

**GEON, s. r. o.**

*hydrogeologie - ochrana podzemních vod - inženýrská geologie*

*sanace podzemních vod a horninového prostředí*

*posuzování vlivů na životní prostředí*

664 52 Sokolnice, Na Padělkách 421

Tel/fax: 544254167, 544224103

e-mail: [info@geon.cz](mailto:info@geon.cz)

## **Inženýrsko-geologické posouzení**

### **VN Vrbátky**

*Závěrečná zpráva o výsledcích inženýrsko-geologického posouzení  
provedeného za účelem zjištění podkladů pro zpracování projektové  
dokumentace*

*Regioprojekt Brno, s. r.o.*

*U Svitavy 1077/2*

*618 00 Brno*

**Brno – únor 2020**

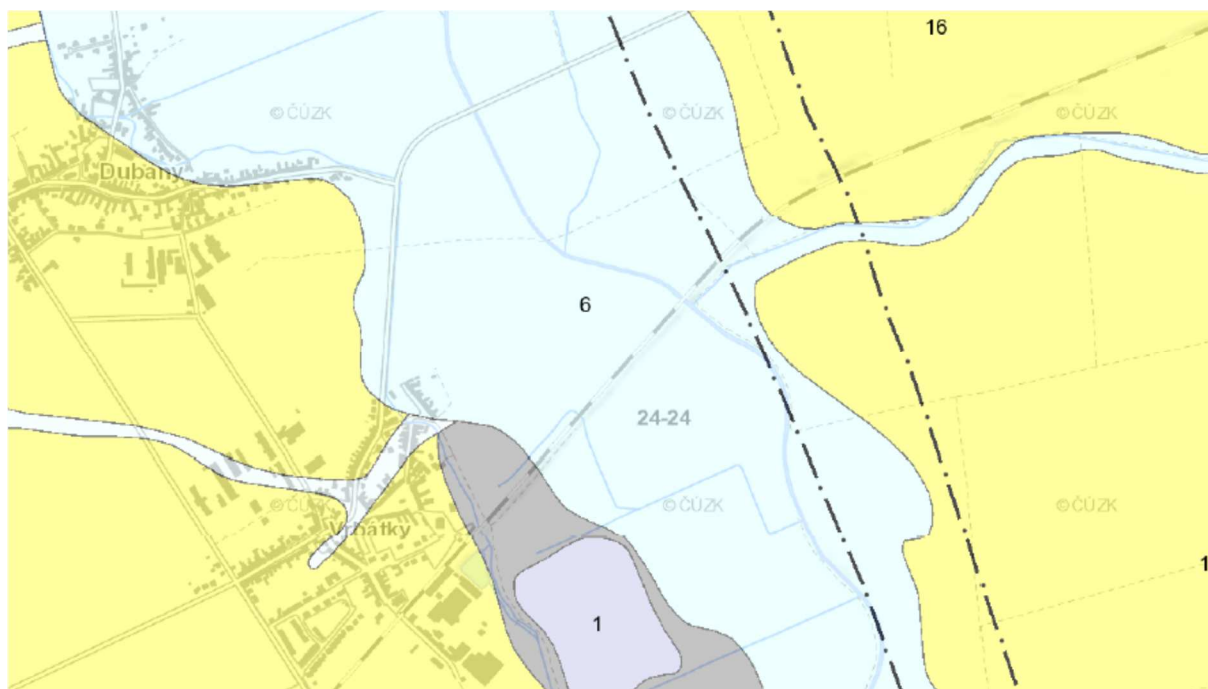
## 1/ Úvod a použité podklady

Předmětná etapa geologicko-průzkumných prací na lokalitě byla provedena za účelem posouzení lokality z hlediska podmínek projektované výstavby vodní nádrže situované severovýchodně od obce Vrbátky podél vodoteče Blata. Náplní průzkumných prací bylo objasnění inženýrsko-geologických a hydrogeologických poměrů v místě průběhu projektované výstavby jednotlivých objektů, zemní hráze, zátopy a zjištění údajů o poměrech nalezišť sypanin a jejich kvalitativní a kvantitativní posouzení a zhodnocení použitelnosti pro výstavbu homogenní zemní hráze. Naleziště sypanin, které budou vyhovovat pro výstavbu hráze se za dodržení určitých podmínek vyskytují přímo v daném prostoru.

## 2/ Přírodní poměry

Geograficky se území nachází v oblasti Hornomoravského úvalu, kdy osu území tvoří Středomoravská niva, na kterou na západě navazuje Prostějovská pahorkatina a na východě Uničovská plošina. Nejstarší geologickou jednotkou mapy je krystalinikum brunovistulika prekambriického stáří, o němž předpokládáme, že tvoří podklad celého území, ačkoliv je známo jen z jediného malého výchozu. Na krystalinikum nasedá devonské bazální klastické souvrství tvořené křemitými pískovci až slepenci a křemenci. Po krátkém hiátu následují slabě rekrystalované karbonáty. Po dlouhém období zvětrávání a denudace se v miocénu stalo území součástí karpatské předhlubně. Uložení mořského miocénu (sp. baden) jsou zachovány ve vývoji vápnatých jílu, ojediněle s vložkami písků a písčitých vápenců.

*Geologická situace 1 : 20 000*



## Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity

## Region nerozlišen

## kvartér

## Jednotka nerozlišena

16	spraš a sprašová hlína
6	nivní sediment
1	navážka, halda, výsypka, odval
22	písek, štěrk

Neogénní sedimentace pokračovala po změně paleogeografické situace pliocénním souvrstvím, které náleží pliocénu Hornomoravského úvalu. Pliocénní souvrství reprezentuje velmi mnohotvárná paleta klastických sedimentů nejrozličnějších barev.

Na povrchu (často v podloží spraší) se vyskytuje poloha 0,1–1,0 m hnědookrového jílovitého štěrku s výhradně křemennými, dobře opracovanými valouny. Z hlediska kvartérního vývoje spadá území do akumulární extraglaciální oblasti českého masivu, blíže do kvartéru moravských úvalů.

Z hlediska platné hydrogeologické rajonizace se území nalézá v oblasti základního hydrogeologického rajónu 2220 - *Hornomoravský úval, útvary podzemních vod č. 22203 - Hornomoravský úval-střední část., svrchní hydrogeologický rajón č. 1623 – Pliopleistocén Blaty, útvary podzemních vod, č.16230 – Pliopleistocén Blaty*. Ztížené podmínky pro oběh podzemních vod jsou v soudržných spodnobadenských vápnitých jílech až jílovcích (téglech), které i navzdory přítomnosti písčitých poloh s mocností až do 1 m vytvářejí velmi nepříznivé prostředí pro infiltraci, proudění jakož i akumulaci podzemních vod. Hydrogeologický význam neogenních sedimentů spočívá především v tom, že vytvářejí počevní izolátor nadložním průlinovým kolektorům, ve kterých tak umožňují akumulaci vodárensky významných zásob podzemních vod.

Koeficienty filtrace sedimentů neogénu se pohybují v řádech  $10^{-10}$  až  $10^{-8}$  m.s<sup>-1</sup>. Této propustnosti odpovídá i nízká až velmi nízká transmisivita (Krásný 1986). Pliopleistocenní sedimenty (takto jsou označovány uloženiny pliocénu a kvartéru v superpozici s obtížně stanovitelnou hranicí) jsou charakterizovány častým nepravidelným střídáním jílu, prachů, jemnozrnných až hrubozrnných písků a vzácněji i štěrků. To dokazují vysoké jednotkové specifické vydatnosti hydrogeologických jímácích vrtů vyhloubených ve fluviálních písčitých štěrcích holocénu údolních niv nebo v nižších pleistocenních terasách na podloží pliocénních sedimentů.

Vzhledem k nemožnosti spolehlivě rozlišit v geologických profilech vrtů jednotlivé stratigrafické jednotky kvartéru (a pliocénu), vychází koncepce popisu hydrogeologických poměrů z předpokladu, že dochází ke vzájemné hydraulické komunikaci podzemní vody v průlinových kolektorech holocénu, pleistocénu a nepravidelně se střídajících průlinových kolektorů a izolátorů pliocénu. Podložní izolátor mohou tvořit vápnité jíly spodního badenu a kulm.

Podzemní vody průlinových kolektorů vyšších terasových stupňů, jejichž nepropustné podloží leží nad erozní bází, jsou dotovány výhradně vsakem atmosférických srážek. Jeho výše se řídí především velikostí infiltrační plochy dané rozlohou těchto teras a je redukována sprašemi a sprašovými hlínami. Významnou skupinu kolektorů podzemních vod kvartérních sedimentů tvoří nízké terasy a údolní nivy, které spolu vzájemně hydraulicky komunikují a jsou současně také v hydraulické spojitosti s vodou povrchových toků, neboť jejich nepropustné podloží sahá pod místní erozní bázi. Podzemní voda mělce uložených kolektorů proudí ve spodním, převážně písčito-šterkovitém souvrství, které je v rozsahu údolních niv kryto povodňovými hlínami s izolačními vlastnostmi. Z klimatického hlediska území spadá převážně do teplé oblasti s mírnou zimou. Podle klimatické rajonizace (Quitt 1971) tedy patří území mapového listu do teplých a mírně teplých klimatických regionů, které se vyznačují dlouhým a teplým suchým létem, krátkými a teplými přechodnými obdobími, krátkou mírně teplou zimou a velmi krátkým trváním sněhové pokrývky

Lokalita se nachází v ochranném pásmu II. stupně jímacího území Hrdibořice -studny

### ***3/ Výsledky průzkumných prací***

Sondážní práce formou kopaných sond proběhly v průběhu měsíce ledna 2020. Posuzovaná lokalita se nachází v rovinatém terénu Hornomoravského úvalu. Pod svrchním horizontem humózních hlín o mocnosti v rozmezí cca 0,4-0,6 m se vyskytují fluvialní sedimenty o relativně homogenním litologickém složení charakteru jílovitých a jílovito-písčitých zemin zatříděné jako středně plastické až písčité jíly dle ČSN 75 2410 jako třída CI – CS, místy s písčitými polohami, přecházející v hloubkové úrovni cca 2,4 -3,0 m p.t. ve zvodnělé šterky. Konzistence soudržných zemin je místně i prostorově proměnlivá v závislosti na vlhkosti těchto zemin a podílu písčité a jílovité složky, od pevné směrem do podloží se zvyšující se vlhkostí tuhé až polotuhé konzistencí o minimálně ověřené mocnosti souvrství cca 2,0 m. místy se v daném profilu vyskytují polohy s vyšším podílem organické složky.



## Profily sond

### KS 1

m p.t.

0,0-0,5 ornice

0,5-1,7 jílovito-písčítá hlína, tuhá-pevná, černohnědá CI

1,7-2,4 šedé písčité jíly, tuhé polotuhé, vyšší podíl organické složky CS

2,4-3,0 štěrkopísky zahliněné, zvodnělé G-F

Naražená voda 2,4 m p.t.

Ustálená voda 1,0 m p.t.



### KS 2

m p.t.

0,0-0,5 ornice

0,5-1,5 jílovito-písčítá hlína, tuhá-pevná, černohnědá CI

1,5-2,5 šedé písčité jíly, tuhé polotuhé, vyšší podíl organické složky CS

2,5-3,0 štěrkopísky zahliněné, zvodnělé G-F

Naražená voda 2,5 m p.t.

Ustálená voda 2,0 m p.t.





**KS 3**

m p.t.

0,0-0,6 ornice

0,6-0,8 jílovito-písčítá hlína, tuhá-pevná, černohnědá CI

0,8-2,2 žlutohnědé, jílovito-písčité hlíny, tuhé, s písčitými polohami o mocnosti do 0,1 m CI

2,2-3,2 šedé písčité jíly, tuhé polotuhé, vyšší podíl organické složky CS

3,2-3,5 štěrkopísky zahliněné, zvodnělé G-F

Naražená voda 3,2 m p.t.

Ustálená voda 2,8 m p.t.

**KS 4**

m p.t.

0,0-0,6 ornice

0,6-1,0 jílovito-písčítá hlína, tuhá-pevná, černohnědá CI

1,0-1,8 žlutohnědé, jílovito-písčité hlíny, tuhé, s písčitými polohami o mocnosti do 0,1 m CI

1,8-2,6 šedé písčité jíly, tuhé polotuhé, vyšší podíl organické složky CS

2,6-3,0 štěrkopísky zahliněné, zvodnělé G-F

Naražená voda 2,6 m p.t.

Ustálená voda 2,0 m p.t.



Tab. č. 2 Fyzikální a indexové vlastnosti vzorků zemín

Vzorek	Hloubka ( m )	Třída a symbol	w ( % )	w <sub>L</sub> ( % )	w <sub>P</sub> ( % )	I <sub>p</sub>	I <sub>c</sub>
VZ-1	1,5	F8 CH	28,1	52	28	24	1,01
VZ-2	2,0	F6 CL	28,1	32	20	11	0,25
VZ-3	2,5	G3 G-F	13,0	-	-	-	-

Tab. č.1 - charakteristika převládajících typů zemín

Zemina	ČSN 75 2410 Znak zeminy	ČSN 752410 Homogenní hráz	Propustnost ČSN 75 24 10 – m.s <sup>-1</sup>
jílovito-písčité zeminy	CI-CL-CS	Vhodná až výborná	Málo propustná až nepropustná n.10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-8</sup>
šterkopísky,	G-F	nevhodné	propustné n.10 <sup>-4</sup>

**Geotechnické vlastnosti podloží zemín***geotechnické vlastnosti zemín*

Jak bylo uvedeno, zeminy nacházející se na lokalitě jsou převážně fluviálního původu, kdy ve svrchním horizontu se jedná o jílovité zeminy charakteru nízko až vysoce plastických jílů, případě vyšší ho podílu písčité složky pak písčitých jílů až jílovitých písků při daných doporučených fyzikálně mechanických-vlastnostech :

**Jílovité hlíny, jíly – konzistence tuhá - měkká F6 CI - CL**

$$E_{def} = 2-6 \text{ MPa}$$

$$c_u = 0,02-0,05 \text{ MPa}$$

$$\varphi_u = 0^\circ$$

$$c_{ef} = 0,004-0,01 \text{ MPa}$$

$$\varphi_{ef} = 15-17^\circ$$

$$\nu = 0,40$$

$$\beta = 0,47$$

$$\rho_n = 2 \text{ } 100 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$R_{dt} = 50-100 \text{ kPa}$$

**Písčitý jíl – jílovité písky F4 CS – S5 SC**

$$E_{def} = 10 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,35$$

$$c_{ef} = 0,01 \text{ MPa}$$

$$\varphi_{ef} = 28^\circ$$

$$\rho_n = 1 \text{ } 850 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$R_{dt} = 150 \text{ kPa}$$

## Štěrkopísky

Vlastnosti středně ulehých a zvodnělých štěrkopísků vyjadřují následující průměrné hodnoty směrných normových charakteristik.

$$E_{def} = 80 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,25$$

$$c_{ef} = 0$$

$$\varphi_{ef} = 35^\circ$$

$$\rho_n = 1\,900 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$R_{dt} = 300 \text{ kPa}$$

### *Podzemní voda*

První mělký horizont podzemní vody byl zastižen v hloubkové úrovni cca 2,4-3,2 m p.t.. Jedná se o zvodně s mírně napjatou hladinou (ustálená hladina cca 1,0-1,5 m p.t.), kdy je zřejmé, že průběh hladiny podzemní vody a směr infiltrace těchto vod je proměnlivý a úzce závislý na morfologii terénu, klimatických činitelích a úrovni hladiny v přilehlé vodoteči.

### *Chemismus podzemních vod*

Ve smyslu ČSN EN 206-1, tabulka 2 se z hlediska chemického působení vody na beton jedná o slabě agresivní chemické prostředí (XA1) vzhledem ke zvýšeným koncentracím síranů.

### *Vyhodnocení výsledků průzkumných prací*

Jak vyplývá z výsledků posouzení, propustnost jílovitých zemin svrchního horizontu vyskytujících se na lokalitě je v přirozeném stavu nízká. V prostoru projektované výstavby se pod svrchním horizontem humózních hlín, případně poloh s vyšším obsahem organické složky, vyskytují soudržné jílovité zeminy o rozdílné konzistenci v závislosti na pozici a genetickém původu těchto zemin, kdy z hlediska kvalitativního se jedná v převážné většině o středně až vysoce plastické jíly o tuhé až polotuhé konzistenci o minimální mocnosti cca 1,5 m.

Výskyt privilegovaných cest podzemní vody je možno předpokládat od hloubkové úrovně cca 2,5-3,2 m p.t.

**Z hlediska zakládání** hráze je nutno přepokládat, že v podloží části hráze se jedná o typ stlačitelné základové půdy, dlouhodobě konsolidující. Při vysychání jílovitých zemin dochází ke smršťování zeminy, které může způsobit poruchy konstrukcí na ní založených.

Při realizaci zemní hráze je nutné sledovat homogenitu podložních zemin v prostoru založení hráze a v případě výskytů nehomogenit přizvat projektanta a geologa. Zeminy v prostoru posuzované zátopy, které jsou předpokládány jako zemník, jsou z litologického hlediska kvalifikované převážně jako vhodné případně podmíněně vhodné.



V případě použití vlhčí zeminy jako konstrukčního materiálu je nutno počítat s tím, že pevnost vlhčí zeminy bude menší a její celkové sedání větší. Důsledkem toho se však dosáhne menší propustnosti zemin.

Vzhledem k charakteru zemin je nutno dbát při budování zemní hráze především na zavázání homogenní hráze do podloží a dále na postup sypání hráze. Jednotlivé vrstvy je nutno navázet až na předchozí zhutněnou vrstvu, jejíž povrch musí být urovnaný, ne však příliš vyschlý nebo hladký, aby bylo zaručeno dostatečné spojení obou vrstev a netvořily se předpoklady pro výskyt průsakových cest.

Je nutno zachovat podmínku, aby postup výstavby a technologie budování hráze byl v souladu s klimatickými a lokálními podmínkami a zvláště pak nepoužívat zeminu vodonasycennou, přemrzlou a přeschlou. Z hlediska únosnosti zemin v prostoru hráze se tato pohybuje vzhledem ke konzistenci zemin v rozmezí cca 50-100 kPa ( údolní niva, meandr ).

Při řešení stability podloží uvažovat, že jílovité zeminy v podloží násypu, nebudou stačit tak rychle konsolidovat, jako probíhá stavba násypu, a konsolidace bude probíhat dlouhodobě. Všechny materiál v tělese hráze musí být hutněn u soudržných zemin minimálně na 95 % maximální objemové hmotnosti sušiny podle standardní Proctorovy zkoušky.

Svislé stěny výkopů od hloubky 1,20 m je nutné chránit pažením plným s roubením dimenzovaným na mírně tlačivou zeminu. Okraje nepažených výkopů je nutné nezatěžovat výkopkem, stavebními stroji, automobily atd., jinak je třeba také pažit. V případě výskytu nesoudržných zemin je nutno použít pažení plné. Strojně vyhloubené krátkodobé rýhy, zářezy a jámy se strmými svahy do kterých nebudou pracovníci vstupovat se mohou nechat nezapažené. Sklony dočasných násypů by se podle druhu použitého materiálu a výšky svahu měli pohybovat v rozmezí 1 : 2 až 1 : 3.

Z hlediska použití odtěžených zemin v zájmovém prostoru pro konstrukci homogenní zemní hráze lze tyto zeminy posoudit převážně jako **vhodné, případně podmíněně vhodné** za výše uvedených podmínek. Bylo by vhodné předpokládat, že hloubka vlastní základové spáry hráze bude upřesněna na základě skutečných geologických poměrů zjištěných při výstavbě za účasti geologa-geotechnika a projektanta.

Vlastní realizace je nutná provádět za úzké spolupráce s projektantem a geologem-geotechnikem a to především při přejímce základové spáry jednotlivých objektů.

Při vlastním budování hráze je nutno kromě výše uvedeného sledování založení vlastního tělesa hráze dbát rovněž na stejnorodost použité zeminy a postup hutnění, aby se zamezilo výskytu pracovních ploch případně dalším komplikacím.

Základová spára v místě zemního těsnění musí být před navážením první vrstvy těsnící zeminy vlhká, ale bez stojící vody v prohlubních, aby bylo dosaženo dobrého spojení násypu s podložím a zabránilo se vytváření nežádoucích průsakových cest, které by mohli mít za následek ohrožení stability hráze. Doporučené sklony svahů hráze

Návodní 1 : 3,0

Vzdušní 1 : 2,0

V zátopě je nutno odstranit veškeré hmoty zhoršující nebo znemožňující z biologického nebo hygienického hlediska plnění účelu nádrže. Při vlastním odtěžování zemin v prostoru zátopy je nutno brát na zřetel aby nedošlo k porušení přirozených nepropustných pokryvů a zhoršení průsakových poměrů v podloží hráze a případně i v zátopě. Odtěženou humózní zeminu a zeminu s vyšším obsahem organické složky nelze použít jako těsnící ani konstrukční zeminu. Vzhledem k předpokládané variabilitě konstrukční zeminy je nutno dbát v průběhu stavby na provádění kontrolních zkoušek zemin z místa těžby a dále kontrolu zhutnění zemin ve smyslu ČSN 73 6850 Navrhování a kontrola provádění sypaných hrází a dále ČSN 72 1006 Kontrola zhutnění zemin a sypanin.

Zeminy na staveništi, v nichž budou prováděny zemní práce, jsou zařazeny dle požadavků ČSN 733050 převážně do 3. třídy těžitelnosti, při vyšší lepivosti zemin – norma je nahrazena ČSN 73 6133 – v daném případě je třída těžitelnosti I. Svislé stěny výkopů od hloubky 1,20 m je nutné chránit pažením plným s roubením dimenzovaným na mírně tlačivou zeminu.

Okraje nepažených výkopů je nutné nezatežovat výkopkem, stavebními stroji, automobily atd., jinak je třeba také pažit.

Z hlediska **ochrany hydrogeologických poměrů** musí být veškeré práce prováděny tak, aby nedošlo k ohrožení (znehodnocení), kvality a množství povrchových a podzemních vod.

#### ***Vlastní opatření:***

- Zemní práce musí být provedeny v co možná nejkratším termínu,
- Stroje používaná při výstavbě ( nákladní automobily, traktory, bagry apod. ) musí být v dobrém technickém stavu, který musí být ověřen před zahájením prací ( se zaměřením na úniky pohonných hmot a oleje ) a dále pak kontrolován denně ( řidičem, obsluhou a nadřízeným technikem ). Zjištěné závady musí být ihned odstraněny.
- Údržba, případně opravy strojů a mechanismů nesmí být prováděna v blízkosti povrchových toků. V případě činnosti mechanismů je doporučeno použití ekologických rychle rozložitelných olejů.

Z hlediska ochrany kvality a množství podzemních a povrchových vod v oblasti je možno konstatovat, že při splnění výše uvedených podmínek nedojde k ohrožení režimu a kvality podzemních, případně povrchových vod v zájmovém území a následně ohrožení kvantity či kvality jímaných vodních zdrojů nacházejících se v daném území

Na základě výsledků průzkumných prací lze konstatovat, že z hlediska geologického, geomorfologického a hydrologického lze lokalitu označit jako vhodnou pro daný záměr, kdy tento předpoklad je podmíněn výše uvedenými podmínkami.

Vypracoval: Ing. Albert Kmet'

