

POLDR II, LICHNOV

Podrobný inženýrskogeologický
průzkum



Objednatel: MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR,
ODBOR ZEMĚDĚLSKÁ AGENTURA A
POZEMKOVÝ ÚŘAD V BRUNTÁLE

- Obsah:**
1. Úvod
 2. Geologické poměry
 3. Hydrogeologické poměry
 4. Geotechnické vlastnosti hornin a zemin
 5. Technický závěr

Přílohy grafické:

- A.1 Situace průzkumných sond m 1:1000
- A.2 A.2.1 až A.2.13 Geologické řezy I-I' - XIII-XIII'

Přílohy textové:

- B.1 Dokumentace průzkumných sond
- B.2 Laboratorní rozborů zemin
 - B.2.1 VUT Brno
 - B.2.2 Ingstav a.s.Zlín

1. ÚVOD

Geologické oddělení AQUATISu a.s. provedlo v měsíci červnu 2003 podrobný inženýrskogeologický průzkum na lokalitě poldru Lichnov II. Svou náplní a rozsahem, který byl stanoven projektem podrobného inženýrskogeologického průzkumu z května 2003, odpovídá potřebám projektového stupně DSP.

Prvotní informace o inženýrskogeologických poměrech území byla získána předběžným inženýrskogeologickým průzkumem z listopadu 2002, jehož cílem bylo ověření geologických a hydrogeologických poměrů v hrázovém profilu, dále pak odhad materiálových možností zájmového území včetně geotechnického popisu zemin. Na základě příznivého výsledku průzkumných prací bylo pokračováno podrobným inženýrskogeologickým průzkumem lokality, který byl zaměřen na:

1.1 Podrobný popis geologických, geotechnických a hydrogeologických poměrů v podloží hráze - kopanými sondami bagrem přes kvarterní sedimenty, ukončenými v kulmských horninách. Ze sond byly odebrány vzorky zemin - poloporušené a technologické, s obtížemi (vysoká příměs úlomků) i neporušené. Ve vybraných sondách byly provedeny nálevné vsakovací zkoušky ke stanovení propustnosti zemin a hornin. V údolním dně, kde byla zastižena hladina podzemní vody mělce pod terénem, pak byla měřena rychlost jejího nástupu pro výpočet k_f fluvialních sedimentů (šterků). Doplněny byly i kopané sondy v pravobřežním svahu, který byl pro svou strmost a tím i špatnou dostupnost pro kolové stroje při předběžném průzkumu ověřen jen v patě a mírnější části na návrší svahu.

1.2 Upřesnění materiálových zdrojů v zátopě a přilehlém území na pravém i levém údolním svahu - stanovení využitelné mocnosti jednotlivých typů zemin, určení jejich geotechnických vlastností - podle půdněmechanických zkoušek poloporušených a technologických vzorků zemin.

1.3 Ověření inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů v údolním dně
zátopy - geotechnický popis zemin pro jejich eventuelní využití do hráze, včetně určení mocnosti pro těžbu.

1.4 Znázornění geologických poměrů - profily sond jsou vykresleny v příčných a jednom podélném geologickém řezu. Řezy jsou v situaci sond měřítko 1:1000 označeny:

- I - I' až III-III' - v hrázovém profilu
- IV-IV' až VII-VII' - v pravém údolním svahu
- IX-IX' až XIII-XIII' - v levém údolním svahu
- VIII-VIII' - podélný řez dnem údolí

1.5 Označení průzkumných sond - kopané sondy bagrem jsou označeny podle jejich polohy na levém, nebo pravém údolním svahu. Sondy na levém svahu - K1 - K33, na pravém svahu - K100 - K128. Celkem bylo v etapě podrobného inženýrskogeologického průzkumu vyhloubeno 46 sond, z toho 19 v místě hráze, 10 na levém údolním svahu a 17 na pravém svahu. Ke stanovení propustnosti zemin a hornin (stoupací a vsakovací zkoušky) byly využity sondy K14, K15, K17, K20, K109, K112, K113, K114.

1.6 Použité mechanismy - k vyhloubení průzkumných sond byl využit kolový bagr typu CATERPILLAR s dosahem lžíce 4,6 m a pásový bagr typu DH s dosahem lžíce 3 m. Pásový bagr byl využit v obtížně přístupných částech lokality (svažitý a podmáčený terén).

1.7 Laboratorní rozbory zemin - v etapě podrobného inženýrskogeologického průzkumu byly odebrány tyto vzorky zemin:

1.7.1 **Neporušené** - ze sond K15, K20 se stanovením zrnitosti, plasticity, konzistence, objemových hmotností, pórovitosti, stupně nasycení a efektivní pevnosti (z důvodu velkého množství úlomků jen u K20).

1.7.2 **Technologické** - K31, K111, K116, K117 - stanovení zrnitosti, K120 + K123, K125 - zrnitost, plasticita, zhutnitelnost dle PS - efektivní pevnost a propustnost po zhutnění.

1.7.3 **Poloporušené** - 24 vzorků ze sond K14 až K124 se stanovením zrnitosti u zemin nesoudržných, zrnitosti, plasticity a konzistence u zemin soudržných.

Laboratorní rozborů byly zadány v Ústavu geotechniky FAST VUT Brno a Ingstavu Zlín, a.s. pracoviště vědeckovýzkumné základny středisko geotechniky Brno. Zprávy s výsledky jednotlivých stanovení jsou v příloze č. B2.

1.8 **Chemické rozborů podzemní vody** - pro stanovení agresivity na stavební materiály byly provedeny zkrácené chemické rozborů vzorku podzemní vody ze sondy K17 a vody povrchové, odebrané z Tetřevského potoka v místě hrázového profilu.

2. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Všeobecný popis geologických poměrů lokality se zařazením hornin dle klasifikace regionální geologie je uveden ve zprávě o předběžném inženýrsko-geologickém průzkumu, zde tedy nebude opakován. Tato kapitola je zaměřena na podrobnější popis jednotlivých hornin a zemin.

2.1 Kulmské sedimenty - droby, drobové pískovce, břidlice

Tyto horniny se nacházejí v podloží kvarterních zemin. Převládajícím typem jsou drobové horniny (droby, drobové pískovce), jílovité břidlice byly zastiženy méně často. Na celé lokalitě jsou překryty kvarterními zeminami - nikde nevycházejí na povrch terénu jako skalní výchozy. **Povrch kulmských hornin** je nejbližší terénu v pravobřežním strmém svahu v místě hrázového profilu, kde je překryt 1 - 2 m mocnou vrstvou svahových zemin (převážně sutí), v zátopě v SZ části levobřežního svahu jsou pouze 0,3 - 1,6 m většinou svahových hlín a v JV části pravého svahu (předpolí hráze) - povrch hornin 1,4 - 1,8 m pod terénem. Na zbývající ploše je mocnost pokryvných zemin nejčastěji mezi 3 - 4 m, event. až přesahuje 4 m.

Stav skalních hornin - v připovrchové vrstvě jsou zvětralé, mají charakter nesoudržné zeminy - kamenité až balvanité sutě s úlomky o průměru 10 - 20 cm, často i 30 - 60 cm. Úlomky hornin se oddělují podél puklin, jejichž síť je hustá - po 2 - 10 cm. Mezery mezi úlomky jsou vyplněny malou příměsí hlinitého písku (do 5 - 15 %). Mocnost kamenité zvětralé vrstvy horniny je 0,3 - 0,8 m. Úlomky droby a pískovce jsou odolné, kladivem těžce porušitelné. Jílovité břidlice se rozpadají do plochých destiček kladivem lehce porušitelných. Suťové zvětralé horniny jsou dobře propustné. Pod kamenitě rozpadlou vrstvou jsou horniny celistvé, hustě rozpukané. Pukliny ve vzdálnosti 1 až 20 cm jsou většinou otevřené - u drob a pískovců (šířka od 1 - 2 mm do 2 cm). Mohou být vyplněny pískem prachovitým, popř. jílem prachovitým (břidlice) - výplň má větší význam pouze u břidlic. Hornina je navětralá, odolná, většinou 5. třídy těžitelnosti. Díky husté síti puklin je propustná, u břidlic je propustnost v důsledku sevření, popřípadě výplně puklin, menší.

2.2 Kvarterní zeminy

Na údolních svazích a v jejich patě jsou původu deluviálního, ve dně údolí fluviální - naplaveniny Tetřevského potoka.

2.2.1 Deluviální sedimenty - jsou na lokalitě převládajícím typem kvarterních zemin. Na bázi sedimentace (na povrchu kulmských hornin) jsou uloženy nesoudržné **svahové sutě**. Jsou tvořeny úlomky drob, pískovců a břidlic s výplní mezer hlínou písčitou. Podle zrnitostní klasifikace mají nejčastěji velikost zrna frakce štěrk a kámen. Mocnost - v rozmezí 0,5 - 1,6 m. Míra zahlinění kolísá - nejčastěji mezi 20 - 40 %. Jsou propustné.

Svahové hlíny - jsou usazeny na povrchu zemin suťových. Přejít mezi těmito dvěma typy zemin nemá ostrou hranici, ale je pozvolný - tzn, že směrem k povrchu ubývá příměsí úlomků a zemina (hlína písčitá) se posunuje z tříd F2, F4 do F6. Mocnost svahových hlín je 1,5 - 2,5 m na levém svahu, 0,3 - 4 m na pravém a 0 až 4,5 m v hrázovém profilu. Jsou velmi málo propustné, tuhé a pevné konzistence.

2.2.2 Fluviální sedimenty - vznikly usazením při erozní a denudační činnosti Tetřevského potoka a jeho pravostranného přítoku. Tím je určeno také jejich plošné rozšíření - ve dně údolí - kde se z hlavního toku odděluje a opět připojuje řada menších potůčků, čímž je dána vysoká vlhkost zemin a mělká hladina podzemní vody, fluviální sedimenty se vyskytují i podél pravostranného přítoku - zejména na levém břehu a při vyústění do údolí.

Nesoudržné sedimenty - říční štěrky - jsou tvořeny plochými valouny se zaoblenými hranami, frakce drobné - kamenité (6 - 20 cm), přimíseny bývají i valouny balvanité (30 - 40 cm). Výplň mezer je písčitou hlínou, množství výplně - nejčastěji mezi 10 - 20 %. Štěrků mají mocnost v rozmezí 1,2 - 1,7 (max. až 2,1) m. Jsou dobře propustné.

Soudržné sedimenty - povodňové hlíny a jíly - jsou připovrchovou vrstvou ve dně údolí. Jsou to jemnozrnné zeminy nasycené vodou, silně písčité, s valouny štěrku, konzistence tuhé a měkké. Mají pouze malou mocnost - 0,1 - 0,7 m, průměrně 0,4 m. Z toho svrchní část vrstvy (0,2 - 0,3 m) obsahuje zetlelé rostlinné zbytky. Povodňové jíly jsou málo propustné.

3. HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

3.1 Hladina podzemní vody - byla měřena v kopaných sondách. Ty byly vyhloubeny v klimaticky suchém období - konec června 2003 - po cca měsíčním intervalu bez srážek, s vysokými teplotami vzduchu. Sucho se projevilo i na povrchové vodě v Tetřevském potoce a řadě jeho ramen - oproti 11/2002, kdy byla prováděna první etapa inženýrskogeologického průzkumu, byl výrazně nižší průtok v hlavním korytě, řada vedlejších byla vyschlá. Při nižším sycení vodou byla vyšší i konzistence soudržných zemín v údolním dně, které byly bez větších problémů pochůzné.

Hloubka hladiny podzemní vody pod terénem je udána pro morfologicky rozdílné části lokality:

Údolní dno - hladina 0,4 - 1,4 m pod terénem, průměrně 0,9 m. Hladina napjatá, ustálená v průběhu několika hodin

Údolní svahy

Pata levého svahu - hladina 1,3 - 1,9 m pod terénem, průměrně 1,7 m

Pata pravého svahu - hladina 0,6 - 1,5 m pod terénem, průměrně 1,0 m

Levý svah - 2,4 - 4,0 m pod terénem, popř. bez vody. Při naražení hladiny jen slabá infiltrace do výkopu, ustálení za 1 a více dní

Pravý svah - v předpolí hráze po pravostranný přítok Tetřevského potoka -bez vody, dále od přítoku ke konci zátopy - 1,0 - 2 m pod terénem v dolní polovině svahu, 3,2 - 3,9 m (slabá infiltrace) - v horní polovině svahu.

3.2 Zvodněné prostředí

Morfologickým a geologickým poměrům dané části lokality odpovídá i příslušná zvodně, kterou proudí podzemní voda. V zásadě lze vyčlenit tři typy zvodněné vrstvy, odlišující se druhem a mírou propustnosti.

Propustnost **průlinová** - fluviální štěrky, málo zahliněné sutě - pohyb vody se uskutečňuje v mezerách (průlinech) mezi valouny štěrku, popř. úlomky hornin. Velikost propustnosti je dána množstvím jemnozrné výplně v prostorech mezi zrny. Zvodeň s průlinovou propustností má pro proudění podzemní vody největší význam, je nejvíce propustná.

Propustnost **puklinová** - ta je charakteristická pro oběh podzemní vody v kulmských horninách - pod vrstvou kamenitě zvětralou. Je s ní spojen spíše hlubší oběh podzemní vody, propustnost závisí na hustotě a míře rozevření puklin.

Propustnost **pórová** - zvodnění v soudržných zeminách (svahové, povodňové jíly) - v tomto typu zemin se nevytvoří souvislá hladina podzemní vody - ta se ustaví až po vzniku hydraulicky odlehčeného prostředí (například výkop). Jedná se o zvodeň s nejmenší propustností a dlouhou dobou nutnou pro ustálení hladiny.

V důsledku silného zajílování štěrků, nebo sutí (třída zemin G5, F2) dochází ke kombinaci propustnosti (pórová - průlinová).

Směr proudění podzemní vody - je z údolních svahů do údolí a pak ve směru toku. Podzemní voda je drénována korytem Tetřevského potoka, které je místy hluboce zařezáno do fluviálních sedimentů (např. nad koncem zátopy až 2 metry).

3.3 Propustnost zemin

Propustnost jednotlivých typů zemin, která je vyjádřena koeficientem filtrace (k_f) v jednotkách [m/s], byla stanovena polními a laboratorními zkouškami.

3.3.1 Polní zkoušky

V průzkumných sondách ve dně údolí, kterými byla naražena hladina podzemní vody, byla měřena rychlost nástupu hladiny při jejím ustalování. Tím byl určen k_f fluviálních štěrků - sondy K17, K109, K114 a svahové suti - K113.

Ve vybraných sondách, jejichž dno bylo nad hladinou podzemní vody, byla provedena nálevná vsakovací zkouška - po nalití vody z cisterny byl měřen pokles její

hladiny s časem. Tím se stanovil k_f svahových hlín (K14, K15, K20) a zvětralé skalní horniny (K112). Uvedeny jsou i výsledky zkoušek z etapy předběžného průzkumu (11/2002) - vsakovací zkoušky ve svahové hlíně a kamenitě zvětralé kulmské hornině (sondy K3, K7, K8 a K10):

sonda	typ zeminy	k _f (m/s)	
K17	fluviální štěrk G3	1,1.10 ⁻⁴	
K109	fluviální štěrk G5	3,7.10 ⁻⁵	
K114	fluviální štěrk G3	8,4.10 ⁻⁵	
fluviální štěrk - průměrná hodnota		7,7.10⁻⁵	
K113	svahová suť G5	6,5.10 ⁻⁵	
K3	svahová hlína F6	1,9.10 ⁻⁷	
K14	svahová hlína F4	3,6.10 ⁻⁷	
K15	svahová hlína F2	6,5.10 ⁻⁷	
K20	svahová hlína F6	1,2.10 ⁻⁷	
svahová hlína - průměrná hodnota		3,3.10⁻⁷	
K7	připovrchová vrstva droby a břidlice - kamenitě a štěrkovitě rozpadavá, popř. silně rozpukaná	R4 - R5	3,6.10 ⁻⁵
K8		G2 - G3	4,8.10 ⁻⁴
K10		G2 - G3	5,5.10 ⁻⁵
K112		R5	2,0.10 ⁻⁴
průměrná hodnota			1,9.10⁻⁴

Pro výpočet k_f při nástupu hladiny podzemní vody byl obdélníkový půdorys sondy přepočten na kruhový a výpočet byl proveden podle rovnice:

$$k_f = c \cdot \frac{r}{\Delta t} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Vyhodnocení nálevných vsakovacích zkoušek bylo provedeno podle rovnice
 Ťavody:

$$k_f = \frac{Q}{c \cdot \Delta h}$$

a Boldyreva:

$$k_f = \frac{Q}{F}$$

Hodnoty k_f , zjištěné při první etapě průzkumných prací, odpovídají propustnosti zemin, která byla stanovena podrobným průzkumem. Svahové hlíny třídy F2, F4, F6 jsou velmi málo propustné - s průměrnou hodnotou $k_f 3,3 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Svahové sutě hlinité obdobně jako hlinité šterky fluvialní (G5) mají $k_f 3,7$ a $6,5 \cdot 10^{-5}$ m/s. Při úbytku hlinité výplně mezi valouny, popř. úlomky hornin (G3) se k_f zvýší na $8,4 \cdot 10^{-5}$ - $1,1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Zvětralá připovrchová vrstva kulmských hornin - šterkovitě a kamenitě rozpadlá s velmi malou výplní mezer (G2, G3), popř. porušená hustou sítí puklin (R4, R5) je dobře propustná $\varnothing k_f = 1,9 \cdot 10^{-4}$ m/s.

3.3.2 Laboratorní zkoušky

Dále byla stanovena propustnost svahových hlín - těsnící zeminy - po jejich zhutnění zkouškou Proctor standard (PS). Měření bylo provedeno v propustoměru s konstantním spádem.

sonda	typ původní zeminy	k_f (m/s)
K3	F4	$2,5 \cdot 10^{-10}$
K6 + K7	G5	$2,3 \cdot 10^{-10}$
K9	G5	$1,1 \cdot 10^{-9}$
K129 + K123	F6	$5,6 \cdot 10^{-10}$
K125	F6	$1,3 \cdot 10^{-10}$
průměrná hodnota		$4,5 \cdot 10^{-10}$

U zkoušených zemin, které byly připraveny pro zkoušku PS, byla vyloučena zrna \varnothing většího, jak 5 mm.

3.4 Agresivní účinky podzemní a povrchové vody na stavební materiály

Posouzení agresivity bylo provedeno zkráceným chemickým rozbořem tří vzorků vod.

místo odběru	datum odběru	míra agresivity
K5	11/2002	střední uhličitá
K17	6/2003	silná uhličitá
Tetřevský potok - hrázový profil (voda povrchová)	6/2003	střední uhličitá

Podzemní voda má nízkou karbonátovou tvrdost („hladová voda“) – podrobněji viz následující protokoly chemických analýz.

PROTOKOL O ZKOUŠCE
č.: 3201-1344/2003

strana 1/2

Zadavatel: AQUATIS a.s., Botanická 56, 656 32 Brno**Číslo zakázky:** 030097**Název zakázky:** Brno – Aquatis, LR**Předmět zkoušky:** vzorek vody Lichnov**Odběr vzorků:** Datum odběru: 1.7.2003

Datum příjmu: 2.7.2003

Odběr provedl: zákazník

Počet vzorků: 1

Rozbor vody k posouzení pro stavební účely – výsledky zkoušky:označení vzorku: **K 17** evidenční číslo vzorku: 5363*Popis vzorku, vzhled:* silně zakalený, nažloutlý, neurčitý sediment, bez pachu*Fyzikální a chemické ukazatele**Agresivní formy CO₂*

<i>ukazatel</i>	<i>jednotka</i>	<i>výsledek</i>	<i>nejistota</i>	<i>zkušební postup</i>	<i>forma CO₂</i>	<i>jednotka</i>	<i>výsledek</i>
pH		6,02	$\leq \pm 0,2$	SOP AA-01	volný	mg/l	56,8
vodivost (20° C)	μS/cm	168	$\leq \pm 5 \%$	SOP AA-02	rovnovážný	mg/l	0,09
ZNK _{8,3} (acidita)	mmol/l	1,29	$\leq \pm 10 \%$	SOP AA-04	agres. na Fe	mg/l	56,7
KNK _{4,5} (alkalita)	mmol/l	0,60	$\leq \pm 5 \%$	SOP AA-03	agres. na CaCO ₃	mg/l	49,5
tvrdost celková	mmol/l	0,72	$\leq \pm 5 \%$	SOP AA-06	Langelier.ind.		-2,78
amonné ionty	mg/l	< 0,10	--	SOP AA-14			
vápník	mg/l	18,0	$\leq \pm 5 \%$	SOP AA-25			
hořčík	mg/l	6,6	$\leq \pm 10 \%$	Výpočet			
chloridy	mg/l	5	$\leq \pm 10 \%$	SOP AA-07			
sírany	mg/l	39,0	$\leq \pm 10 \%$	SOP AA-12			
dusičnany	mg/l	3,3	$\leq \pm 10 \%$	SOP AA-08			
hydrogenuhlíčitany	mg/l	36,6	$\leq \pm 5 \%$	SOP AA-03			
CHSK-Mn	mg/l	2,3	$\leq \pm 20 \%$	SOP AA-09			

Poznámka:**Provedení zkoušek:** Zahájení zkoušek: 3.7.2003

Zkoušky provedl: Ing. J.Řezníček a kol.

Ukončení zkoušek: 15.7.2003

*Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených předmětů uvedených výše a nenahrazují jiné dokumenty.
Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře se nesmí protokol o zkoušce reprodukovat jinak, než celý.***Protokol vystaven:** 16.7.2003 Celkem obsahuje: 2 strany**Kontroloval:**

Mgr. Jaroslava Hromková

Za správnost odpovídá:Ing. Pavel Schwarzer
vedoucí laboratorní

POSOUZENÍ VÝSLEDKŮ ROZBORU VODY Z HLEDISKA AGRESIVITY

Zadavatel:	AQUATIS a.s., Botanická 56, 656 32 Brno		
Číslo zakázky:	030097		
Název zakázky:	Brno – Aquatis, LR		
Předmět zkoušky:	vzorek vody Lichnov		
Odběr vzorků:	Datum odběru:	1.7.2003	Datum příjmu: 2.7.2003
	Odběr provedl:	zákazník	Počet vzorků: 1
označení vzorku:	K 17	evidenční číslo vzorku:	5363

Charakteristika vody

Vyšetřovaná voda je málo mineralizovaná a měkká, s převažující stálou složkou tvrdosti. Její reakce je slabě kyselá, obsah agresivního oxidu uhličitého je vysoký. Voda nevykazuje síranovou agresivitu.

Agresivita vody – podle ČSN 73 1215

Voda vykazuje silnou uhličitou agresivitu, ostatní agresivní složky jsou v normě. Jedná se o vodu s nízkou karbonátovou tvrdostí, tzv. „hladovou vodu“.

Ochrana betonových konstrukcí – podle ČSN 73 1214

Je nutná kombinovaná ochrana primární a sekundární za použití hmot podle speciálního návrhu.

Použití vody pro výrobu betonu – podle ČSN 73 2028

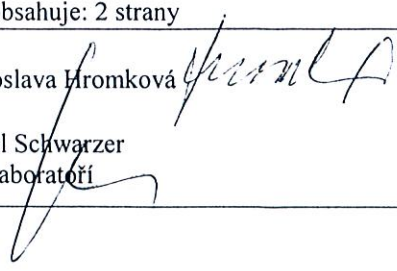
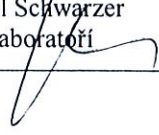
Pro účely betonářské je voda vhodná.

Provedl : Ing. J. Řezníček

PROTOKOL O ZKOUŠCE

č.: 3201-1344/2003

strana 2/2

Zadavatel: AQUATIS a.s., Botanická 56, 656 32 Brno							
Číslo zakázky: 030097							
Název zakázky: Brno – Aquatis, LR							
Předmět zkoušky: vzorek vody Lichnov							
Odběr vzorků:		Datum odběru: 1.7.2003		Datum příjmu: 2.7.2003			
		Odběr provedl: zákazník		Počet vzorků: 1			
Rozbor vody k posouzení pro stavební účely – výsledky zkoušky:							
označení vzorku:		potok - hráz		evidenční číslo vzorku:		5364	
<i>Popis vzorku, vzhled:</i> čirý, nažloutlý, neurčitý sediment, bez pachu							
<i>Fyzikální a chemické ukazatele</i>					<i>Agresivní formy CO₂</i>		
<i>ukazatel</i>	<i>jednotka</i>	<i>výsledek</i>	<i>nejistota</i>	<i>zkušební postup</i>	<i>forma CO₂</i>	<i>jednotka</i>	<i>výsledek</i>
pH		6,76	$\leq \pm 0,2$	SOP AA-01	volný	mg/l	26,4
vodivost (20° C)	μS/cm	215	$\leq \pm 5 \%$	SOP AA-02	rovnovážný	mg/l	0,93
ZNK _{8,3} (acidita)	mmol/l	0,60	$\leq \pm 10 \%$	SOP AA-04	agres. na Fe	mg/l	25,5
KNK _{4,5} (alkalita)	mmol/l	1,55	$\leq \pm 5 \%$	SOP AA-03	agres. na CaCO ₃	mg/l	22,2
tvrdost celková	mmol/l	0,94	$\leq \pm 5 \%$	SOP AA-06	Langelier.ind.		-1,45
amonné ionty	mg/l	< 0,10	--	SOP AA-14			
vápník	mg/l	28,0	$\leq \pm 5 \%$	SOP AA-25			
hořčík	mg/l	5,9	$\leq \pm 10 \%$	Výpočet			
chloridy	mg/l	5	$\leq \pm 10 \%$	SOP AA-07			
sírany	mg/l	23,0	$\leq \pm 10 \%$	SOP AA-12			
dusičnany	mg/l	< 3,0	--	SOP AA-08			
hydrogenuhlíčitany	mg/l	94,6	$\leq \pm 5 \%$	SOP AA-03			
CHSK-Mn	mg/l	2,9	$\leq \pm 20 \%$	SOP AA-09			
Poznámka:							
Provedení zkoušek:		Zahájení zkoušek: 3.7.2003		Zkoušky provedl: Ing. J.Řezníček a kol.			
		Ukončení zkoušek: 15.7.2003					
<i>Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených předmětů uvedených výše a nenahrazují jiné dokumenty. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře se nesmí protokol o zkoušce reprodukovat jinak, než celý.</i>							
Protokol vystaven:		16.7.2003		Celkem obsahuje:		2 strany	
Kontroloval:		Mgr. Jaroslava Hromková 					
Za správnost odpovídá:		Ing. Pavel Schwarzer vedoucí laboratoří 					

POSOUZENÍ VÝSLEDKŮ ROZBORU VODY Z HLEDISKA AGRESIVITY

Zadavatel:	AQUATIS a.s., Botanická 56, 656 32 Brno		
Číslo zakázky:	030097		
Název zakázky:	Brno – Aquatis, LR		
Předmět zkoušky:	vzorek vody Lichnov		
Odběr vzorků:	Datum odběru:	1.7.2003	Datum příjmu: 2.7.2003
	Odběr provedl:	zákazník	Počet vzorků: 1
označení vzorku:	potok - hráz	evidenční číslo vzorku: 5364	

Charakteristika vody

Vyšetřovaná voda je středně mineralizovaná a měkká, s převažující přechodnou složkou tvrdosti. Její reakce je neutrální, agresivního oxid uhličitý je přítomen ve středně zvýšené koncentraci. Voda nevykazuje síranovou agresivitu.

Agresivita vody – podle ČSN 73 1215

Voda vykazuje střední uhličitou agresivitu, ostatní agresivní složky jsou v normě.

Ochrana betonových konstrukcí – podle ČSN 73 1214

Je nutná kombinovaná ochrana primární a sekundární, tj. odolný beton povrchově chráněný.

Použití vody pro výrobu betonu – podle ČSN 73 2028

Pro účely betonářské je voda vhodná.

Provedl : Ing. J. Řezníček

4. GEOTECHNICKÉ VLASTNOSTI HORNIN A ZEMIN

4.1 Kulmské horniny - droby, drobové pískovce, břidlice

Z hlediska geotechnických vlastností těchto hornin je pro stavbu nejzajímavější prostor hrázového profilu a jeho nejbližšího okolí. Kulmské horniny ve zdravém stavu - tzn. nezvětralé, popř. jen minimálně větráním ovlivněné, celistvé, masívní - zde průzkumnými sondami zastiženy nebyly.

Hloubky sond	- v pravém údolním svahu	- 1,5 - 3,0 m.
	- v údolním dně Tetřevského potoka	- 2,3 - 3,0 m
	- v levém údolním svahu	- 3,6 - 4,6 m

Sondy byly ukončeny buď z důvodu dosahu bagru, nebo odolnosti horniny. Sondami byly ověřeny horniny v různém stupni porušení.

4.1.1 Kulmské horniny navětralé

Ze stavu kamenitě zvětralého eluvia přecházejí horniny směrem k podloží v navětralé, porušené hustou sítí puklin. Ty byly v sondách v pravém údolním svahu změřeny ve vzdálenosti 1 až 20 cm - proměnlivost v hustotě rozpukání byla vysledována i ve dvou různých stěnách jedné sondy (například K107). Rozevření puklin je opět nestejnoměrné - od 1 mm po 2 cm, při hloubce sond do 2,5 - 3 m nebyl pozorován úbytek rozevření puklin s hloubkou. U břidlic jsou pukliny vyplněny jílovitopísčitou zvětralinou, popř. jsou sevřené (zejména v dolní části svahu). Při hloubení sond se horniny rozpadaly podél puklinového systému do úlomků - většinou kamenitých a balvanitých. Hornina je odolná, 5. třídy těžitelnosti. Díky rozevření puklin (droby, pískovce) je propustná. Lze ji zařadit do třídy R3 a R4.

Geotechnické tabulkové hodnoty

σ_c	15 - 50 MPa
E_{def}	> 300 MPa
R_{dt}	800 kPa
ν	0,25

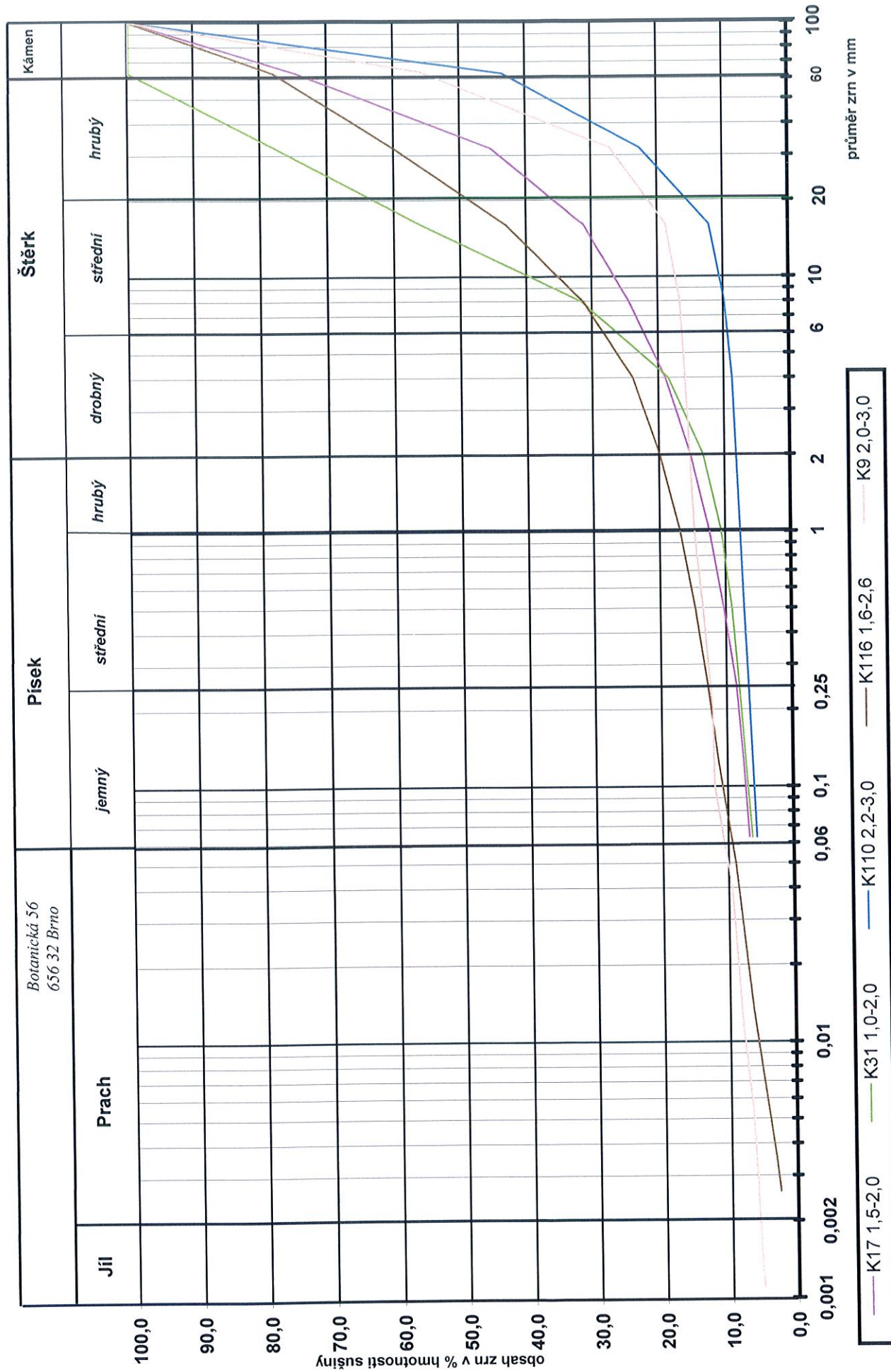
4.1.2 Přípovrchová zvětralá vrstva hornin (eluvium)

Na mocnost 0,3 - 0,8 m jsou horniny úlomkovitě rozpadavé - mají charakter **suťové zeminy**. Úlomky jsou ostrohranné, převážně plochého tvaru (zejména u břidlic). Rozměr úlomků je proměnlivý - nejčastěji v rozsahu zrnitostní frakce hrubý štěrk - kámen (tj. 5 - 20 cm), vždy jsou zastoupeny i úlomky o průměru větším, jak 20 cm - tedy balvanité (zvláště ve spodní části vrstvy). Mezery jsou částečně vyplněny hlinitým pískem - podíl nejčastěji 5 - 10 %, což horninu (geotechnicky zeminu) řadí do třídy **G3-G-F**. Lze uvažovat i se zařazením **G2-GP** - to při malém (< 5 %) podílu jemnozrnné výplně. Úlomky samotné jsou odolné - kladivem těžce porušitelné (droby, pískovce), břidlice - lehce porušitelné. Jsou dobře propustné pro vodu.

Geotechnické hodnoty nesoudržného suťového eluvia (normové hodnoty ČSN 73 1001 - dle zařazení podle laboratorních rozborů):

E_{def}	100 MPa
φ'	38° - 41°
c'	0 kPa
γ	20 kN/m ³
ν	0,25
R_{dt}	0,5 MPa
těžitelnost	4. třída - ČSN 73 3050

Zrnitostní rozbor



4.2 Zeminy svahové

V zájmové lokalitě se vyskytují dva odlišné typy svahových zemín

- nesoudržné - svahové sutě
- soudržné - svahové hlíny

4.2.1 Svahové sutě - nacházejí se pod svahovými hlínami, v něž plynule přecházejí. Zrnitostně se jedná o štěrky drobné až kamenité frakce, bývají silně zahliněné. Příměs jemnozrnné výplně mezi úlomky drob, břidlic a pískovců je nejčastěji mezi 10 - 30 %. To suťové zeminy řadí do třídy **G5-GC** a **G3-G-F**. Jsou propustné - $k_f = 6,5 \cdot 10^{-5}$ m/s, těžitelnost - 3. a 4. třída.

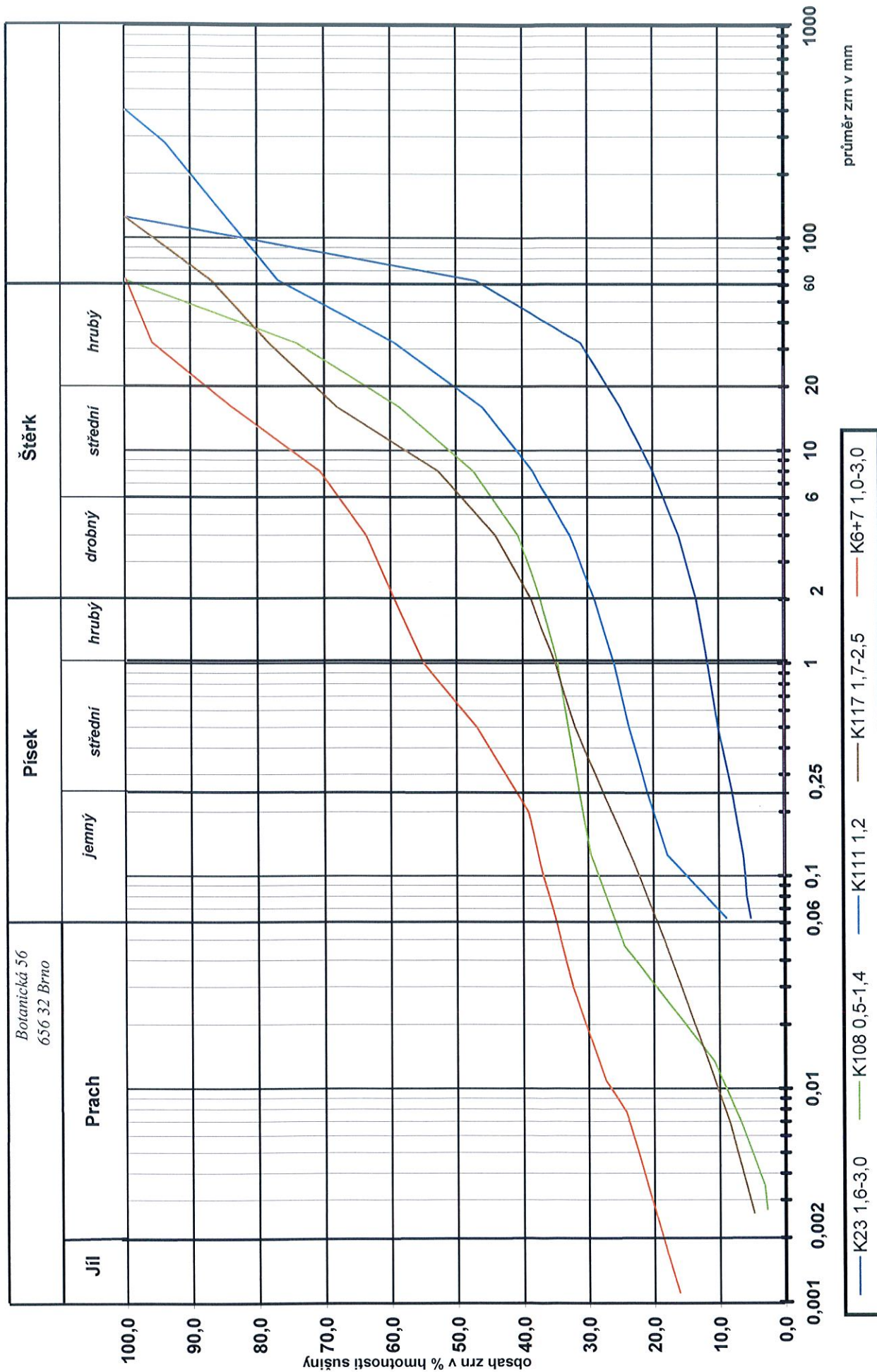
Geotechnické tabulkové hodnoty (směs GC a G-F)

E_{def}	70 MPa
φ'	33°
c'	5 kPa
γ	20 kN/m ³
R_{dt}	300 kPa

Laboratorní zkouškou v krabicovém smykovém přístroji byly na zhutněné zemině stanoveny efektivní pevnostní hodnoty výplně štěrkových a kamenitých zrn:

γ	21 kN/m ³
φ'	29,0 a 37,7°
c'	25 a 26 kPa

Zrnitostní rozbor



4.2.2 **Svahové hlíny** - jsou to jemnozrné zeminy s významnou příměsí zrn písku a úlomků kulmských hornin. Podle zrnitostních rozborů se množství jemných zrn - $\varnothing \leq 0,06$ mm - pohybuje mezi 50 - 80 % hmotnosti, písčité příměs - málokdy překračuje 20 % a zrna frakce štěrku - mezi 5 - 30 %. Plasticita svahových hlín je většinou střední - popř. na hranici nízké a střední. (Podle vztahu mezi tekutostí k indexu plasticity je správný geotechnický název zeminy „jíl“.) Konzistence je většinou pevná, méně často tuhá. Podle klasifikace ČSN 73 1001 náleží do tříd **F6-CI** - jíl se střední plasticitou, při vyšším (> 35 %) zastoupení nesoudržných zemin - **F4-CS** - jíl písčité - při převaze zrn písčitých nad štěrkovitými a **F2-CG** - jíl štěrkovitý - při významnější příměsí zrn frakce štěrku (úlomky droby, pískovce, břidlice). Převažovat budou zeminy F2 a F4, větší množství zemin třídy F6 a F4 lze očekávat na pravém svahu - mezi pravostranným přítokem Tetřevského potoka a koncem zátopy. Právě hojnost úlomků znemožňovala vyřezání zkušebních tělísek z neporušených vzorků zemin pro stanovení pevnostních hodnot.

Geotechnické hodnoty

Stanoveno laboratorně:

$$\gamma = 21,8 - 22,2 \text{ kN/m}^3 \text{ (F2, F4, F6)}$$

$$\text{pórovitost } n \quad 27 - 29 \%$$

$$S_r \quad 97 - 100 \%$$

Po zhutnění dle PS:

$$\varphi' = 33,3 - 34,5^\circ$$

$$c' = 8 - 16 \text{ kPa}$$

V přirozeném uložení:

$$\varphi' = 35,1^\circ$$

$$c' = 18 \text{ kPa}$$

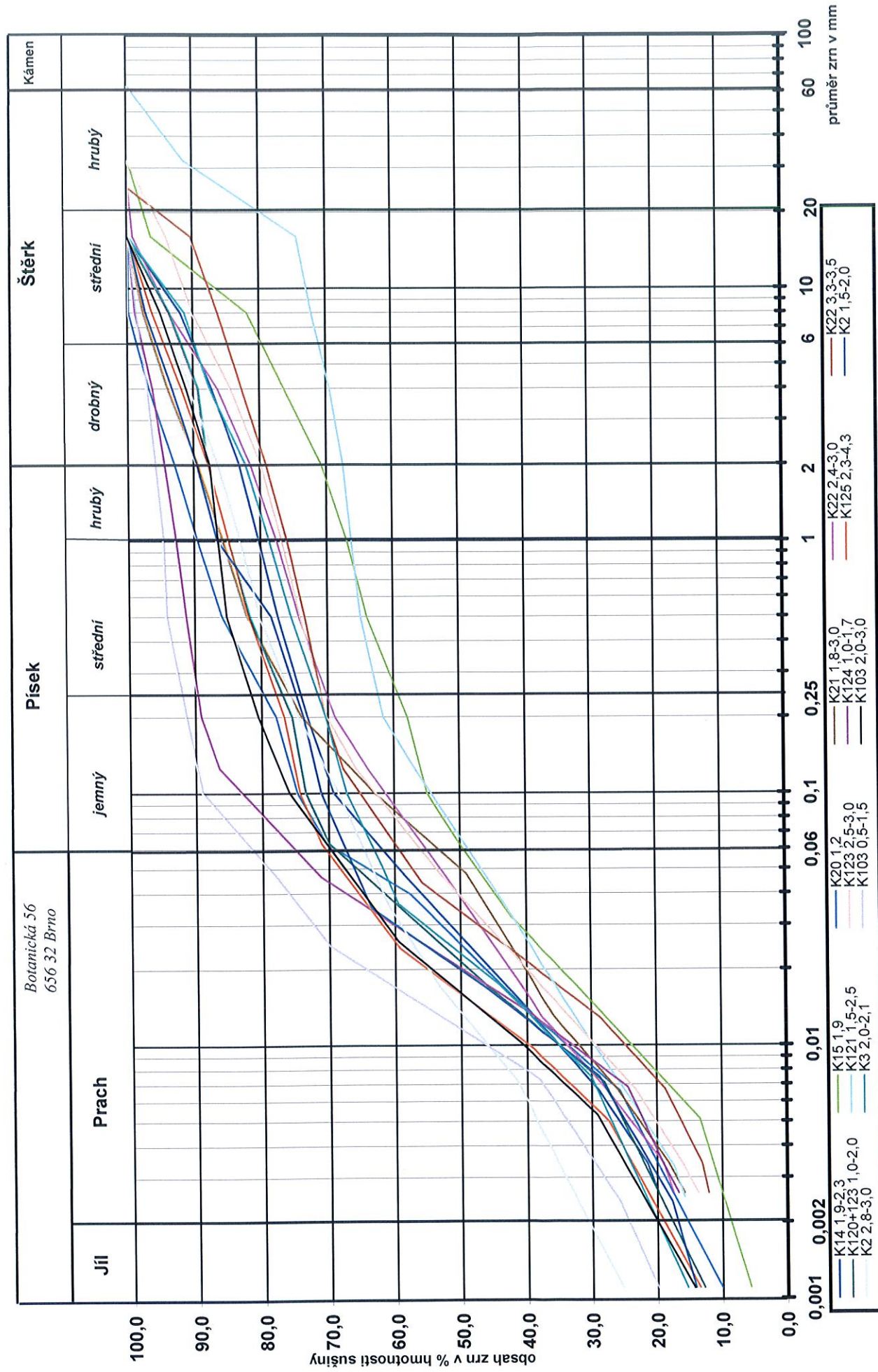
Pro zeminy třídy F6, kam vyšetřované vzorky náleží, se jedná o nepravděpodobně vysoké hodnoty úhlů vnitřního tření, odpovídající spíše zahliněným šterkům. Ve výpočtech doporučujeme pro svahové hlíny (směs F2, F4) tabulkové hodnoty $\varphi' = 27^\circ$, $c' = 18 \text{ kPa}$, $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$.

Další – tabulkové - geotechnické hodnoty:

	F4, F2	F6
E_{def} (MPa)	10	6
φ_u	10°	0°
c_u (kPa)	60	80
v	0,35	0,40
R_{dt} (MPa)	0,25	0,2
těžitelnost	3. třída	3. třída

Propustnost soudržných svahových zemin je velmi malá - v přirozeném uložení k_f řádu 10^{-7} m/s ($\varnothing = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$), po zhutnění pokles o 2 - 3 řády - $\varnothing = 4,5 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$.

Zrnitostní rozbor



4.3 **Zeminy fluviální** - jsou uloženy v údolním dně, kam byly naplaveny Třetřevským potokem a jeho přítoky. Nejvýznamnější jsou:

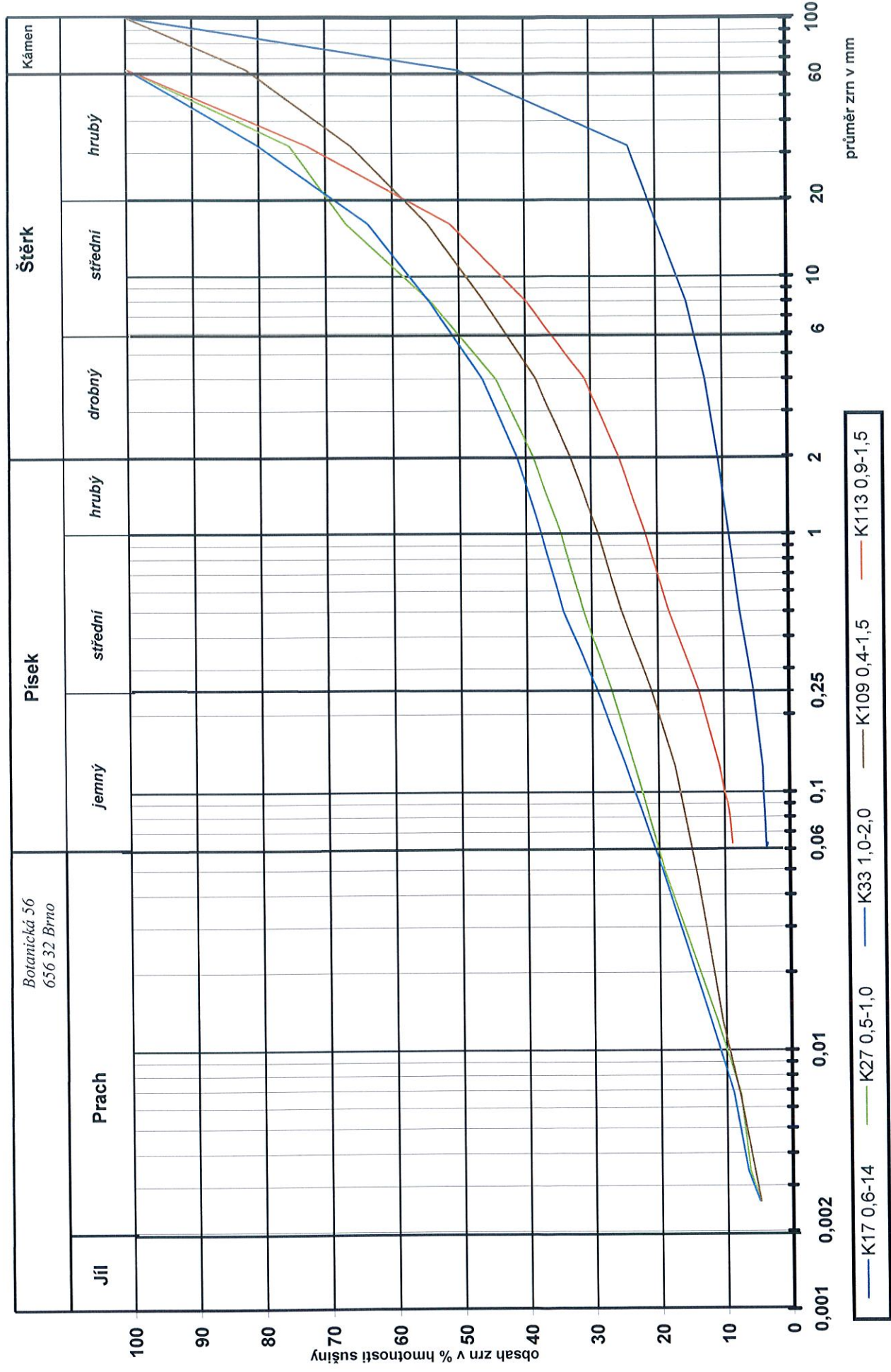
4.3.1 **Fluviální štěrky**, které jsou souvisle plošně rozšířeny podél potoka, ze stran jsou omezeny patami údolních svahů.

Zrnitostně - převažují ploché valouny kulmských hornin frakce drobný - hrubý štěrk, často kamenitý. V těchto zrnech se objevují i valouny balvanité - $\varnothing > 20$ cm. Množství písčité příměsi - mezi 10 a 20 %, jemnozrnná - hlinitá - výplň - rovněž 10 - 20 %. Čisté štěrky se zahliněním do 5 % jsou výjimkou. Fluviální štěrky jsou podle zrnitostního složení řazeny do třídy **G3-G-F** - štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy a **G5-GC** - štěrk jílovitý. Mají dobrou propustnost - v přirozeném uložení je $\varnothing k_f = 7,7 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Geotechnické normové hodnoty:

E_{def}	80 MPa
φ'	32°
c'	4 kPa
γ	19,5 kN/m ³
ν	0,30
R_{dt}	0,3 MPa
těžitelnost	3. třída

Zrnitostní rozbor



4.3.2 **Fluviální hlíny a jíly** - jsou nesouvisle vyvinuty v nadloží štěrků, dosahují malých mocností (0,1 - 0,7 m). Obsahují často zetlelé rostlinné zbytky, mají nízkou konzistenci - za vlhčího období měkkou a měkce tuhou, za sucha (6/2003) tuhou. Podle zrnitostního složení (křivky zrnitosti mají široký rozptyl) obsahují 30 - 55 % písku a štěrku. Řadí se do třídy **F4-CS** - jíl písčitý. Z důvodu organické příměsi a silného nasycení vodou ($W_n = 27 - 40 \%$) je jejich využití do hráze nevhodné.

Geotechnické tabulkové hodnoty:

E_{def}	2 MPa
φ_u	0°
c_u	30 kPa
γ	30 kN/m ³
R_{dt}	60 - 80 kPa
těžitelnost	3. třída

5. TECHNICKÝ ZÁVĚR

5.1 Geologické poměry v hrázovém profilu

Podrobným inženýrskogeologickým průzkumem byly ověřeny geologické poměry nad a pod profilem, označeným II-II' - tzn. poblíž návodní a vzdušné paty hráze. Vzhledem k nestejnomyšlnému tvaru údolí - pozvolnější levý svah údolí a strmější pravý s Tetřevským potokem, přimykajícím se k jeho patě - jsou i odlišné geologické poměry na obou údolních svazích.

5.1.1 Levý svah - v podloží hráze se v celé ploše nachází mocná vrstva **svahových zemin** - a to především soudržných **hlín písčitých** s úlomky drob a břidlic. Geotechnicky jsou označeny jako jíl písčité třídy **F4-CS**, jíl štěrkovitý třídy **F2-CG** a jíl se střední plasticitou - **F6-CI**. Tato zemina (třídy F6 - tzn. s menší příměsí úlomků) byla ve větší míře zastižena v profilu III-III' na návodní straně hráze. Mocnost hlín se pohybuje v rozmezí 3 - 4,5 m - pokles po svahu. Úlomky kulmských hornin jsou významnou součástí soudržných zemin - představují v nich 20 - 60 %ní podíl a jejich velikost je nejčastěji v zrnitostním rozmezí střední štěrk až kámen. Kopanými sondami byly zjištěny i větší - balvanité - úlomky. Jejich množství lze odhadnout na cca 5 - 10 %. Úlomkovitá příměs může vytvářet neprůběžné polohy ve svahových hlínách, při bázi hlín tvoří přechod ke štěrkovitě a kamenitě zvětralé **kulmské hornině** (převážně droby, drobové pískovce). Její povrch byl ve svahu zjištěn nejčastěji v hloubce 4 m \pm 0,5 m. Stav horniny v její přípovrchové vrstvě - silně zvětralá, charakteru kamenité sutě - třídy G3, G2, popř. navětralá třídy R3, R4, porušená hustou sítí puklin, podél nichž se po odtěžení rozpadá v kamenité úlomky. Úlomky samotné jsou odolné, kladivem těžce porušitelné.

Hladina podzemní vody - v kopaných sondách, ukončených ve svahových hlínách, popř. v povrchu zvětralé horniny, nebyla podzemní voda zastižena (horní část svahu), popř. pouze slabě infiltrovala dnem sondy (3,8 - 4,0 m).

Sonda K14 – na levém údolním svahu v hrázovém profilu I-I'. Ve stěně výkopu hloubky 4,1 m jsou patrné svahové hlíny, ve dně sondy – droba kamenitě rozrušená, slabý průsak podzemní vody.



Sonda K14 – vytěžená zemina – svahová hlína s úlomky droby. Při patě násypu – kamenitě a balvanitě rozpadlá droba ze dna sondy (hloubka 3,9 – 4,1 m).



Propustnost svahových hlín - byla stanovena nálevnými vsakovacími zkouškami. Hodnota koeficientu filtrace se pohybuje v rozmezí $6,5 \cdot 10^{-7}$ až $1,2 \cdot 10^{-7}$ m/s, průměrná hodnota - $3,3 \cdot 10^{-7}$ m/s.

5.1.2 Pravý údolní svah - v místě zavázání hráze má strmý sklon, pro mechanizaci obtížně přístupný. Odlišná morfologie je dána povrchem kulmských hornin blíže k terénu

- 1,0 - 1,7 m v řezu I-I' (vzdušná pata hráze)
- 1,4 - 2,0 m v řezu II-II'
- 1,4 - 2,2 m v řezu III-III' (návodní pata hráze)

Z hornin převládají opět droby a drobové pískovce, břidlice byly zastiženy v patě svahu (K105, K108, K110). Horniny jsou v připovrchové vrstvě (ověřeno na mocnost 0,4 - 0,9 m) zvětralé a navětralé, rozpukané. Síť puklin je v této úrovni hustá - nacházejí se ve vzdálenosti 1 - 15 (20) cm. Pukliny samotné jsou většinou otevřené - na šířku od 1 a 2 mm až do 2 cm. Sevřenější pukliny jsou v dolní části svahu - což je dáno výskytem břidlic s tence destičkovitou odlučností, pukliny jsou zde vyplněny jílovitou a prachovitou zvětralinou. Směrem výše do svahu - s převládající horninou drobou a drobovým pískovcem - jsou pukliny rozevřenější, bez výplně. Sklon vrstev - cca 5° po svahu. Při těžbě hornin docházelo k jejich rozpadu podél puklin - břidlice v ploché úlomky o tloušťce 0,5 - 3 cm, ostatní horniny v ostrohranné nepravidelné úlomky frakce štěrk až balvan. Třída hornin - **R3, R4, R5**.

Propustnost - nálevná zkouška - v horní části svahu (K112) - $k_f = 2,0 \cdot 10^{-4}$ m/s. V dolní části svahu lze předpokládat nižší hodnotu k_f - v řádu 10^{-6} m/s

Směrem k povrchu terénu přecházejí kulmské horniny plynule ve **svahové sutě** - jsou kamenité, tvořené úlomky drob a břidlic frakce kámen a balvan s výplní mezer hlínou písčitou a pískem hlinitým. Množství této jemnozrnnější výplně - 10 - 30 %. Mocnost kamenitých sutí - mezi 1 - 2 metry. Řadí se do třídy **G3-G-F** a **G5-GC**. **Propustnost** mají sut'ové zeminy dobrou - $k_f = 6,5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Svahové hlíny sprašové - jsou nesouvisle vyvinutou připovrchovou vrstvou v patě svahu (K105, K110). Mají mocnost 0,7 - 0,8 m a obsahují 40 - 60 % úlomků hornin (břidlice). Konzistenci mají pevnou, zatřídění **F2-CG**, **F4-CS**. **Propustnost** - je malá, k_f v rozmezí řádu $\times 10^{-7}$ m/s.

Podzemní voda - nebyla ve svahu zastižena.

Sonda K108 – ve spodní části pravého údolního svahu, v hrázovém profilu II-II'.
Hloubka sondy – 2,4 m. V hloubce 1,6 m pod terénem je povrch kulmské břidlice.
Hornina je překryta kamenitou až balvanitou sutí s hlinitou výplní mezi úlomky.



Sonda K108 – pohled na bázi vrstvy kamenité suti a povrch zvětralé břidlice. Pukliny a mezery mezi plochými úlomky jsou vyplněny jemnozrnnou zeminou. Patrný je mírný sklon vrstev po svahu.



Sonda K105 – ve spodní části pravého údolního svahu, hrázový profil I-I'. Pohled na připovrchovou vrstvu horniny (droba a břidlice) v hloubce 1,7 – 2,1 m pod terénem. Hornina je navětralá, porušená puklinami, které jsou sevřené, popř. vyplněné jemnozrnnou zeminou. Na povrchu horniny je uložena svahová suť kamenitohlinitá.



5.1.3 Údolí potoka - dno údolí Tetřevského potoka se v místě uvažované stavby hráze zužuje, má šířku 40 - 60 m. Je hustě porostlé vegetací (stromy, křoviny). Koryto potoka je mělce zahloubené - do 30 - 50 cm.

Povrch kulmských hornin - se nachází v hloubce:

- 1,4 m v profilu I-I' (vzdušná pata hráze)
- 2,4 m v profilu II-II'
- 2,5 - 2,9 m v profilu III - III' (návodní pata hráze)

V okrajové části údolí - pata svahů - je povrch hornin v hloubce:

- 2,5 m (levý svah) - 1,7 m (pravý svah) v profilu I-I'
- 3,5 m (levý svah) - 1,6 m (pravý svah) v profilu II-II'
- > 4 m (levý svah) - 2,2 m (pravý svah) v profilu III-III'

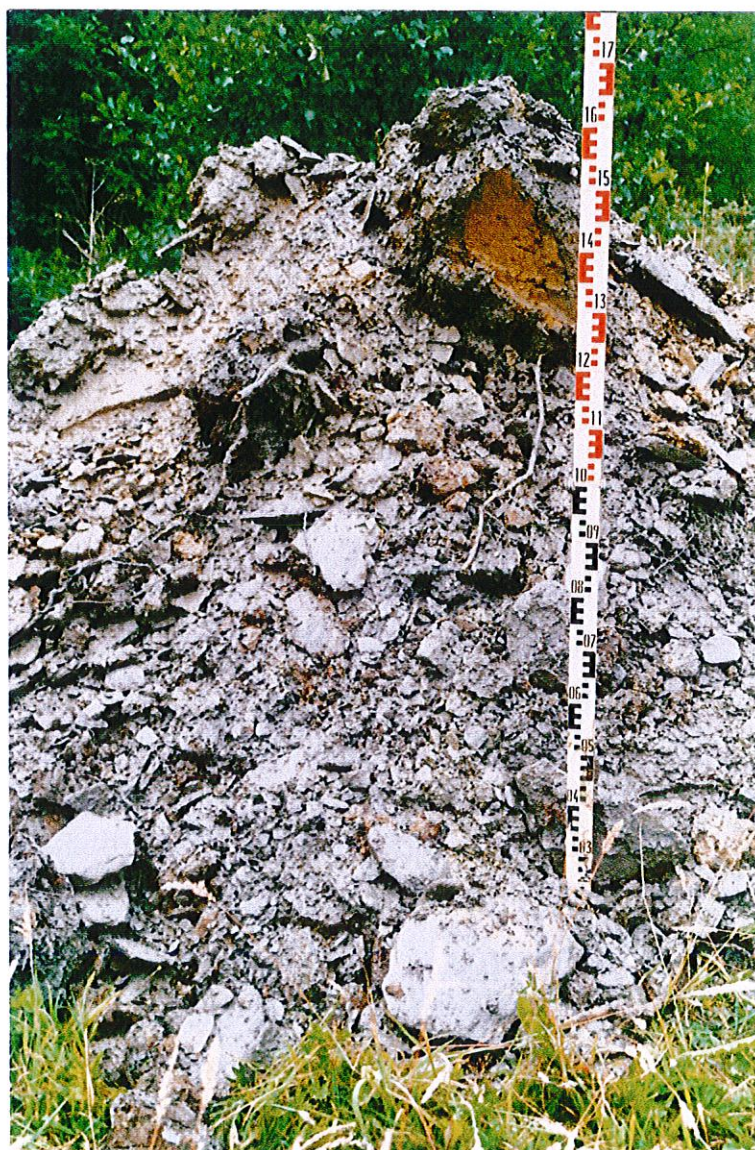
V krajních profilech (I-I' a III-III') jsou uloženy břidlice, v profilu II-II' - droba. Břidlice v profilu I-I' je silně zvětralá, rozpadavá v ploché úlomky frakce štěrk - kámen - na mocnost 0,7 m. Od hloubky 2,1 m (436,5 m n.m.) je hornina již odolná, navětralá, třídy R3 a R4. Břidlice z návodní strany hráze (III-III') je odolná od hloubky cca 3,0 m (437,0 m n.m.). V obdobné výškové úrovni - 437,1 m n.m. - je povrch odolné droby v řezu II-II'.

Kvarterní zeminy - údolí je vyplněno **fluviálními štěrky**, jejichž mocnost je 1,1 - 1,7 m, v profilu III-III' - až 2,7 m. Zde byla pod štěrky popsána i vrstva stažených svahových zahliněných sutí. Štěrků jsou hrubé až kamenité, výjimkou nejsou ani valouny frakce balvan. Mají tvar plochý se zaoblenými hranami s hlinitou výplní mezer 10 - 20 %. Řadí se do třídy **G3-G-F** a **G5-GC**. Jejich propustnost je dobrá - podle měření nástupu hladiny podzemní vody je k_f průměrně $7,7 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Jemnozrnné fluviální hlíny a jíly - tj. připovrchová vrstva v údolí Tetřevského potoka - mají malou mocnost - 0,2 - 0,7 m. Jejich konzistence je tuhá, za vlhčího klimatu měkká. Obsahují rostlinné zbytky v různém stupni rozkladu a 30 - 55 % zrn písku a štěrku. Řadí se do třídy **F4-CS**.

Hladina podzemní vody - je ve dně údolí mělce pod terénem - v hloubce 0,4 - 1,3 m (438,2 - 438,5 m n.m.) - stav k 6/2003.

Sonda K18 – v údolí na levém břehu potoka, pohled na vytěženou zeminu. V patě násypu – kamenitě rozrušená droba z hloubky 3 – 4 m, nad nimi zvodnělý štěrk – ploché valouny zrnitostní frakce štěrk až kámen. Na vrcholu násypu – povodňový jíl.



5.2 Založení hráze a přelivného objektu

Zde zůstávají v platnosti závěry předchozí etapy inženýrskogeologického průzkumu:

Na levém svahu - lze hráz založit mělce na svahové hlíny se zavázáním k přerušení stávajících průsakových cest (chodby živočichů).

V údolním dně - není vhodné zakládat hráz na fluvialních hlínách a jílech - z důvodu nevyhovujících geotechnických vlastností. Z tohoto pohledu vyhoví říční šterky. Pro zabránění průsaku podloží hráze - například zavazovací ozub přes šterky a silně zvětralé kulmské horniny - po kótu 436,5 - 437,0 m n.m., popř. předložený těsnicí koberec, vybudovaný ze svahových hlín.

Na pravém svahu - jsou vhodnou základovou půdou svahové kamenité sutě, popř. prachovité hlíny ve spodní části svahu. Utěsnění podloží hráze - suťových zemin a zvětralých rozpukaných hornin - opět variantně zavazovacím ozubem do navětralých hornin - do hloubky alespoň 3 m pod terénem, popř. předloženým těsnicím kobercem. Z hlediska nepropustnosti je příznivější dolní část svahu, kde byly zjištěny břidlice se sevřenými puklinami. Droby a drobové pískovce jsou porušeny puklinami rozevřenými, bez výplně.

Přelivný objekt - vhodnou základovou půdou je povrch kulmských hornin - ať již v údolním dně, či patě levého údolního svahu. Geotechnické hodnoty hornin jsou vysoké a vyhoví jak z hlediska únosnosti, tak i přetvoření. Výhodou prostoru v patě svahu jsou jen malé přítoky podzemní vody, která se ze stavební jámy jednoduše odvede obvodovou drenáží s čerpací jámkou, přítoky do 0,5 l/s. Stavební jáma o hloubce cca 4 m pak vyhoví ve sklonu 1:0,75. V případě zakládání ve dně údolí bude náročnější odvodnění stavební jámy - z důvodu propustných fluvialních šterků a hladiny podzemní vody blízko povrchu terénu. Odvodnění - opět plošné s čerpacími jámkami (po založení objektu se zlikviduje), očekávané přítoky - řádově vyšší (v jednotkách l/s). Hloubka stavební jámy menší - cca 3 - 3,5 m, v profilu I-I' 2,0 -

2,5 m - po odvodnění se sklonem stěn 1:1. Zde opět upozorňujeme na agresivitu podzemní vody (silná a střední uhličitá, hladová voda) a vody povrchové (střední uhličitá).

Doporučujeme převzetí základové spáry přelivného objektu a zavazovacího ozubu hráze geologem.

5.3 Zhodnocení materiálových možností lokality

Předběžným inženýrskogeologickým průzkumem, provedeným na lokalitě v listopadu 2002, byly v **prostoru zátopy** vyčleněny tyto zemníky:

5.3.1 Pro těsnící část hráze (svahové hlíny třídy F2, F4, F6)

P1 - na levém údolním svahu - při průměrné mocnosti těžby 2,5 m - 16000 m³ zemin třídy F4, F6. V prostoru zemníku se nacházejí geologické řezy III-III' a IV-IV'. Jejich doplněním sondami až do dna údolí při etapě podrobného průzkumu bylo vymezení plochy P1 ponecháno. Směrem k potoku je využitelná mocnost hlín snížena vysokou hladinou podzemní vody.

P2 - navazuje na P1 a pokračuje směrem ke konci zátopy. Jedná se opět o údolní svah mezi řezy číslo IV-IV' a V-V'. Při využitelné mocnosti 1,5 m lze získat 4000 m³ svahových hlín třídy F2, F4 - tedy s vyšší příměsí úlomků kulmských hornin.

P3 - na pravém údolním svahu, z pravé strany přítoku Tetřevského potoka. Zde bylo uvažováno s využitím 12000 m³ hlín. Doplnkovým průzkumem - sondy K119, K120 - byla plocha rozšířena a počítá se zde s využitím 15000 m³ zeminy třídy F4 a F6 při průměrné mocnosti těžby 2 m (omezení z důvodu hladiny podzemní vody).

Celkem je k využití v prostoru zátopy 34000 m³ svahových hlín pro použití do těsnící části hráze.

Při těžbě ze zemníku P1 v předpolí hráze doporučujeme neskrývat zeminu v předpolí hráze (na vzdálenost 10H) na celou mocnost, ale pouze 2,5m. Tím zůstane

1,0-1,5m svahových hlín v přirozeném uložení, které po přehutnění válcem vytvoří přirozenou těsnící vrstvu s k_f o 1 až 2 řády nižším, než v původní vrstvě.

5.3.2 Pro **stabilizační část** hráze - byly doporučeny svahové suťové zeminy a připovrchová zvětralá, kamenitě a šterkovitě rozpadavá vrstva kulmských hornin. Většinou se jedná o zeminy třídy G3, G5, méně často G2.

P2 - pod vytěženými svahovými hlínami je možno získat 5000 m³ šterkovitě a kamenitě rozpadlých kulmských hornin třídy G3 a G2, těžených na mocnost 1 m.

P5 - Doplnkovým inženýrskogeologickým průzkumem a sondami v údolním dně - K18, K24, K26, K29 - lze pro využití do stabilizační části hráze zařadit i zeminy v prostoru mezi P1, P2 a okrajem lesa. Bude se jednat o směs svahových suti hlinitých a hlinitých fluvialních šterků - výsledná zemina bude třídy G3 a G5. Eventuelní těžba je zde komplikována hladinou podzemní vody blízko povrchu terénu - v hloubce 0,7 - 1,7 m - nutné odvodnění drenáží. Při průměrné mocnosti těžby 1,5 m zde lze získat 12000 m³ zeminy.

P4 - plocha se nachází na pravém údolním svahu, mezi hrází a přítokem Tetřevského potoka. Původně uvažovaná plocha byla po doplnění sondami K111 - K118 rozšířena směrem k jihu podél potoka. Geologické poměry jsou zřejmé z řezů III-III', IX-IX', X-X'. Při uvažování mocnosti těžby na 2,5 m vznikne směs připovrchové vrstvy svahové hlíny (F2, F4) - 0,2 - 1 m, kamenitě svahové suti (G3, G5) - 0,7 - 1,8 m a připovrchové vrstvy kulmských hornin (G2, G3) - 0,0 - 1,1 m. Výsledná zemina bude zrnitostně odpovídat třídě G3 a G5. Využitelné množství - 22000 m³.

Z ploch, označených P2, P4 a P5 lze v prostoru zátopy využít 39000 m³ zeminy do stabilizační části hráze. Zrnitostně nejvhodnější jsou zeminy svahové - hlinitokamenité suti a fluvialní - zahliněné šterky. Úlomkovitě rozpadlé kulmské horniny, kde je největší zastoupení zrn frakce hrubý šterk a kámen (výjimkou nejsou

úlomky balvanité) a s malou hlinitopísčitou výplní mezer jsou vhodné spíše jako přísyp na povrchu stabilizační části hráze.

Údolní dno Tetřevského potoka v oblasti zátopy, které je hustě porostlé vzrostlými stromy - prostor mezi zemníky P5 a P3, P4 - může být alternativním zdrojem stabilizační zeminy - fluvialního hlinitého štěrku třídy G3 a G5. Využití je komplikováno:

- hladinou podzemní vody blízko terénu (0,6 - 1,1 m za suchého klimatu)
- připovrchovou vrstvou vodou nasyceného povodňového jílu často s organogenní příměsí, mocnosti 0,2 - 0,6 m, který způsobuje obtížný pohyb stavebních strojů a do hráze je nevhodný
- nutností odstranění vegetace včetně kořenů stromů.

V případě využití prostoru stálé zátopy a těžby štěrku na minimální mocnost (vzhledem k hladině podzemní vody) - tj. 1 m - zde lze získat 10000 m³ zeminy třídy G3 a G5. V případě využití celého údolního dna v retenčním prostoru nádrže (mimo P5) lze uvažovat s těžbou 28000 m³ štěrku třídy G3 a G5 při využití 1 m mocné vrstvy.

5.3.3 Náhradní zemníky – v situaci jsou čárkovaně zakresleny plochy, zasahující mimo oblast zátopy – označení PN6 až PN9. Jedná se o prostor náhradních zemíků, kde lze získat další objem zemin do hráze. Nacházejí se na parcelách v majetku obce Lichnov.

PN6 – v levém svahu nad zemníky P1 a P2 lze získat těsnící zeminu – svahové hlíny s úlomky třídy F2, F4. Průměrná mocnost těžby – 1,5 m. Využitelný objem zemin – 9000m³.

PN7 – v levém svahu, je pokračováním PN6 směrem ke konci zátopy. Zde se předpokládá těžení zeminy na stabilizační část hráze – kamenitě rozpadavé droby – G2 a kamenitohlinité sutě – G3. Využitelná průměrná mocnost – 1,5 m, tj. celkem 6000 m³ zeminy.

PN8 – je rozšířením zemníku P3 na pravém svahu. Zde je možno získat svahové hlíny třídy F4, F6 v průměrné mocnosti 2 m – tj. objem 9000 m³ zeminy, použitelné pro těsnící část hráze.

PN9 – nachází se nad zemníkem P4 na pravém svahu. Obdobně, jako z P4, je zde možno těžít zeminu pro stabilizační část hráze – kamenitohlinitou suť – G3 a přípovrchovou, kamenitě zvětralou horninu – třídy G2. Tyto zeminy jsou překryty cca 0,5 m mocnou vrstvou svahové písčité hlíny. Při těžbě na průměrnou mocnost 1,5 m lze očekávat výslednou zeminu třídy G3 v objemu 13000 m³.

Na plochách náhradních zemníků PN6 – PN9 lze získat 18000 m³ zemin do těsnící části hráze a 19000 m³ zemin do stabilizační části hráze.

5.4 Zpracování zemin do těsnící části hráze

Pro stanovení zhutnitelnosti byly na technologických vzorcích zemin, odebraných ze zemníků P1, P2 na levém břehu a P3 na pravém břehu, provedeny laboratorní zkoušky dle Proctor standard. Optimální vlhkost W_{opt} pro hutnění se pohybovala mezi 13,5 - 14,6 %, přičemž přirozená vlhkost zemin byla vyšší o 1 až 3 % v prostoru P1, P2 a o 2,5 až 6 % na pravém břehu v prostoru P3. Při těchto vlhkostech je zemina zpracovatelná bez nutnosti dodatečné úpravy.

Hodnoty maximální objemové hmotnosti sušiny ρ_{dmax} byly zkouškou PS stanoveny v úzkém rozmezí pro zemníky na levém i pravém břehu - 1832 - 1869 kg/m³, průměr - 1846 kg/m³.

Pro stanovení optimálního technologického postupu hutnění - mocnost násypné vrstvy, počet pojezdů válce - se provede na začátku stavby poloprovozní hutnicí pokus, jehož náplň se specifikuje v projektu hutnicího pokusu. Využity budou stavební stroje - hladký vibrační válec o hmotnosti alespoň 10 t, buldozer, bagr, nákladní automobily. Vyhodnocení pokusu se provede po vyhodnocení souvisejících laboratorních zkoušek zemin.

Ke sledování míry zhutnění zeminy při vlastní stavbě ($D \geq 95 \%$) je nutno provádět kontrolní zkoušky pro stanovení objemové hmotnosti zeminy s doprovodnými rozbory (zrnitost, W_n , plasticita).

Obdobně - tzn. poloprovozním hutním pokusem - se stanoví technologický postup hutnění i pro zeminy nesoudržné do **stabilizační části** hráze. Zde je požadavek míry zhutnění vyjádřen relativní hutností $I_D \geq 0,7$.

Vypracoval: RNDr. Petr Moric

p.g. Luboš Souček



AQUATIS a.s.
Technické a inženýrské služby
pro vodohospodářskou výstavbu
16 Botanická 56, 602 00 BRNO