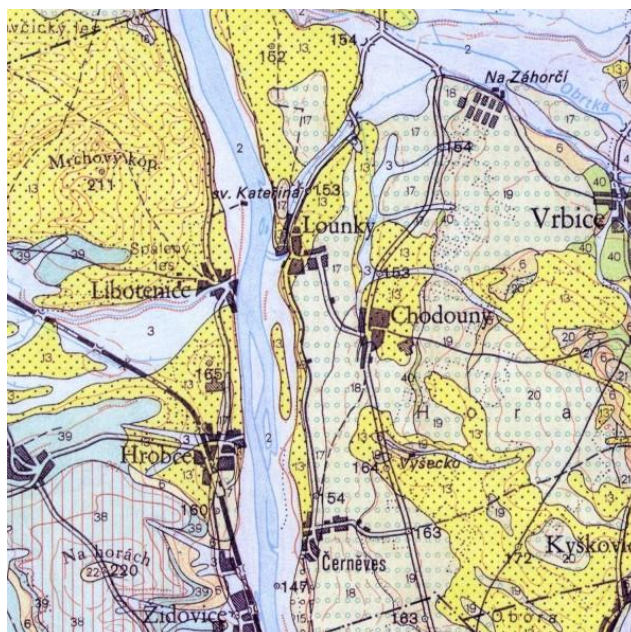
Holocénní sedimenty zakrývají údolní terasové polohy především wurmského stáří. Terasové polohy se vyznačují převahou písčitého podílu nad podílem štěrkové frakce. Jejich vertikální zrnitostní členění odpovídá běžnému vývoji v terasách českých řek. Báze sedimentace je tedy tvořena hrubými štěrky a směrem do nadloží se zrnitost sedimentace zjemňuje a postupně přechází do jemnozrnných holocénních zemin.

Terasové sedimenty v zájmovém území vyčlenil a rozdělil ve svých pracích B. Zahálka, které bylo později upraveno a detailně rozpracováno autory Balatka, Sládek. Pro řešený úkol nemá toto detailní členění zásadní význam. V zájmovém území se vyskytuje především tzv. maninská terasa (IV.a). Báze terasy byla tímto autorem vyčleněna v úrovni cca 141,5 m n.m. a její povrch je v širším okolí v úrovni cca 158 – 160 m n.m. Celková mocnost terasy dosahuje v zájmovém území a jeho okolí cca 10 – 12 m. Petrograficky je terasa téměř shodná s okolními terasami odlišného stáří. Jedná se tedy v převážné části o písky jemnozrnné až hrubozrnné s polohami valounů velikosti 5 cm a lokálně až 10 -15 cm, kdy bazální polohy jsou tvořeny až balvanitým materiálem velikosti 25 – 30 cm lokálně i více. Valouny jsou zastoupeny křemenem, buližníkem, žulami, rulami, místy algonkickými horninami a ojediněle i odolnými a pevnějšími křídovými slínovci.

Lokálně je možno v některých částech zájmového území detekovat polohy navážek. Jedná se především o navážky charakteru místních výkopků hlinitopísčitého charakteru lokálně s úlomky stavebních odpadů související s drobnou stavební činností, případně s drobnými úpravami terénu zejména v prostoru polních komunikací.

Nejvýznamnější polohy navážek lze očekávat v prostoru komunikací, zejména potom v prostoru silnice Lounky – Černěves, kde bude možno očekávat polohy štěrkových konstrukčních vrstev a násypy vlastního tělesa komunikace.

Na následujícím obrázku č. 1 uvádíme pro přehled výřez geologické mapy širšího okolí v měřítku 1 : 50 000.



KVARTÉR, holocén: 1 - komunální odpady, lomové odvaly, navážky; 2 - fluvialní převážně písčito-hlinité sedimenty v nivách; 3 - deluviofluvialní převážně písčito-hlinité sedimenty; 4 - hníkalové a organodetritické sedimenty; 5 - bahenní oxidické železné rudy;
holocén - pleistocén: 6 - deluvialní písčito-hlinité sedimenty; 7 - deluvialní kamenito-hlinité sedimenty; 8 - deluvialní hlinito-kamenité sedimenty s bloky hornin; 9 - deluvialní blokové akumulace; 10 - deluvialní kamenito-hlinité uloženiny konsolidovaných sesuvů;
pleistocén svrchní: 11 - spraše; 12 - sprašové hliny; 13 - naváté písky; 14 - deluvio-eolické písčito-hlinité sedimenty s kameny; 15 - fluvialní písčité štěrky;
pleistocén střední: 16 - proluviální písčité štěrky;
mladší riss: 17 - fluvialní písčité štěrky;
starší riss: 18 - fluvialní písčité štěrky;
periss: 19 - fluvialní písčité štěrky;
mladší mindel: 20 - fluvialní písčité štěrky;
starší mindel: 21 - fluvialní písčité štěrky;
pleistocén spodní, mladší gүнz: 22 - fluvialní písčité štěrky;
starší gүнz: 23 - fluvialní písčité štěrky;
dunajské stadium: 24 - fluvialní písčité štěrky;
TERCIÉR, neogén, pliocén: 25 - fluvialní písčité štěrky;
neogén - paleogén: 26 - olivinické alkalické bazalty a bazanity (nefelinické, analcimické, „leucitické“), limburgity; 27 - sodaliticko-nefelinický bazanit; 28 - olivinické foidity (olivinické nefelinity, analcimity, „leucitity“); 29 - alkalické bazalty bez olivinu a tefrity (analcimické, „leucitické“, zeolitické), augitity; 30 - sodalitický nefelinit; 31 - bazaltické horniny nerozlité; 32 - trachybazalty (bez foidů, analcimické); 33 - sodalitické trachyty; 34 - silně alterované (autometamorfované) bazaltické horniny; 35 - subvulkanická brekie bazaltických hornin; 36 - pyroklastika bazaltických hornin;
MEZOZOIKUM, křída svrchní, santon - coniak - březenské souvrství: 37 - slínovce, vápnité jílovce;
coniak - turon svrchní: rohatecké vrstvy: 38 - silicifikované jílovité vápence;
teplické souvrství: 39 - slínovce s polohami jílovitých vápenců, jílovité vápence (spodní část);
turon svrchní - střední: jizerské souvrství, spodní část: 40 - jílovce, slínovce; 41 - jílovito-prachovité pískovce;
turon střední - spodní: bělohorské souvrství: 42 - prachovce, spongilitické písčité slínovce; v sz. části území listu podřízené jemnozrnné glaukonitické pískovce;
cenoman: korycanské vrstvy: 43 - křemenné jemné až středně zrnité pískovce, místy slabě jílovité, na bázi často slepencovitě;
perucké vrstvy: 44 - jílovité jemně zrnité pískovce s obsahem organické hmoty;

Obr.1. – Geologická mapa okolí zájmové lokality.

Geologická stavba je detailně popsána dále v textu společně s vyčleněním charakteristických zemin vyskytujících se v zájmovém území.

4.2 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Vlastní zájmové území se nachází v hydrogeologickém rajónu 452 – Křída pravostranných přítoků Labe.

V širším okolí je možno v zeminách a horninách vyčlenit dva kolektory podzemní vody, které budou ovlivňovat výstavbu a funkci ochranných hrází.

Prvním a hlubším kolektorem je kolektor turonských slínovců. Tyto horniny plní v zájmovém území spíše funkci izolátoru mezi kvartérní zvodní a podložním cenomanským kolektorem. Jejich propustnost je typicky puklinová a je vázána na zónu povrchového rozpojení a zvětrání. Vydatnosti jímacích objektů v turonském kolektoru jsou poměrně malé a vlastní kolektor je částečně v souvislosti s nadložním kolektorem kvartérních sedimentů, kterým je dotován. Tento kolektor je však pro řešený problém málo podstatný a dále tedy nebude uvažován.

Kvartérní kolektor zastoupený písčito-šterkovitými terasovými sedimenty a holocénními písčito-hlinitými zeminami se vyznačuje typickou průlinovou propustností. V blízkosti vodoteče a tedy téměř v celém zájmovém území je voda v těsné souvislosti s úrovní hladiny v Labi, kterým je za nízkých stavů drénována a za vyšších vodních stavů probíhá její dotace do kolektoru.

Hladina podzemní vody se nachází podle archívních údajů v širším okolí v hloubce do 5 m pod terénem. Provedenou sondáží byla v prostoru budoucích protipovodňových prvků ověřena v hloubce okolo 1 m pod terénem, ojediněle až 3 m pod terénem v závislosti na morfologii.

Všeobecně se tento kolektor vyznačuje velmi dobrou propustností až v řádech koeficientu transmisivity $T = x \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, a koeficientu filtrace $k_f = x \cdot 10^{-3}$ až 10^{-4} m/s , která se snižuje v prostředí s vyšším podílem jemnozrnné frakce až k řádu 10^{-5} m/s . Propustnost zemin je tedy nejvyšší při bázi sedimentace a směrem do nadloží klesá v závislosti na zrnitostním složení materiálů.

Nejvyšší vydatnost jímacích objektů byla ověřena v prostoru vrtu č.1921 severně od Lounek. kdy při snížení o 10 – 15 % mocnosti vodního sloupce bylo dosaženo vydatnosti objektu 10 – 11 l /s. Je tedy zřejmé, že v zájmovém území lze očekávat ve spodní části kvartérní sedimentace velmi vysoké hodnoty propustnosti v souvislosti s hrubozrnným charakterem materiálů.

Podzemní vody kvartérních fluvialních sedimentů lze na základě archívních údajů klasifikovat jako kalcium-bikarbonát-sulfátové přecházející místy až do vod kalcium-magnesium-bikarbonát-sulfátové. Voda je většinou neutrální s mírně zásaditou reakcí se střední až mírně zvýšenou mineralizací. Z hlediska agresivity podzemních vod na betonové konstrukce se podzemní vody vyznačují na základě archívních údajů nízkou a střední agresivitou na betonové konstrukce stupně **la** ojediněle až **ma** podle ČSN 73 1215 vlivem mírně zvýšeného obsahu síranů a částečně i agresivního CO₂. Chemické působení vody podle ČSN EN 206-1 je ze stejného důvodu na stupni XA1.

5. POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ A TECHNICKÝ POPIS STAVBY

Vlastní zájmové území hrází se nachází na JZ okraji zastavěné části obce Lounky. Situace hráze je vyznačena v příloze č. 1. a v příloze č. 2.

Nadmořská výška terénu v trase hrází je cca 148 až 151 m n.m. Hráz je situována mezi intravilánem Lounek a tokem řeky Labe. Hráz překonává koryto místní vodoteče protékající středem Lounek a ústícím zde do Labe. Výška vodního sloupce při uvažované zátopě Q_{100} (definovaná úrovní 152,39 m n.m.) je cca až 5 m v korytě a těsném okolí místní vodoteče do cca 3 m v ostatních částech úseku.

Vlastní těleso protipovodňové hráze je kombinací sypané zemní hráze a železobetonové zídky. Železobetonová zeď bude umístěna na severním okraji hráze v délce 200 m. Dále bude navazovat těleso sypané zemní hráze. Jižní část úseku v okolí silnice Lounky – Černěves bude opět železobetonová zeď v délce 22 m. Křížení protipovodňové hráze s místními komunikacemi bude uzavíráno mobilním hrazením, křížení s vodotečí bude řešeno stavidlem.

Koruna zemní hráze bude v úrovni 152,7 m n.m. (30 cm nad hladinu Q_{100}). Zemní hráz bude dosahovat výšky max. cca 5 m, šířka koruny bude 3 m. Sklon návodního i vzdušného svahu je navržen ve sklonu 1:2. Celková délka tělesa zemní hráze je cca 500 m. Povrch hrázky bude zatravněn. Na severní i jižní straně bude zemní hráz navazovat na železobetonovou zídku. Zdi budou zakládány plošně.

6. ROZSAH A METODIKA PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

Rozsah prací byl specifikován ve schválené nabídce prací.

V první etapě prací bylo na lokalitě provedeno geofyzikální měření, jehož cílem bylo zejména ověření mocnosti kvartérní sedimentace kontinuálně pod tělesem hrází. Současně byl ověřen i průběh předkvartérního a tedy relativně nepropustného podloží v trase hrází. Dále byly ověřovány i možné diskontinuity v budoucí trase hráze, které by mohly mít vliv na proudění podzemních vod v jejich podloží. Geofyzikální měření bylo provedeno metodou odporové tomografie. Geofyzikální profily nemohly být vzhledem k existenci polních plodin vedeny bezprostředně v ose budoucích hrází, ale byly mírně posunuty. Jejich vypovídací hodnota je však stejná jako při jejich umístění přímo v ose hráze a posun tedy nemá na kvalitu výstupních hodnot negativní vliv. Geofyzikální práce provedla specializovaná firma G Impuls Praha s.r.o. a zpráva o provedených pracích s výsledky tvoří samostatnou přílohu č. 11.

Na lokalitě bylo provedeno celkem 7 nových vrtů, z toho 3 vystrojené hydrogeologické. Situace nových vrtů je znázorněna v příloze č. 2. Před provedením technických a vrtných prací byly s místy umístění jednotlivých vrtů seznámeni vlastníci příslušných pozemků a byly s nimi uzavřeny dohody o umístění vrtů a provádění prací. Příslušné dohody byly uskutečněny i na Obecním úřadě Chodouny.



4G consite s.r.o., Šlikova 406/29, 169 00 Praha 6

Místa vrtů byla prověřena i z hlediska výskytu případných podzemních sítí, aby nedošlo k jejich porušení.

Vlastní technické práce provedla v subdodávce firma Ing. Miroslav Fárik – Hydrogeosond ve dnech 16. – 24. 7. 2009. Vrtné práce byly provedeny mobilní vrtnou soupravou UGB -1VS na podvozku GAZ.

Celkem bylo na lokalitě provedeno 7 vrtů označených J1, J3, J6, J7 a HV2, HV4 a HV5 s celkovou metráží 55,0 bm.

Hydrogeologické vrty HV2, HV4 a HV5 byly prováděny vrtným průměrem 275 mm, resp. 256 mm pod ochranou ocelovou pažnicí průměru 273 mm metodou rotačního vrtání na jádro. Po odvrtání byly tyto vrty trvale vystrojeny PVC zárubnicemi o průměru 160 mm s perforací a obsypem kačírkem frakce 4/8 mm. Při povrchu byly vrty izolovány jílovým těsněním a obetonovaná zhlaví vrtů byla opatřena ocelovým uzamykatelným poklopem.

Inženýrskogeologické vrty J1, J3, J6 a J7 byly vyhloubeny za použití ochranného pažení průměrem 195 mm. Po zdokumentování geologického profilu a ustálení hladiny podzemní vody byly zlikvidovány zpětným záhozem.

Podrobný popis technologie vrtání a trvalé výstroje vrtu je uveden v příloze č. 9.

Po ukončení vrtných prací byla na všech vystrojených vrtech, tj. HV2, HV4 a HV5 provedena orientační hydrodynamická zkouška. Hydrodynamické zkoušky provedla v subdodávce firma Ing. Miroslav Fárik – Hydrogeosond.

Vrty byly zaměřeny polohově i výškově v souřadném systému JTSK a výškovém systému B.p.v. Měřické práce provedla firma GeoNet Pro s.r.o. a měřická zpráva tvoří přílohu č. 10.

Vrtné jádro bylo geologicky zdokumentováno a získané informace o geologické stavbě byly vyhodnoceny a graficky zpracovány pomocí programu GeProDo a jsou uvedeny v příloze č. 3 této zprávy.

Z vyčleněných vrstev zemin bylo odebráno celkem šest porušených vzorků zemin na stanovení základních indexových parametrů a klasifikaci ve smyslu normy ČSN 73 1001, včetně odvození koeficientu propustnosti z křivky zrnitosti výpočtem. Z vystrojených vrtů byly odebrány vzorky podzemní vody na stanovení její agresivity na betonové konstrukce ve smyslu ČSN EN 206–1 v počtu 3 ks. Laboratorní zkoušky mechaniky zemin a rozborů podzemních vod provedla akreditovaná laboratoř firmy GEMATEST spol. s r.o.. Výsledky zkoušek mechaniky zemin tvoří přílohu č. 6 a rozborů podzemní vody tvoří přílohu č. 7.

Po zpracování a popsání geologické stavby byly vyčleněny charakteristické geologické vrstvy, označené jako geotechnický typ. Pro tyto vyčleněné polohy zemin a hornin byly stanoveny na základě laboratorních zkoušek a analogie s archívními údaji základní geotechnické parametry potřebné pro zakládání hrází a zdí.

Na hydrogeologických vrtech byly provedené hydrodynamické zkoušky, které byly vyhodnoceny Jacobovou metodou přímkové aproximace, ze vztahu:

$$k_f = 0,183 \cdot Q \cdot dh / d(t/(t+t_0))$$

kde:

k_f = koeficient filtrace (m/s), Q = čerpané ustálené množství (m^3/s), dh = rozdíl úrovní hladin mezi výpočtovými body na přímkovém úseku křivky v semilogaritmickém grafu (m), $d(t/(t+t_0))$ = rozdíl bezrozměrného času mezi výpočtovými body na přímkovém úseku křivky v semilogaritmickém grafu, t = doba měření stoupací zkoušky (s), t_0 = doba čerpání (s).

Na základě těchto hydrodynamických zkoušek byly získány orientační hydraulické parametry - koeficienty filtrace k_f a transmisivity T kvartérních sedimentů. Tyto hodnoty byly dále použity pro zpracování matematického modelu proudění podzemních vod.

Pro popis stávajícího proudění podzemních vod a prognózu proudění podzemních vod vyvolaného stoletou povodní Q_{100} byl vytvořen matematický model proudění podzemní vody. Pro realizované simulace byl použit program MODFLOW²⁰⁰⁰, vyvíjený v USGS. Stávající (obvyklé) poměry proudění podzemní vody jsou v modelu vypočteny pomocí stacionární simulace proudění podzemních vod (viz hydroizohypsy v příloze č. 12). Vliv povodně je v modelu zadán pomocí simulace neustáleného proudění podzemních vod. Celkem je simulace rozdělena do 29 period s délkou ¼ dne. V každé periodě je zadána nová úroveň hladiny v tocích v závislosti na průběhu návrhové (syntetické) povodňové vlny. Drenážní účinek (popřípadě vcezení) z toků je řešen pomocí okrajové podmínky třetího typu (hladina a odporový koeficient). Na JV území je rovněž zadána okrajová podmínka třetího typu, reprezentující zvýšenou hladinu podzemních vod vlivem vzduť hladiny v Labi při povodni a rozliti řeky do úrovně stoleté záplavové čáry. Vliv srážkové infiltrace je v modelu zadán okrajovou podmínkou 2. typu (Neumannova okrajová podmínka).

Výsledky všech provedených prací jsou uvedeny v přílohách této zprávy a komentovány v následujícím textu.

7. VYHODNOCENÍ PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

7.1 OVĚŘENÁ GEOLOGICKÁ STAVBA

Pro zhodnocení geologické stavby byly použity archívni sondy a nové sondy, jejichž situace je znázorněna v příloze č. 2 a v příloze č. 2.1. Kopie jejich geologické dokumentace jsou uvedeny v příloze č. 3 a v příloze č. 4. Jako nejbližší byly použity dohledané archívni sondy HV1, W3, W5, W6, V36 a 1921.

Předkvartérní podloží zájmového území je generelně tvořeno horninami stáří křída, střední až svrchní turon, které jsou petrograficky zastoupeny slínovci až slinitými vápenci. V jejích povrchových partiích a na výchozech velmi rychle zvětrávají na střípky a destičky a dále až na slíny zrnitostního charakteru jílu. V zájmovém území vymezeném výstavbou hrází však tyto horniny nevycházejí na povrch.

Předkvartérní podloží bylo archívními vrty zastiženo v hloubkách 5,3 – 9,1 m pod povrchem terénu. Povrch slínovců byl ve všech vrtech zastižen jako rozložený, kdy je hornina až charakteru zeminy – jílu se střední plasticitou, převážně tuhé až měkké konzistence (poloha **126**). Mocnost rozložené polohy je však velmi malá v řádech prvních desítek cm. Směrem do podloží přecházejí do silně zvětralých poloh charakteru pevných až tvrdých jílu se zbytky úlomků a střípků slínovců světle šedých barev (poloha **127**).

Báze kvartérní sedimentace odpovídá povrchu předkvartérního podloží a je tedy v hloubkách 5,3 – 9,1 m pod terénem. Struktura kvartérního pokryvu odpovídá charakteru říční sedimentace, kde dochází k relativně rychlému střídání hrubozrnných a jemnozrnnějších poloh jak ve vertikálním tak i v horizontálním směru. Generelně je však možno konstatovat, že báze fluviální sedimentace je tvořena spíše hrubozrnným materiálem a při povrchu se nacházejí jemnozrnné hlinitopísčité a jílovitopísčité polohy holocenních náplavů – povodňových hlín. Geologická stavba je v řezu v příloze č.5 relativně zjednodušena, lze však očekávat vzájemné prolínání zemin proměnlivým podílem jemnozrnných hrubozrnných frakcí.

Kvartérní pokryv je tedy tvořen fluviálními terasovými sedimenty údolní terasy, při bázi charakteru až balvanitých štěrků s valouny o velikosti maximálně 10 – 20 cm s mezerní hmotou drobného štěrčku až hrubozrnného písku (poloha **62**). Jejich proměnlivá mocnost byla ověřena novými vrty v rozmezí cca 0,5 – 4,2 m. Štěrky pozvolna přecházejí do nadloží do písku převážně středně zrnitého, s hojnými valounky štěrku o velikosti do 5 cm, ojediněle většími (poloha **46**). Mocnost písku byla ověřena cca 1,3 – 4,5 m. Přejít mezi písky a podložními štěrky je často skrytý a obě tyto polohy sedimentů do sebe plynule přecházejí. Místy se polohy písku (**46**) nacházejí i pod štěrky (**62**). Velmi ojediněle se v zastižených písčitých a štěrkovitých polohách nacházejí vrstvy s obsahem organického podílu a vyšším obsahem jílu (**45**). Tato poloha byla zastižena pouze v sondě HV 4 a jako samostatnou vrstvu ji nevyčleňujeme.

V nadloží štěrkovitopísčitých sedimentů se vyskytuje poloha holocenní sedimentace zrnitostně charakteru hlíny písčité a jílovitého písku jemnozrnného s přechodem až do jílu silně písčitého. Generelně byly vzhledem k rychlým zrnitostním přechodům sloučeny do jedné polohy **32**. Hlíny jsou většinou tuhé konzistence a byly zastiženy v ověřené mocnosti cca 0,6 – 2,5 m. Směrem od toku řeky Labe jejich mocnost klesá a ve vrtu J7 nebyly zastiženy vůbec. Vzhledem k prořiznutí nejsvrchnější části sedimentace místní vodotečí – Záhorecká strouha lze lokálně očekávat i deficit těchto typů zemin v okolí této vodoteče.

Povrch je zakryt málo mocnou vrstvou humózní hlíny, která v tomto úseku hrází spíše splývá s holocenními hlinitopísčitými sedimenty (poloha **2**) a odlišuje se od ní mírně zvýšenou organickou příměsí. Samostatně tato poloha ve vrtné dokumentaci vyčleněna

nebyla, v zájmovém území se však nachází. Před stavbou bude tato poloha skryta. Mocnost této polohy je maximálně 0,6 m a plynule se střídá s polohami navážek.

V prostoru zpevněných komunikací a u zástavby byly zastiženy navážky především konstrukce vozovky charakteru štěrku a asfaltového krytu, případně zbytky starých stavebních konstrukcí nebo zemin se zbytky stavebních odpadů o mocnosti max. 0,6 m (poloha 1).

7.2 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Pro zastižené fluvialní písčito-štěrkovité zeminy (**46 a 62**) jsou charakteristické hydraulické parametry dané hodnotami transmisivity $T = x \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ a koeficientem filtrace $k_f = x \cdot 10^{-3}$ až 10^{-4} m/s . Variabilita propustnosti je u písčito-štěrkovitých zemin relativně malá celkově lze uvažovat vyšší uváděné hodnoty. Hydraulické parametry u zemin hlinitých a jílovitých (**32**) se pohybují v řádech nižších než $T = x \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ a koeficientu filtrace $k_f = x \cdot 10^{-7}$ až 10^{-8} m/s . Tyto hlinité lokálně až hlinitopísčité zeminy je možno v zájmovém území považovat za relativně málo propustné. Vzhledem k velmi malému množství informací o geologické stavbě a existenci Záhorecké strouhy, která porušuje v tomto úseku povrch údolní terasy, je však nutno očekávat v okolí strouhy spíše jejich deficit.

Z hlediska agresivity podzemních vod na betonové konstrukce se podzemní vody vyznačují na základě provedených rozborů agresivitou vlivem obsahu agresivního CO_2 . Chemické působení vody podle ČSN EN 206-1 je na stupni XA1.

7.2.1 Hydrodynamické zkoušky

Hydrogeologický vrt HV2

Před provedením hydrodynamických zkoušek byl vrt vystrojen PVC zárubnicemi průměru 160 mm. Zhlaví vrtu bylo osazeno ocelovou chráničkou průměru 195 mm, vyvedenou cca 0,8 m nad terén, uzavřenou ocelovým poklopem. Níže je uveden způsob vystrojení a utěsnění vrtu. Graficky jsou následující data uvedena v příloze č. 3.

Vystrojení vrtu:

0,0 – 1,0 m	plná PVC U zárubnice Ø 160 mm
1,0 – 7,0 m	perforovaná PVC U zárubnice Ø 160 mm
7,0 – 8,0 m	plná PVC U zárubnice Ø 160 – kalník

Těsnění a obsyp:

0,0 – 0,9 m	bentonit (jílové těsnění)
0,9 – 1,0 m	obsyp pískem
1,0 – 8,0 m	obsyp – tříděný štěrk frakce 4/8 mm – kačírek

Na průzkumném hydrogeologickém vrtu HV2 (vystrojeném) byla dne 28.7.2009 provedena hydrodynamická zkouška (čerpací a stoupací režim).

Před zahájením zkoušky se hladina podzemní vody nacházela 3,45 m od horního okraje zárubnice (= odměrný bod v úrovni 0,8 m nad úrovní terénu ~ dále OB). Pro čerpací zkoušku bylo použito oběhové čerpadlo Grundfos SP 8 - 25, sací koš byl zapuštěn do hloubky 7,6 m od OB.

Čerpací zkouška byla zahájena ve 14:00 a **trvala 5 hodin**. Po zapuštění čerpadla se aktuální úroveň hladiny podzemní vody nacházela 3,45 m od OB. Čerpané množství se vyjma počátečního náběhu ustálilo na hodnotě 1,8 l/s. Čerpané množství bylo vypočteno na základě výsledků měření pomocí stopek a cejchované odměrné nádoby (100 l). Celkem bylo odčerpáno cca 32,4 m³ vody, tedy cca 390x více než byl statický objem vody nad sacím košem čerpadla.

Pokles úrovně hladiny podzemní vody v průběhu čerpací zkoušky byl zaznamenáván v předem stanovených intervalech.

Za první minutu čerpání byla hladina podzemní vody snížena na úroveň 3,92 m od OB, (tj. pokles o 0,47 m). Za další 1 minutu se hladina snížila o další 4 cm. Další pokles hladiny vlivem čerpání nebyl již zaznamenán, naopak úroveň hladiny se mírně zvýšila a následně ustálila v hloubce 3,93 m od OB. Při ukončení čerpací zkoušky po 5-ti hodinách čerpání byla hladina podzemní vody v hloubce 3,93 m od OB, tj. 48 cm od původní ustálené úrovně hladiny před zahájením hydrodynamické zkoušky. Graficky znázorněný průběh čerpací zkoušky obsahuje příloha č. 8.

Na základě této zkoušky byly graficky-početní metodou podle Jacoba stanoveny orientační hydraulické parametry zastiženého horninového prostředí:

- koeficient filtrace $k_f = 5,1 \cdot 10^{-4}$ m/s
- koeficient transmisivity $T = 2,5 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

Po zastavení čerpání byl měřen zpětný vzestup hladiny (**stoupací zkouška**). Z úrovně 3,93 m od OB hladina za 1 minutu vystoupala na 3,46 m od OB, tj. o 0,47 m. Po další 1 minutě se hladina podzemní vody nacházela již na úrovni 3,45 m od OB (vzestup o 0,48 m vůči úrovni po skončení čerpání), na které se udržovala až do ukončení stoupací zkoušky. V době ukončení měření (60 minut po ukončení čerpání) se hladina podzemní vody nacházela ve stejné úrovni jako před zahájením čerpání. Průběh stoupací zkoušky je znázorněn v příloze č. 8.

Hydraulické parametry zastiženého horninového prostředí z výsledků stoupací zkoušky jsou:

- koeficient filtrace $k_f = 3,7 \cdot 10^{-3}$ m/s
- koeficient transmisivity $T = 1,9 \cdot 10^{-2}$ m²/s.

K uvedeným parametrům je třeba doplnit, že výsledky nebyly hodnoceny z hlediska jednotlivých zastižených kolektorů, ale uvažují saturovanou zónu jako celek (jednu zvodeň).

Hydrogeologický vrt HV4

Před provedením hydrodynamických zkoušek byl vrt vystrojen PVC zárubnicemi průměru 160 mm. Zhlaví vrtu bylo osazeno ocelovou chráničkou průměru 195 mm, vyvedenou cca 0,6 m nad terén, uzavřenou ocelovým poklopem. Níže je uveden způsob vystrojení a utěsnění vrtu. Graficky je vystrojení vrtu znázorněno v příloze č. 3.

Vystrojení vrtu:

0,0 – 1,0 m	plná PVC U zárubnice Ø 160 mm
1,0 – 6,0 m	perforovaná PVC U zárubnice Ø 160 mm
6,0 – 7,0 m	plná PVC U zárubnice Ø 160 - kalník

Těsnění a obsyp:

0,0 – 0,9 m	bentonit (jílové těsnění)
0,9 – 1,0 m	obsyp pískem
1,0 – 7,0 m	obsyp – tříděný štěrk frakce 4/8 mm - kačírek

Na průzkumném hydrogeologickém vrtu HV4 (vystrojeném) byla dne 29.7.2009 provedena hydrodynamická zkouška (čerpací a stoupací režim).

Před zahájením zkoušky se hladina podzemní vody nacházela 1,35 m od horního okraje zárubnice (= odměrný bod v úrovni 0,6 m nad úrovní terénu ~ dále OB). Pro čerpací zkoušku bylo použito oběhové čerpadlo Calpeda SD 5/15, sací koš byl zapuštěn do hloubky 6,02 m od OB.

Čerpací zkouška byla zahájena v 8:00 a **trvala 5 hodin**. Po zapuštění čerpadla se aktuální úroveň hladiny podzemní vody nacházela 1,35 m od OB. Čerpané množství se vyjma počátečního náběhu ustálilo na hodnotě 1,1 l/s. Čerpané množství bylo vypočteno na základě výsledků měření pomocí stopek a cejchované odměrné nádoby (50 l). Celkem bylo odčerpáno cca 19,8 m³ vody, tedy cca 173x více než byl statický objem vody nad sacím košem čerpadla.

Pokles úrovně hladiny podzemní vody v průběhu čerpací zkoušky byl zaznamenáván v předem stanovených intervalech.

Za první minutu čerpání byla hladina podzemní vody snížena na úroveň 1,94 m od OB, (tj. pokles o 0,59 m). Během druhé a třetí minuty čerpání se hladina podzemní vody snížila pokaždé o 1 cm. Další pokles hladiny vlivem čerpání nebyl již zaznamenán, a při ukončení čerpací zkoušky po 5-ti hodinách byla hladina naměřena v hloubce 1,96 m od OB, tj. o 61 cm níže než před zahájením čerpání. Graficky znázorněný průběh čerpací zkoušky obsahuje příloha č. 8.

Na základě této zkoušky byly graficky-početní metodou podle Jacoba stanoveny orientační hydraulické parametry zastiženého horninového prostředí:

- koeficient filtrace $k_f = 9,7 \cdot 10^{-4}$ m/s
- koeficient transmisivity $T = 6,1 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

Po zastavení čerpání byl měřen zpětný vzestup hladiny (**stoupací zkouška**). Z úrovně 1,96 m od OB hladina za 1 minutu vystoupala na 1,48 m od OB, tj. o 0,48 m. Po další 1

minutě minutě se hladina podzemní vody nacházela na úrovni 1,38 m od OB (vzestup o 0,58 m vůči úrovni po skončení čerpání). Po další minutě, tzn. po celkově třech minutách stoupací zkoušky byla již hladina změřena v úrovni před zahájením čerpání. V době ukončení měření (60 minut po ukončení čerpání) se hladina podzemní vody nacházela ve stejné úrovni 1,35 m od OB jako před zahájením čerpání. Průběh stoupací zkoušky je znázorněn v příloze č. 8.

Hydraulické parametry zastiženého horninového prostředí z výsledků stoupací zkoušky jsou:

- koeficient filtrace $k_f = 9,6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- koeficient transmisivity $T = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Provedená hydrodynamická zkouška na vrtu HV4 umožnila získat potřebné hodnoty a vypočítat parametry propustnosti a průtočnosti horninového prostředí. Tyto orientační výsledky nebyly hodnoceny z hlediska jednotlivých zastižených kolektorů, ale uvažují saturevanou zónu jako celek (jednu zvodeň).

Hydrogeologický vrt HV5

Před provedením hydrodynamických zkoušek byl vrt vystrojen PVC zárubnicemi průměru 160 mm. Zhlaví vrtu bylo osazeno ocelovou chráničkou průměru 195 mm, vyvedenou 0,6 m nad terén, uzavřenou ocelovým poklopem. Níže je uveden způsob vystrojení a utěsnění vrtu. Graficky je vystrojení vrtu znázorněno v příloze č. 3.

Vystrojení vrtu:

- | | |
|-------------|--------------------------------------|
| 0,0 – 1,0 m | plná PVC U zárubnice Ø 160 mm |
| 1,0 – 6,0 m | perforovaná PVC U zárubnice Ø 160 mm |
| 6,0 – 7,0 m | plná PVC U zárubnice Ø 160 - kalník |

Těsnění a obsyp:

- | | |
|-------------|---|
| 0,0 – 0,9 m | bentonit (jílové těsnění) |
| 0,9 – 1,0 m | obsyp pískem |
| 1,0 – 7,0 m | obsyp – tříděný štěrk frakce 4/8 mm - kačírek |

Na průzkumném hydrogeologickém vrtu HV5 (vystrojeném) byla dne 29.7.2009 provedena hydrodynamická zkouška (čerpací a stoupací režim).

Před zahájením zkoušky se hladina podzemní vody nacházela 1,58 m od horního okraje zárubnice (= odměrný bod v úrovni 0,6 m nad úrovní terénu ~ dále OB). Pro čerpací zkoušku bylo použito oběhové čerpadlo Calpeda SD 5/15, sací koš byl zapuštěn do hloubky 7 m od OB.

Čerpací zkouška byla zahájena v 15:00 a **trvala 5 hodin**. Po zapuštění čerpadla se aktuální úroveň hladiny podzemní vody nacházela 1,58 m od OB. Čerpané množství se vyjma počátečního náběhu ustálilo na hodnotě 1,1 l/s. Čerpané množství bylo vypočteno na základě výsledků měření pomocí stopek a cejchované odměrné nádoby (50 l). Celkem bylo odčerpáno cca 19,9 m³ vody, tedy cca 183x více než byl statický objem vody nad sacím košem čerpadla.

Pokles úrovně hladiny podzemní vody v průběhu čerpací zkoušky byl zaznamenáván v předem stanovených intervalech.

Za první minutu čerpání byla hladina podzemní vody snížena na úroveň 1,77 m od OB, (tj. pokles o 0,19 m). Během druhé minuty hladina podzemní vody čerpáním poklesla o pouhý 1 cm. Dalším čerpáním se již hladinu nepodařilo snížit a na konci čerpání (po 5-ti hodinách) byla její úroveň v hloubce 1,78 m od OB, tzn. že během čerpací zkoušky došlo ke snížení hladiny o pouhé 0,2 m. Graficky znázorněný průběh čerpací zkoušky obsahuje příloha č. 8.

Na základě této zkoušky byly graficky-početní metodou podle Jacoba stanoveny orientační hydraulické parametry zastiženého horninového prostředí:

- koeficient filtrace $k_f = 9,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
- koeficient transmisivity $T = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Po zastavení čerpání byl měřen zpětný vzestup hladiny (**stoupací zkouška**). Z hloubky 1,78 m od OB, naměřené při ukončení čerpání již během první minuty hladina podzemní vody ve vrtu nastoupala do úrovně 1,58 m od OB, tzn. že během jedné minuty byla hladina ve stejné úrovni jako před zahájením hydrodynamické zkoušky. Průběh stoupací zkoušky je znázorněn v příloze č. 8.

Hydraulické parametry zastiženého horninového prostředí z výsledků stoupací zkoušky jsou:

- koeficient filtrace $k_f = 9,1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
- koeficient transmisivity $T = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Provedená hydrodynamická zkouška na vrtu HV5 umožnila získat potřebné hodnoty a vypočítat parametry propustnosti a průtočnosti horninového prostředí. Tyto orientační výsledky uvažují saturovanou zónu jako celek (jednu zvedň).

7.3 ZÁKLADOVÉ POMĚRY A ZEMNÍ PRÁCE

Generelně lze konstatovat, že po odstranění humózní pokryvné vrstvy charakteru hlín jemně písčitých s organickou příměsí o mocnosti 0,3 – 0,6 m **(2)** nebo navážek **(1)** bude tvořit podloží hrází především fluvialní holocénní sedimentace charakteru hlíny písčité až písků jemnozrnných silně jílovitých **(32)**. Hojně lze v úrovni základové spáry hráze nebo železobetonových zdí očekávat i polohy písku středně až hrubozrnného s valounky **(46)**.

Dále uvádíme základní geotechnické parametry zemin, které lze očekávat v zájmovém území, a které budou tvořit vlastní podloží plošně zakládaného tělesa hrází nebo zdí. Pro komplexnost uvádíme i polohu humózních vrstev **(2)**, které budou v rámci stavby

odstraněna a rovněž i hlubší polohy hrubozrnných štěrků **(62)**, a slínovců **(126,127)** které nebudou tvořit základovou spáru plošně zakládáných objektů.

Tabulka geotechnických parametrů vyčleněných vrstev

typ zeminy/ horniny	třída/ symbol ČSN 73 1001	$R_{dt}^{1)}$ (kPa)	γ (kN.m ⁻³)	φ_{ef} (°)	c_{ef} (kPa)	φ_u (°)	c_u (kPa)	E_{def} (MPa)	ν	β	ČSN 73 3050
1	F3 MSY	bude z podloží hráze odstraněno									2-3
2	F3/MSO	bude z podloží hráze odstraněno									2
32 ²⁾	F4/CS až S5/SC	150	18,5	22	10	0	50	5	0,35	0,62	2-3
46 ³⁾	S3/S-F až G3/G-F	275	17,5	30	0	-	-	19	0,30	0,74	3
62 ³⁾	G2/GP až G3/G-F	450	19	34	0	-	-	90	0,25	0,83	4
126 ²⁾	F4/CS	150	18,5	24	15	0	50	6	0,35	0,62	3
127	R6 - R5	250	19	28	16	0	60	10	0,35	0,62	3

- 1) Orientační tabulková únosnost pro posouzení základu podle ČSN 73 1001 (předběžné hodnocení staveniště; předprojektová příprava; nenáročné stavební objekty v jednoduchých základových poměrech). U písčitých a štěrkovitých zemin platí uváděné hodnoty pro šíři základu 1 m.
- 2) Uváděné hodnoty u zemin platí pro tuhou konzistenci.
- 3) Uváděné hodnoty platí pro zeminy středně ulehle

Hladina podzemní vody je v zájmovém území v těsné souvislosti s hladinou v řece Labi. Hladina podzemní vody byla v nově provedených vrtech zastižena jako ustálená v hloubce cca 0,8 – 3,3 m pod terénem v závislosti na morfologii. Podzemní voda má převážně volnou hladinu nebo velmi mírně napjatou hladinu. V okolí místní vodoteče vystupuje hladina podzemní vody až těsně k terénu a vytváří zde podmáčené území. Hladina podzemní vody bude v okolí vrtů HV4 a HV5, tedy v okolí vodoteče ovlivňovat základové prvky jak zemní hráze, tak konstrukce stavidla. Její agresivita je všeobecně v zájmovém území stupně XA1 podle ČSN EN 206-1 vlivem obsahu agresivního CO₂. Vlivem výskytu organické hmoty v nivě místní vodoteče bude mělká přípovrchová zvodeň vykazovat i mírně kyselou reakci.

Při zemních pracích by měla být základová spára chráněna zejména proti mechanickému poškození tak, aby nedošlo k nakypření zemin a rozrušení hornin. Při provádění výkopu strojním způsobem je vhodné základovou spáru před uložením podkladních betonů dočistit ručně od napadávek a nakypřených zemin. S výhodou je vhodné základovou spáru dohutnit přes štěrkový polštář z drceného kameniva, tak aby byla i případná stejnozrnnost zemin (32) porušena a byla zlepšena i jejich únosnost.

V prostoru místní vodoteče (mezi vrty HV4 a HV5) bude nutno podloží zemních hrází nebo základovou spáru zlepšovat a sanovat použitím lomového kamene nebo vložním

separačního geosyntetika a šterkového polštáře. Případné polohy organických zemin musí být ze základové spáry nebo z podloží hráze odstraněny.

Svahy dočasných výkopů s nezátíženou horní hranou, nad hladinou podzemní vody, až do hloubky 3 m bude možno provádět v zeminách bez pažení ve sklonu 1 : 0,5, do hloubky 1 m až svislé. Pod hladinou podzemní vody bude nutno výkopy pažit. Tento způsob zajištění svahů bude nutný v případě zakládání v úseku hrází v prostoru Záhorecké strouhy. Svahy hlubších výkopů se nepředpokládají. Vždy je však nutno dodržovat veškerá bezpečnostní opatření, zejména potom při vstupu pracovníků do výkopu.

Zemina vytěžená z výkopů bude převážně jílovitopísčitého a hlinitopísčitého charakteru, místy se bude jednat až o silně jílovité jemnozrnné písky. Při zachování její optimální vlhkosti je možno tyto zeminy použít do zemního tělesa hrází. Je nutno je však ukládat vždy do jedné homogenní vrstvy.

Při výstavbě hrází je nutno dodržovat doporučení normy ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. Zeminy tělesa hrází je nutno hutnit na parametr míry zhutnění $D > 95\%$ PS, resp. $I_D > 0,85$.

Podloží zemních hrází budou tvořit vesměs jílovitopísčité a lokálně i písčité zeminy, kde musí být dosaženo minimální kritérium na zhutnění $D > 92\%$ PS. V prostoru vodoteče Záhorecké strouhy bude nutná sanace podloží např. použitím lomového kamene.

V prostoru Záhorecké strouhy, v případě zakládání ve stavební jámě, bude nutné její pažení nejlépe štětovnicovými stěnami. Bude však nutno počítat v případě dna výkopu pod hladinou podzemní vody s výraznějšími přítoky a tedy s nutností čerpání vody po celou dobu výstavby.

Vytěženou zeminu je třeba chránit před zvýšením vlhkosti vlivem atmosférických srážek. Povrch deponie zeminy je v případě úvah o jejím dalším použití vhodné provést v mírném sklonu s přehutněným povrchem. Převlhčené zeminy z těžby pod hladinou podzemní vody je nutno nechat před dalším použitím vysušit.

8. ZPRACOVÁNÍ MODELU PROUDĚNÍ PODZEMNÍCH VOD

Pro úroveň hladiny při stavech odpovídajících Q_{100} je možno v zájmovém území počítat podle předpokladů projektu s výškou vodního sloupce nad povrchem terénu až 5 m.

V zájmovém území vymezeném lokalitou Lounky byl zpracován matematický model vlivu stoleté povodně (Q_{100}) na vzduť podzemních vod uvnitř ohrázené oblasti. Tento model byl zpracován adekvátně k množství vstupních dat o geologických a hydrogeologických poměrech v zájmovém území a dále i o údajích předpokládané zátopy z hlediska její délky.

Matematický model proudění podzemních vod byl zpracován celkem v šesti variantách, kdy byl uvažován stav bez těsnícího prvku pod tělesem hráze a dále s těsnícím prvkem vetknutým do hloubky 3 m pod základovou spáru hráze. Dále varianty výpočtu zahrnovaly celkem tři zjištěné propustnosti kolektoru a to v hodnotách koeficientu

filtrace k_f v řádech 10^{-3} m/s (nevyšší ověřený), 10^{-4} m/s (střední hodnota) a 10^{-5} m/s (nejnižší ověřený).

Výsledky prací jsou shrnuty v příloze č. 12 této zprávy.

Ze závěrů modelu je možno citovat:

Modelové výsledky ukazují, že **nárůst hladiny nad terén v ohrázené části obce je pouze úzkým pruhem** (cca 30 m) **za hrází ve středu protipovodňové hráze** (v pozorovacím bodě 4_2, příloha 1.1) mezi vrtem HV4 a J3 a to pouze při uvažovaném nejvyšším parametru koeficientu filtrace v řádu 10^{-3} m/s. Nadmořská výška terénu v trase hrází je zde cca 147 až 150 m n.m. V těchto místech je protipovodňová hráz nejbližší řece a komunikace povrchových a podzemních vod je nejintenzivnější. Ve zbylém ohrázeném prostoru k vzestupu hladin nad terén nedochází. Hladina podzemní vody zde dosahuje až úrovně 150 m n.m.

Pokud bude protipovodňová hráz zahlobena (těsnicí prvek v podloží hráze) 3 m pod terén, dochází ke **vzednutí podzemní vody nad terén přibližně ve stejném úseku hráze** mezi vrtem HV4 a J3. **Dochází však k výraznému zmenšení „zatopené“ plochy** (pruh široký cca 5 až 10 m).

Zahloubení protipovodňových hrází (hloubka těsnicího prvku pod hrází) nemá zásadní vliv na úroveň hladin podzemní vody v modelovém území (při známých koeficientech filtrace horninového prostředí), a to ani za zvětšené dotace srážkové vody (dlouhotrvající deště).

Z modelových výsledků je však zřejmý pozitivní vliv hloubky založení hráze (těsnicího prvku pod hrází) na výšku hladiny podzemní vody za ohrázenou oblastí při průchodu povodňové vlny. S hlubším založením hráze je vzestup hladiny podzemní vody v ohrázené části menší, k vzestupu dochází všeobecně později a i rychleji odezní (obrázek 4.6).

Mezi vrty J3 a HV4 proto doporučujeme realizovat větší zahloubení hráze (těsnicího prvku pod hrází) než ve zbylých částech protipovodňových hrází resp. upravit (zarovnat) terén za hrází na kótu 150 m n.m. Zahloubení hráze více než 3 m pod úroveň terénu však může mít negativní vliv (zvýšení) na hladinu podzemní vody v přirozeném stavu západním směrem od osy hráze.

Určitá míra nejistoty řešení spočívá především v přijaté schematizaci území a geologického profilu, které odpovídají realizovaným geologickým a hydrogeologickým pracím. V modelu tak nejsou zahrnuty preferenční (více propustné) zóny pro proudění podzemní vody, které se na modelovém území mohou vyskytovat (meliorace, stará koryta vodních toků, podzemní chodby atd.) a přes které může být výrazně intenzivnější komunikace podzemních vod před a za ohrázenou oblastí. Rovněž doba povodně a její průběh se mohou poněkud lišit od přijatého výpočtového scénáře. Intenzitu komunikace podzemní a povrchové vody může ovlivnit i nasycenost prostředí před povodní a mocnost vrstvy hlín při povrchu.

Zahloubení protipovodňových hrází (hloubka těsnicího prvku pod hrází) tak nemá zásadní vliv na úroveň hladin podzemní vody v modelovém území a to ani za zvětšené dotace srážkové vody. Výjimku tvoří úzký pás území v prostoru vrtů HV4 a J3.

9. GEOFYZIKÁLNÍ MĚŘENÍ

Úkolem geofyzikálních prací provedených na lokalitě bylo stanovit mocnost kvartérních sedimentů, resp. ověřit případné struktury, které mohou rozhodujícím způsobem ovlivňovat pohyb podzemních vod. Současně byl zjišťován charakter sedimentace a tím i relativní propustnost těchto sedimentů.

Pro vlastní měření bylo použito metody odporové tomografie spočívající v zjišťování odporových vlastností prostředí pomocí multielektrodového systému.

Výstupem prací je odporový řez, který ukazuje změny odporů ve studovaném prostředí. Čisté a suché štěrky mají velmi vysoké měrné odpory, naopak jílové vrstvy mají odpory velmi nízké.

Výsledkem prací bylo zjištění geologické stavby v zájmovém území, kterou je možno hodnotit jako jednotnou. Povrch slínovců v podloží kvartérní sedimentace byl ověřen téměř jako vodorovný. Lokálně však v prostoru vrtu J6 byl geofyzikálním profilem 1 ověřen pokles povrchu slínovců a nárůst mocnosti propustných kvartérních poloh. Geofyzikální profil 2 vedený v prostoru vrtu J6, ani vlastní vrt J6 však tento stav nepotvrdil.

V prostředí slínovců byl geofyzikou v prostoru vrtu HV2 ověřen projev anomálie s výraznější propustností oproti okolí. Interpretace je velmi obtížná a vrtnou sondáží ji nebylo dosaženo. Báze vrtu HV2 nejevila zásadní rozdíl od ostatních vrtů. Může se však jednat o poruchovou zónu v místě tektoniky nebo případně o podzemní dílo (podle ústních informací domorodců). Jedná se však zcela zřejmě o preferenční cestu proudění podzemních vod danou výrazným zvýšením propustnosti okolního relativně nepropustného prostředí. Vzhledem k nejasné interpretaci nebyla tato poloha do matematického modelu zařazena.

V prostředí slínovcového podloží byla rovněž ověřena místa se zvýšenými odpory a tedy s mírně zvýšenou propustností v prostoru metráže geofyzikálního profilu 1 260, 290, 335 a 410 m. Tyto anomálie však s nejvyšší pravděpodobností nebudou ovlivňovat zásadním způsobem proudění podzemních vod.

Jako podstatná se tedy jeví anomálie v okolí vrtu HV2, které je nutno dále věnovat zvýšenou pozornost.

10. DÍLČÍ ZÁVĚRY PRŮZKUMNÝCH PRACÍ A DOPORUČENÍ

Zemní práce budou při výstavbě hrází prováděny převážně v hlinitopísčitých až písčitojílovitých zeminách a bude tedy nutno věnovat zvýšenou pozornost jejich vlhkostem, zejména v případě jejich hutnění. Pro úpravu základových spár je možno s výhodou využít mechanického zlepšení zemin hrubozrnným materiálem zatlačeným do jílovitých zemin. Toto doporučení platí zejména v okolí místní vodoteče – Záhorecká strouha, kde bude nutné zemní hráze založit na zlepšeném podloží (sanace lomovým kamenem, štěrkový polštář s použitím separačních geosyntetik). Případné polohy organických zemin musí být z prostoru podloží nebo základové spáry vždy odstraněny. Základové prvky stavidla strouhy budou muset být v tomto prostoru budovány pod ochranným pažením a bude nutno použít čerpadla pro snižování hladiny podzemní

vody. Hloubku vetknutí ochranných prvků bude nutno volit podle úrovně základové spáry.

Betonové konstrukce je nutno při jejich kontaktu s podzemní vodou chránit proti agresivitě způsobené obsahem agresivního CO_2 stupně XA1 podle ČSN EN 206-1. V prostoru Záhorecké strouhy lze očekávat i kyselou reakci mělké podzemní vody způsobené tlejícími organickými zbytky v zamokřeném území.

Při výstavbě zemních hrází a železobetonových zdí je však nutno provést vždy prohlídku základové spáry geologem a konkrétní úpravu základové spáry řešit podle reálně zastižené geologické stavby.

Průsaky pod tělesem hrází byly prověřeny matematickým modelem proudění podzemních vod pro Q_{100} . Generelně model ověřil skutečnost, že při výšce hladiny vody Q_{100} vystoupí hladina v ohrázaném prostoru nad úroveň terénu pouze v úzkém pruhu mezi vrty HV4 a J3 a to za předpokladu vysoké propustnosti zemin v řádu koeficientu filtrace $\times 10^{-3}$ m/s. Možné řešení je použití podzemního těsnícího prvku do hloubky cca 3 m pod podloží hráze nebo provedení úpravy terénu jeho navýšením na kótu min. 150 m n.m.

Přesné množství průsakových vod však není možné vzhledem k množství vstupních dat dále upřesnit.

Geofyzikálním průzkumem ověřená anomálie v okolí vrtu HV2 by mohla působit jako preferenční cesta podzemních vod pod protipovodňovým prvkem do ohrazeného prostoru. Vliv této cesty na vzestup vody nad terén však není možno specifikovat. Proto je nutno tomuto prostoru věnovat zvýšenou pozornost. Jako vhodný způsob řešení se jeví zatěsnění tohoto prostoru např. injektáží. Pro přesné doporučení sanace je však nutno zjistit další údaje o této anomálii. V tuto chvíli nelze podle stávajících zjištění jednoznačně stanovit existenci podzemní dutiny nebo pouze tektonicky porušené zóny nebo i jiné příčiny vzniku anomálie.

Před rozhodnutím o sanačním zásahu doporučujeme provedení detailního geofyzikálního měření, které ověří hloubku a trasu této anomálie, resp. prověří, zda se jedná o liniový prvek směřující do ohrazeného chráněného prostoru. Dále je potom nutno tuto anomálii ověřit vrtanou sondou, která na dvou místech prověří fyzikálně mechanické parametry anomálie (tektonicky porušené podloží horniny, dutina apod.)

Na základě takto zjištěných výsledků bude možno rozhodnout o nutnosti a o dalším postupu případné sanace.

Celkové náklady na tyto doplňkové průzkumné práce lze předběžně odhadnout na max. cca 150 000,- Kč.

11. ZÁVĚR

Provedené práce byly provedeny podle požadavků objednatele v trase výstavby nového protipovodňového opatření v prostoru obce Chodouny, část Lounky.

Metodika prací a jejich rozsah byly dány nabídkou prací. Všeobecně vyhodnocení prací navazuje na výsledky archívní rešerše, která byla provedena v předcházející etapě prací provedených v zájmových území.

Výše v textu je provedeno zhodnocení provedených technických prací, které sloužili zejména jako podklad pro zpracování modelu proudění podzemních vod. Matematický model, resp. jeho výsledky tvoří samostatnou přílohu č.12 této zprávy a výsledky jsou komentovány výše v textu.

V zájmovém území bylo provedeno i vyhodnocení inženýrskogeologických poměrů pro potřeby zakládání hrází, které odpovídá hustotě provedené sondáže. Zastiženou geologickou stavbu bylo při vyhodnocení nutno zjednodušit, protože v zeminovém prostředí s typickou fluviální strukturou dochází k velmi rychlému a nepravidelnému vertikálnímu a horizontálnímu střídání zemin jílovitých a písčitých. Se změnou zrnitosti dochází i ke změnám propustnosti a současně i ke změnám únosnosti jednotlivých typů zemin.

Na základě zjištěných údajů byl předběžně navržen i rozsah průzkumných prací pro navazující etapu projektu. Jedná se zejména o detailní ověření zjištěné anomálie v okolí nově provedeného vrtu HV2.

Přesný rozsah doplňujících prací z hlediska ověření anomálií je tedy nutno konzultovat s projektantem.

Pokud budou zjištěny jiné okolnosti, než jsou uváděny v této zprávě, vyhrazujeme si právo na jejich posouzení.

V Praze, srpen 2009

Mgr. Tibor Matula

RNDr. Jiří Tomášek