GEOtest	Odpovědný řešitel	Zpracovatel podkladů	Schválil
	Mgr. M. Novotný	HS geo s.r.o., Mgr. L. Machová	RNDr. L. Klímek, MBA

Objednatel:	Statutární město Brno, Dominikánské nám. 1, 601 67		
Název zakázky:	**Brno Bystrc Kamechy, předběžný geotechnický průzkum pro prodloužení tramvajové tratě**	Datum	červen 2016
		Číslo zakázky	15 7535
		Měřítko	
Název přílohy:	Hydrogeologický průzkum	Číslo přílohy	**9**
		Číslo výtisku	

Název zakázky:	Závěrečná zpráva hydrogeologického průzkumu pro akci „Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy“, předběžný geotechnický průzkum
Číslo zakázky:	160097_HG
Lokalita:	Bystrc – Kamechy, okr. Brno – město
Účel:	Posouzení hydrogeologických poměrů v rámci akce „Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy“ pro trasu i tunel
Etapa:	Předběžná
Investor:	Statutární město Brno Dominikánské nám. 1, 601 67

Vypracovala: Mgr. Lucie Machová

Datum vypracování: červen 2016

OBSAH

1 ÚVOD 1

1.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE 1
1.2 ROZSAH A CÍLE PRŮZKUMU 1

2 HYDROGEOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ 1

2.1 KLIMATICKÉ POMĚRY 1
2.2 HYDROLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY 3
2.2.1 Monitorování hladiny podzemní vody 5
2.2.2 Pasportizace vodních zdrojů 6
2.2.3 Hydrodynamické zkoušky 6
2.2.4 Shrnutí hydrogeologických poměrů 7
2.3 VSAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD 8

PŘÍLOHY

9.1 Měření HPV v monitorovacích vrtech
9.2 Pasporty vodních zdrojů
9.3 Hydrodynamické zkoušky

1 ÚVOD

1.1 Základní údaje

Statutární Město Brno zastoupené Ing. Petrem Vokřálem si na základě smlouvy o dílo č. 5616050479 objednalo provedení předběžné etapy geotechnického průzkumu pro stavbu „Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy" pro trasu a tunel. Veškeré práce jsou na základě společenské smlouvy řešeny akciovou společností GEOtest a.s a naší společnosti HS geo, s.r.o..

Předkládaná závěrečná zpráva hydrogeologického průzkumu předběžné etapy GTP má za úkol zhodnotit hydrogeologické poměry v rámci úseku prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy.

1.2 Rozsah a cíle průzkumu

Na základě požadavků investora a podle smlouvy o dílo je nutno provést hydrogeologicko-průzkumné práce v následujícím rozsahu:

- rekognoskace terénu
- hydrogeologická dokumentace, pasportizace stávajících vodních zdrojů
- režimní měření v hydrogeologických monitorovacích vrtech
- zajištění dat z ČHMÚ – srážkové úhrny, hladiny podzemní vod v nejbližších monitorovaných vrtech
- provedení hydrodynamických zkoušek na monitorovacích vrtech
- zhodnocení všech získaných informací v závěrečné zprávě.

Cílem prováděného hydrogeologického průzkumu je ověření hydrogeologických poměrů v posuzovaném úseku, ale i v širším okolí. Na základě provedených průzkumných prací je potřeba:

- ověřit úrovně hladin podzemních vod,
- vyhodnotit hydrodynamické zkoušky na monitorovacích vrtech,
- zhodnotit vliv klimatických poměrů na hladinu podzemní vod,
- posoudit možnost likvidace srážkových vod z prostoru projektované trati.

2 HYDROGEOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ

2.1 KLIMATICKÉ POMĚRY

K proměnlivým faktorům, které v zájmovém území ovlivňují kolísání hladiny podzemní vody a tím i velikost dotace podzemních vod, patří především klimatické poměry, přičemž z hydrogeologického hlediska jsou důležité zejména teplotní a srážkové poměry a hodnoty výparu z povrchu půdy.

Z hlediska klimatických poměrů má vliv na podnebí členitost reliéfu. S nadmořskou výškou zpravidla klesá teplota a rostou atmosférické srážky. Počasí je velmi proměnlivé a

nestálé, nepravidelně se střídají období teplá a studená, suchá a vlhká, a to jak během jednoho roku, tak i v průběhu řady let za sebou.

Na základě klimatického členění (Quitt 1971) spadá zájmová lokalita do oblasti **MT 11**, tzn. do mírně teplé oblasti, která je charakterizována dlouhým, teplým a suchým létem. Přechodné období je krátké, s mírně teplým jarem a podzimem. Zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky. Podrobnější údaje o oblasti MT 11 jsou uvedeny v následující tabulce č. 1.

Tabulka 1 Klimatické charakteristiky oblasti MT 11

Charakteristiky	***Parametr***
Počet letních dnů	40 - 50
Počet dnů s teplotou vyšší než 10°C	140 – 160
Počet mrazových dnů	110 – 130
Počet ledových dnů	30 – 40
Průměrná teplota v lednu [°C]	-2 až -3
Průměrná teplota v dubnu [°C]	7 – 8
Průměrná teplota v červenci [°C]	17 – 18
Průměrná teplota v říjnu [°C]	7 – 8
Počet dnů se srážkami ≥1 mm	90 – 100
Úhrn srážek ve vegetačním období [mm]	350 – 400
Úhrn srážek v zimním období [mm]	200 – 250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50 – 60
Počet zamračených dnů	40 – 50
Počet jasných dnů	120 – 150

Nejbližší klimatická stanice, která má dlouhodobé sledování teplotních poměrů se nachází v Brně - Žabovřeskách. Za posledních 10 let byly zakoupeny hydrometeorologická data – srážkové úhrny od ČHMÚ v Brně a jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka č. 2 Srážkové úhrny, Brno – Žabovřesky

ROK / MĚSÍC	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Roční úhrn
2006	33,5	31,2	76,9	68,3	72,4	65,3	41,8	183,2	14,6	16,2	21,1	21,6	646,1
2007	47,4	31,1	65,5	2,1	34,8	31,3	35,2	36,6	81,8	31,4	43,5	18,3	459,0
2008	20,4	8,3	37,3	49,2	44,1	73,7	56,8	43,1	44,3	23,5	36,1	21,9	458,7
2009	20,7	60,9	71,1	5,1	42,3	107,4	118,2	24,5	15,2	33,3	50,3	48,0	597,0
2010	70,9	18,6	14,1	51,6	118,0	95,6	100,7	88,3	77,5	9,5	46,5	30,7	722,0
2011	15,6	2,1	47,8	19,7	46,2	45,8	88,9	40,6	37,8	16,9	0,0	16,9	378,3
2012	35,7	10,6	2,7	17,9	28,4	72,6	60,9	77,9	32,0	47,8	19,4	37,8	443,7
2013	26,5	50,6	55,8	19,5	120,0	117,4	1,8	69,9	59,7	36,1	23,0	8,4	588,7
2014	27,3	13,4	14,3	18,0	67,4	22,1	162,4	85,1	144,5	49,6	31,5	33,7	669,3
2015	26,4	10,9	35,2	9,8	54,7	31,3	39,4	69,9	18,2	56,1	26,3	15,9	394,1
Průměr	32,4	23,8	42,1	26,1	62,8	66,3	70,6	71,9	52,6	32,0	29,8	25,3	535,7

Z dlouhodobého sledování ročního úhrnu srážek vyplývá, že srážkové úhrny mají klesající tendenci. Pouze v roce 2011 byl nižší úhrn srážek než v roce 2015, jinak byly

předcházející roky srážkově vydatnější. Srážkové úhrny mají hlavní podíl na doplňování zásob podzemních vod.

Průměrné rozdělení atmosférických srážek během roku je z hydrogeologického hlediska nevýhodné, poněvadž největší množství srážek spadne převážně v letních měsících (ve vegetačním období), kdy je ovšem největší výpar a také je největší spotřeba vody vegetací. Při přívalových deštích zase převládá povrchový odtok. Proto ve vegetačním období (v měsících 4 - 9) se zásoby podzemních vod vlivem infiltrace srážek do horninového prostředí moc netvoří a hladiny podzemní vody mají spíše klesající tendenci. K největšímu obohacování zásob podzemních vod dochází zejména při jarním tání sněhové pokrývky a částečně též i při podzimních srážkách, kdy hodnoty výparu podstatně klesají.

2.2 HYDROLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmová oblast je součástí hydrologického pořadí 3. řádu č. ***4-15-01*** ***„Svratka po Svitavu“*** Z velké části je tramvajová trasa vedena územím, které spadá do hydrologického pořadí 4. řádu s číslem ***4-15-01-1500-0-00*** s názvem ***„Vrbovec“*** a menší úsek (od cca 0,8 km do cca 1,15 km) hydrologického pořadí 4. řádu s číslem ***4-15-01-1470-1-00*** s názvem ***„Svratka“*** (HEIS, 2006a).

Z hlediska hydrogeologické rajonizace podzemních vod České republiky (HEIS, 2006b) náleží zájmové území k hydrogeologickému rajónu ***6570*** s názvem ***„Krystalinikum brněnské jednotky“*** a do stejnojmenného útvaru podzemní vody základní vrstvy s označením ***65700***.

Na zájmové lokalitě dominují horniny brněnského masívu (granodiority, diority, metabazalty), které jsou překryty neogenními sedimenty, na nichž spočívají kvartérní (svahové, eolickodeluviální a splachové) sedimenty.

Provedenými vrty byly převážně ověřeny horniny ***brněnského masívu***. V celé ploše rozšíření tohoto hydrogeologického masívu převažuje puklinový kolektor s proměnlivým podílem průlinové porózity v pásmu připovrchového rozpukání a rozpojení hornin. Oběh podzemních vod probíhá převážně v tomto připovrchovém pásmu. Hlubší oběh možno očekávat u tektonicky porušeného brněnského masívu především v dosahu propustnějších poruchových zón. Hloubka oběhu je dána pozicí místní erozní báze, hladina podzemní vody je většinou volná a sleduje konformně terén. K infiltraci dochází prakticky v celé ploše výchozové části hydrogeologického masívu v závislosti na míře propustnosti kvartérních sedimentů a zvětralinových produktů. Propustnost horninového prostředí je dána především rozměry, uspořádáním puklin, mírou rozevřenosti puklin a charakterem jejich sekundární výplně. Horniny brněnského masívu jsou do značných hloubek, zpravidla několik desítek metrů silně tektonicky porušeny, a tato pásma působí jako drény okolních puklinových systémů a zprostředkovávají tak transit podzemní vody do hlubších částí hydrogeologického masívu. Nejvýznamnější oběhové cesty existují na příčných a podélných tektonických poruchách, které drénují podzemní vodu z jejich bezprostředního okolí i ze vzdálenějších oblastí. K hlavnímu odvodnění podzemních vod z brněnského masívu dochází obvykle v úrovni nebo nad úrovní místní erozní báze a je orientováno generelním směrem k jihovýchodu do karpatské předhlubně.

Prostřední část projektované tramvajové tratě povede ***v pásmu připovrchového rozpojení a rozpukání hornin krystalinika***, které je zde zastoupeno průlinově propustnými eluviálními štěrkopísky a silně rozpukanými granitoidními horninami, se štěrkovitopísčitou výplní puklin.

Tyto štěrkopísky jsou dosti slabě až dosti silně propustné patřící k V. až III. třídě dle klasifikace propustnosti (Jetel, 1982) s koeficientem filtrace od řádu n.E-6 až n.E-4, ojediněle až n.E-3. Převažuje zde průlinová až průlinovo-puklinová propustnost, hladina podzemní vody bývá často volná nebo mírně napjatá – díky nadložním jílovitým sedimentům.

Kvartérní sedimenty jsou převážně zastoupené jílovitými hlínami proměnlivě písčitými, místy štěrkovitými. Z hydrogeologického hlediska představují tyto sedimenty poloizolátor a částečně tak chrání hlouběji uložená zvodnění před antropogenním znečištěním. Kvartérní pokryv byl hlavně ověřen na začátku úseku do km cca 0,7 a potom od km cca 1,3 do konce úseku. V rámci těchto sedimentů byla ověřena hladina podzemní vody pouze ve vrtech J 7 a HV 8. Jde o průlinově propustné sedimenty, velmi slabě propustné s koeficientem filtrace <3,0E-8 m/s (stanoveno ze zrnitostních křivek). Hladina podzemní vody je mírně napjatá. Jedná se spíše o nepatrnou akumulaci podzemní vody než o zvodnění, kdy se srážková voda zasakuje přes slabě propustné sedimenty a na kontaktu s méně propustnými sedimenty se tak vytváří nepatrná akumulace podzemní vody. Tato podzemní voda pak odtéká ve směru úklonu nepropustného podloží k nejbližšímu povrchovému toku.

Neogenní sedimenty, které byly ověřeny v úseku od cca km 0,1 do cca km 0,7 a potom na konci úseku kolem km 1,5, jsou převážně zastoupeny málo propustnými až nepropustnými neogenními jíly, které se nepravidelně střídají s polohami proměnlivě jílovitých a štěrkovitých písků. Z hydrogeologického hlediska jsou jíly považovány za stropní izolátor, který chrání hlouběji uložená zvodnění před antropogenními vlivy. Písky a štěrkopísky pak představují kolektor, na nějž je vázána podzemní voda. Jde o průlinově propustné sedimenty. Díky nadložním jílům, bývá často hladina podzemní vody negativně napjatá, což bylo ověřeno i nově provedenými vrty. Koeficient filtrace jílovitých písků proměnlivě štěrkovitých se pohybuje v rozmezí n.E-8 až n.E-6 m/s, což je prostředí velmi až dosti slabě propustné patřící k VII. až V. třídě dle klasifikace propustnosti (Jetel, 1982). Generelní směr proudění podzemní vody v rámci neogenních sedimentů je k JV do karpatské předhlubně.

V následující tabulce jsou uvedeny zastižené naražené a ustálené hladiny podzemní vody v provedených vrtech.

Tabulka č. 3 Naražené a ustálené hladiny podzemních vod

Vrt č.	Hloubka vrtu	Hladina podzemní vody			
		naražená		ustálená	
	m	m	m n. m.	m	m n. m.
J 1	6				
J 2	15	11,5	291,1	9,2	293,4
J 3	8			7,1	296,0
J 4	15	vlhko 9,5	295,2	14,7	290,0
J 5	21,5	*)		14,0	307,3
J 6	15	*)		14,2	314,4
J 7	10	-	-	-	-
HV 8	6	2,8	326,0	2,2	326,6
		4,5	324,3		
J 9	30	11,5	324,4	11,2	324,7
J 10	25	**)		11,5	334,5
J 11	25	11,5	334,5	11,2	334,8

Vrt č.	Hloubka vrtu	Hladina podzemní vody			
		naražená		ustálená	
	m	m	m n. m.	m	m n. m.
J 12	25	*)			
HV 13	30	12,3	340,1	12,0	340,4
J 14	30	12,5	336,4	10,6	338,3
J 15	24	11,5	336,3	3,6	344,2
J 16	24	*)		3,4	334,5
J 17	15	11,5	328,5	10,7	329,3
J 17a	16	10,5	329,5	6,0	334,0
HV 18	15	8,3	325,3	8,3	325,3
J 19	15	8,7	316,0	5,9	318,8
J 20	10	2,0	316,7	1,3	317,4
J 21	12	5,8	309,7	4,1	311,4
J 22	10	6,7	311,7	3,1	315,3

*) do hloubky počátku použití technologie vrtání na vodní výplach nebyla HPV zastižena
**) naražení HPV nebylo v průběhu vrtání zřetelné

2.2.1 Monitorování hladiny podzemní vody

Režim podzemních vod je proces, představující jednotlivá stadia formování podzemních vod, probíhající za působení různých činitelů, přičemž jednotlivé faktory se navzájem ovlivňují. K základním charakteristikám režimu podzemních vod patří zejména dlouhodobé sledování kolísání hladiny podzemní vody, za účelem zjištění jejích extrémních stavů (jak vysoko, resp. jak hluboko leží hladina podzemní vody ve velmi vlhkém i ve velmi suchém období). Z tohoto důvodu byly v rámci předběžné etapy navrženy k realizaci 3 monitorovací objekty (HV 8, HV 13 a HV 18), na kterých se bude průběžně sledovat hladina podzemní vody během jednotlivých etap, a dále před samotnou stavbou, při stavbě a po stavbě. Údaje o ustálených HPV během předběžné etapy jsou uvedeny v příloze č. 9.1"Měření HPV v monitorovacích vrtech".

Z ČHMÚ byly získány data o nejbližším dlouhodobě sledovaném vrtu, a tím je vrt v Jinačovicích, evidovaný Českým hydrometeorologickým ústavem pod č. VB9811. Vrt spadá do povodí 4-15-01 Svratka po Svitavu a je průběžně monitorován pracovníky ČHMÚ. Nadmořská výška vrtu je 288,09 m n. m. Údaje o stavu HPV za období říjen 2007 až prosinec 2015 jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka č. 4 Hladina podzemní vody ve vrtu VB9811 - Jinačovice (převzato od ČHMÚ)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2007										267,153	267,174	267,181
2008	267,191	267,191	267,200	267,190	267,188	267,184	267,140	267,108	267,075	267,050	267,043	267,038
2009	267,028	267,029	267,055	267,045	266,990	266,977	267,038	267,022	266,965	266,928	266,927	266,908
2010	266,902	266,863	266,916	266,909	266,945	266,994	266,966	266,982	267,005	267,045	267,081	267,134
2011	267,182	267,219	267,255	267,351	267,409	267,471	267,520	267,575	267,638	267,698	267,738	267,787
2012	267,835	267,880	267,904	267,931	267,941	267,964	267,986	268,000	268,006	268,019	268,030	268,017
2013	268,025	268,019	268,049	268,032	268,055	268,089	268,079	268,040	268,037	268,025	268,018	267,991
2014	267,995	267,976	267,961	267,943	267,921	267,906	267,898	267,944	268,004	268,046	268,034	268,054
2015	268,059	268,036	268,053	268,074	268,091	268,093	268,103	268,108	268,108	268,108	268,113	268,092

Během tohoto období je patrné, že hladina podzemní vody osciluje a z dlouhodobého hlediska má mírně stoupající trend (rozdíl za posledních 8 let je až 1,054 m). Dalším objektem – vrtem v rámci monitorovací sítě ČHMÚ v blízkosti projektované stavby tramvajové trati je vrt v Žebětíně. Ten je však přetokový, takže na něm (dle sdělení pracovnice ČHMÚ) neprobíhají žádná měření.

2.2.2 Pasportizace vodních zdrojů

V rámci předběžné etapy byly zmapovány vodní zdroje (domovní studny), které se nachází do vzdálenosti cca 500 m od plánované trasy prodloužení tramvajové trati na Kamechy, za účelem podchycení současného stavu úrovní hladin podzemních vod.

Při rekognoskaci terénu bylo zjištěno, že v blízkosti zájmové trasy severně při ulici Vejrostova (v zahrádkářské kolonii) má vrtanou či kopanou studnu téměř každá zahrada. Na jih od projektované trasy pod ulicí Kamechy – v zahrádkářské kolonii, má pravděpodobně každá druhá zahrada také studnu. Pro pasportizaci byly vybrány reprezentativní studny – celkem 4 stávající vodní zdroje. 3 studny (st 1, st 2 a st 3) jsou situovány ve vzdálenosti cca 100 m severně od trasy a 1 studna (st 4) byla zaměřena cca 500 m jižně od trasy.

Všechny vodní zdroje jsou vrtané studny, které jsou vázáné na připovrchovou zónu rozvolnění a rozpukání hornin krystalinika.

Seznam zmapovaných vodních zdrojů (výtah) je uveden v následující tabulce. Kompletní dokumentace je dokladována v příloze č. 9.2 „Pasporty vodních zdrojů". Pasportizované vodní zdroje jsou pod pořadovým číslem zakresleny v situaci průzkumných sond (příloha č. 2 předběžné GTP).

Tabulka č. 5 Pasportizace vodních zdrojů

Pořadové číslo	k. ú. Bystrc	Majitel
st 1	p. č. 3143/2, č. ev. 2143	Ing. Michal Dvořáček
st 2	p. č. 2555, č. ev. 2786	Rostislav Mikulčák
st 3	p. č. 2550, č. ev. 2786	manželé Zemánkovi
st 4	p. č. 2307/2	manželé Karasovi

V podrobné etapě je nutné vytipovat některé vodní zdroje, na kterých by se před zahájením stavby a poté i během stavby a po ukončení stavby sledovala hladina podzemní vody a její kvalita.

2.2.3 Hydrodynamické zkoušky

Na monitorovacích vrtech HV 8, HV 13 a HV 18 byly v rámci předběžné etapy provedeny hydrodynamické zkoušky v délce trvání 24 hodin za účelem zjištění přítoku (vydatnosti) podzemní vody do vrtů.

U všech vrtů bylo nastaveno konstantní čerpané množství, které se v určitých časových intervalech měřilo kalibrovanou nádobou.

Nejvydatnějším vrtem je vrt HV 18, který se nachází v lokální depresi (sníženině), kterou přednostně odtékají srážkové vody a mělké podzemní vody (jde o tzv. privilegovanou cestu). Jde o úsek od cca km 1,1 až po konec trasy. Při čerpací zkoušce na vrtu HV 18 bylo zjištěno, že do vrtu přitéká cca 0,2 l/s, což je 17 280 l/24 h.

U vrtu HV 8 byla ověřena vydatnost pouze cca 75 l/24 h a u vrtu HV 13, který se nachází na nejvyšším místě trasy je vydatnost cca 15 l/24 h.

Vydatnosti jednotlivých vrtů se budou lišit na základě ročního období a s tím souvisejících srážkových úhrnů, teploty a výparu. Lze předpokládat, že vrty HV 13 a HV 8 budou v letních měsících suché.

Podrobnější informace o průběhu čerpacích a stoupacích zkoušek včetně grafického znázornění jsou uvedeny v příloze č. 9.3 „Hydrodynamické zkoušky".

2.2.4 Shrnutí hydrogeologických poměrů

Průzkumnými pracemi, které byly provedeny v rámci této etapy, byly ověřeny do km cca 0,7 a od cca 1,3 km do konce úseku kvartérní a neogenní jemnozrnné sedimenty plnící funkci izolátorů a nepravidelně se zastupující s polohami propustnějšími – písky a štěrky proměnlivě jílovitými či hlinitými plnící funkci kolektorů. Jde o sedimenty průlinově propustné s mírně napjatou hladinou podzemní vody.

V prostředním úseku od km cca 0,7 až 1,3 byla ověřena zóna rozvolnění a rozpojení hornin krystalinika. Podzemní voda je vázána na eluviální štěrkopísky průlinově propustné a na průlinovo-puklinově propustné zvětralé granitoidní horniny, ve kterých jsou pukliny vyplněny štěrkopísčitým materiálem.

Zvodnění jsou závislá na atmosférických srážkách, které infiltrují přes propustné vrstvy do větších hloubek krystalinika, příp. se zastaví na nepropustných neogenních jílech a odtékají ve směru jejich úklonu generelně k JV do karpatské předhlubně.

Směr proudění mělké podzemní vody je převážně konformně s terénem do dílčích depresí a odtud pak do nejbližších povrchových toků (Svratka, Vrbovec). Generelní směr proudění je pak k JV do karpatské předhlubně.

Vzhledem k tomu, že trasa povede převážně v zářezu do km cca 0,85 a pak v tunelu do km cca 1,1 – bude tak vedena pod hladinou podzemní vody. Je tedy nutné sledovat (monitorovat) hladinu podzemní vody v monitorovacích objektech a na vytipovaných stávajících vodních zdrojích – studnách, jestli nedochází vlivem stavby k poklesu hladiny podzemní vody či úplné ztrátě. Jelikož na vliv hladiny podzemní vody mají i srážky, teplota a výpar je nutné tyto zdroje a monitorovací objekty sledovat dlouhodobě - během další etapy průzkumu a samozřejmě i před započetím stavby samotné, v jejím průběhu, ale i po ní.

V úseku od km cca 1,1 až do konce bude trasa vedena v lokální sníženině – depresi, tzv. privilegované cestě, kudy přednostně odtéká povrchová voda – srážková a mělká podzemní voda – v tomto úseku lze očekávat zvýšený přítok podzemní vody během výstavby. V této části je situován monitorovací vrt HV 18, u kterého byl zjištěn přítok 0,2 l/s.

Je nutné upozornit na zranitelnost podzemních vod v prostřední části úseku, kde vychází eluviální zvětraliny na povrch a chybí zde tak krycí nepropustná vrstva. Podzemní vody jsou

zde tedy velice zranitelné na antropogenní znečištění. Je proto nutné v tomto úseku dbát zvýšené opatrnosti během budování stavby, ale i po jejím dokončení.

2.3 VSAKOVÁNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD

V první polovině úseku a od km cca 1,3 do konce úseku bude trať vedena v kvartérních hlínách, které mají malou zasakovací schopnost. Při plošném zasakování srážkových vod je toto prostředí schopno určité množství vody pojmout. Je však nutné upozornit, že při napojení vodou, jsou kvartérní hlíny nestabilní a rozbřídavé.

Zbytek úseku je veden v eluviálních zvětralinách brněnského masívu, které mají charakter slabě až silně propustných štěrkopísků a jsou všeobecně vhodné k zasakování srážkových vod.

U málo propustných až nepropustných sedimentů je třeba zvážit variantu bodového zasakování pomocí vystrojených vrtů či studní, do poloh více propustných – tj. písků a štěrků (kvartérních, neogenních či eluviálních). Do těchto propustných poloh, i když budou zastiženy suché je nutné zasáknuté srážky z komunikace odvádět přes vhodné odlučovače ropných látek. U tohoto řešení bude docházet k zasakování vod z povrchu trati do hlubších geologických poloh a je tedy nutné stanovit (např. v dokumentaci EIA) požadavky na čištění těchto vod, aby nedocházelo k ohrožení čistoty podzemních vod.

Pro přesné informace o schopnosti zasakování srážkových vod z tělesa tramvajové trati do horninového prostředí, je nutné zhotovit dočasně vystrojené vrty, které je třeba na základě již zjištěných geologických podmínek situovat do vhodných míst z hlediska zásakových podmínek (eluviální štěrkopísky bez zastižené HPV, štěrkovité polohy v rámci kvartéru či neogénu, ale i kvartérních hlín) a na nich provést vsakovací zkoušky – nálevové (tzv. slug test) pro zjištění koeficientu filtrace a koeficientu vsaku (dle ČSN 75 9010).

Na základě průzkumem zjištěného koeficientu vsaku a plochy odvodňovaného úseku lze potom navrhnout vhodný způsob vsakování srážek z plochy komunikace při zohlednění podmínek ochrany podzemních vod.

ZPRACOVATEL : Mgr.Lucie Machová		HS•geo	HS geo, s.r.o. Absolonova 2a 624 00 Brno
INVESTOR:	Statutární město Brno Dominikánské nám. 1, 667 01	hydrogeologie - inženýrská geologie - vrtné práce	
LOKALIZACE:	Bystrc - Kamechy, okr. Brno - město	číslo zakázky	160097_HG
Název stavby: **Prodloužení tramvajové trati Bystrc - Kamechy, GTP**		datum	červen 2016
		měřítko	
Název přílohy: **Měření HPV v monitorovacích objektech**		etapa předběžná	příloha č. **9.1**

Monitorovací vrt HV 8

hloubka: 6 m
nadmořská výška 328,79
Odměrný bod: chránička, +0,5 m
Datum hloubení: 29. 03 .2016

Datum měření	Hladina podzemní vody - ustálená		
	[m] od OB	[m n. m.] od OB	[m n. m.] od terénu
30.03.2016	2,2	326,59	326,09
01.04.2016	1,58	327,21	326,71
11.04.2016	1,7	327,09	326,59
20.04.2016	2,2	326,59	326,09
02.05.2016	2,4	326,39	325,89
16.05.2016	2,43	326,36	325,86
22.05.2016	2,42	326,37	325,87
30.05.2016	2,46	326,33	325,83

Monitorovací vrt HV 13

hloubka: 15 m
nadmořská výška 352,44
Odměrný bod: chránička, +0,43 m
Datum hloubení: 17. - 22. 03. 2016

Datum měření	Hladina podzemní vody - ustálená		
	[m] od OB	[m n. m.] od OB	[m n. m.] od terénu
21.03.2016	12	340,44	340,01
01.04.2016	12,3	340,14	339,71
11.04.2016	12,37	340,07	339,64
20.04.2016	12,38	340,06	339,63
02.05.2016	12,4	340,04	339,61
16.05.2016	12,4	340,04	339,61
22.05.2016	12,43	340,01	339,58
30.05.2016	12,49	339,95	339,52

Monitorovací vrt HV 18

hloubka: 15 m
nadmořská výška 333,56
Odměrný bod: chránička, +0,42 m
Datum hloubení: 4. - 5. 04. 2016

Datum měření	Hladina podzemní vody - ustálená		
	[m] od OB	[m n. m.] od OB	[m n. m.] od terénu
05.04.2016	8,3	325,26	324,84
11.04.2016	8,67	324,89	324,47
20.04.2016	8,61	324,95	324,53
02.05.2016	8,62	324,94	324,52
16.05.2016	8,61	324,95	324,53
22.05.2016	8,63	324,93	324,51
30.05.2016	8,64	324,92	324,5

ZPRACOVATEL : Mgr.Lucie Machová		HS•geo	HS geo, s.r.o. Absolonova 2a 624 00 Brno
INVESTOR:	Statutární město Brno Dominikánské nám. 1, 667 01	hydrogeologie - inženýrská geologie - vrtné práce	
LOKALIZACE:	Bystrc - Kamechy, okr. Brno - město	číslo zakázky	160097_HG
Název stavby: **Prodloužení tramvajové trati Bystrc - Kamechy, GTP**		datum	červen 2016
		měřítko	
Název přílohy: **Pasporty vodních zdrojů**		etapa předběžná	příloha č. **9.2**

PASPORTNÍ LIST

„Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy", předběžný GTP

Pořadové číslo	**St 1**	**Datum měření:**	28.04.2016
Majitel	Ing. Michal Dvořáček, Střední 804, 66442 Modřice		
Katastrální území, parcelní číslo/evidenční číslo	k.ú. Bystrc p. č. 3143/2, č. ev. 2143		
Typ hydrogeologického objektu Vrtaná studna		**Hloubka** **Stáří**	65,03 m 2016
Průměr, typ vystrojení: PVC zárubnice, průměr 125 mm			
Odměrný bod (OB) zárubnice, + 0,3 m nad terén			
Hladina podzemní vody od OB 21,08 m			
Využití zálivka, chata			
Poznámka			

PASPORTNÍ LIST
„Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy", předběžný GTP

Pořadové číslo	**St 2**	**Datum**	26.05.2016
Majitel	Rostislav Mikulčák, Bystrc č. ev. 1503, 63500 Brno		
Katastrální území, parcelní číslo/evidenční číslo	k.ú. Bystrc p. č. 2555, č. ev. 2786		
Typ hydrogeologického objektu Vrtaná studna		**Hloubka**	52 m
		Stáří	2007
Průměr, typ vystrojení: PVC zárubnice, průměr 125 mm			
Odměrný bod (OB) skruž, + 0,1 m nad terén			
Hladina podzemní vody od OB 12,39 m			
Využití zálivka, stavba pro rodinnou rekreaci			
Poznámka			

PASPORTNÍ LIST
„Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy", předběžný GTP

Pořadové číslo	**St 3**	**Datum měření:**	26.05.2016
Majitel	Rudolf Zemánek a Lenka Zemánková, Bystrc č. ev. 2786, 63500 Brno		
Katastrální území, parcelní číslo/evidenční číslo	k.ú. Bystrc p. č. 2550, č. ev. 2786		
Typ hydrogeologického objektu Vrtaná studna		**Hloubka** **Stáří**	55 m 2007
Průměr, typ vystrojení: PVC zárubnice, průměr 125 mm			
Odměrný bod (OB) skruž, + 0,35 m nad terén			
Hladina podzemní vody od OB 14,38 m			
Využití zálivka, stavba pro rodinnou rekreaci			
Poznámka			

PASPORTNÍ LIST
„Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy", předběžný GTP

Pořadové číslo	**St 4**	**Datum měření:**	26.05.2016
Majitel	Marek Karas, Bratří Křičků 1545/7, 621 00 Brno Karasová Alexandra, Adamcova 1209/7, 635 00 Brno		
Katastrální území, parcelní číslo/evidenční číslo	k.ú. Bystrc p. č. 2307/2		
Typ hydrogeologického objektu Vrtaná studna		**Hloubka** **Stáří**	61 m 2012
Průměr, typ vystrojení: PVC zárubnice, průměr 125 mm			
Odměrný bod (OB) skruž, + 0,2 m nad terén			
Hladina podzemní vody od OB 8,67 m			
Využití zálivka, rodinný dům			
Poznámka			

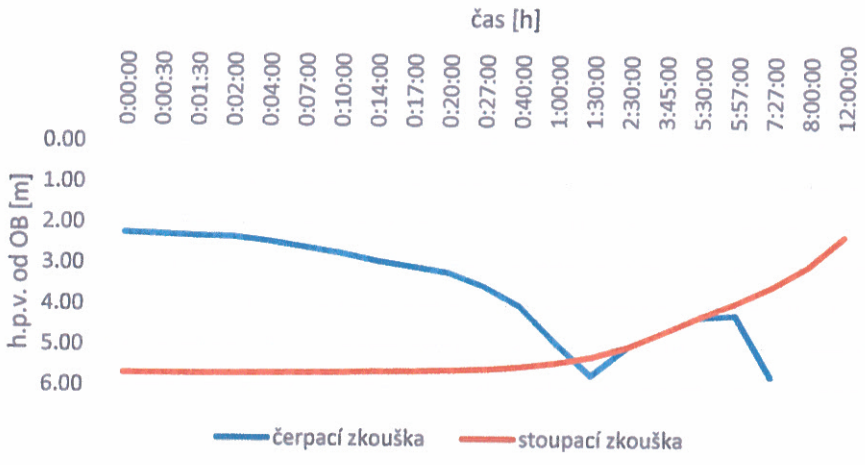
ZPRACOVATEL : Mgr.Lucie Machová		HS geo, s.r.o. Absolonova 2a 624 00 Brno hydrogeologie - inženýrská geologie - vrtné práce	
INVESTOR:	Statutární město Brno Dominikánské nám. 1, 667 01		
LOKALIZACE :	Bystrc - Kamechy, okr. Brno - město	číslo zakázky	160097_HG
Název stavby: **Prodloužení tramvajové trati Bystrc - Kamechy, GTP**		datum	červen 2016
		měřítko	
Název přílohy: **Hydrodynamické zkoušky**		etapa předběžná	příloha č. **9.3**

HYDRODYNAMICKÁ ZKOUŠKA - VRT HV 8

Lokalita	**BRNO - BYSTRC - KAMECHY**
Datum	23. - 24. 5. 2016
Objekt	**HV 8**
Hloubka vrtu	6,4 m od OB
Typ čerpadla	GRUNDFOS SQ 2-65
Zapínací sonda	4,2 m
Vypínací sonda	5,7 m
Odměrný bod [OB]	chránička + 0,50 m nad terénem
Naražená hladina podz. vody	2,8 m a 4,5 m
Průměrná vydatnost	75 l/24 h

		ČERPACÍ ZKOUŠKA			STOUPACÍ ZKOUŠKA	
čas	čas	h.p.v. od OB	snížení	vydatnost	h.p.v. od OB	zvýšení
[hod:min:s]	[s]	[m]	[m]	[l.s^{-1}]	[m]	[m]
0:00:00	0	2,25	0,00	0,017	5,70	0,00
0:00:30	30	2,28	-0,03	0,017	5,70	0,00
0:01:30	90	2,32	-0,07	0,017	5,70	0,00
0:02:00	120	2,34	-0,09	0,017	5,69	0,01
0:04:00	240	2,44	-0,19	0,017	5,68	0,02
0:07:00	420	2,58	-0,33	0,017	5,67	0,03
0:10:00	600	2,72	-0,47	0,017	5,65	0,05
0:14:00	840	2,91	-0,66	0,017	5,63	0,07
0:17:00	1020	3,05	-0,80	0,017	5,62	0,08
0:20:00	1200	3,19	-0,94	0,017	5,60	0,10
0:27:00	1620	3,52	-1,27	0,017	5,57	0,13
0:40:00	2400	4,00	-1,75	0,017	5,50	0,20
1:00:00	3600	4,90	-2,65	0,017	5,40	0,30
1:30:00	5400	5,70	-3,45	0,017	5,25	0,45
2:30:00	9000	5,00	-2,75	0,017	5,00	0,70
3:45:00	13500	4,63	-2,38	0,017	4,63	1,07
5:30:00	19800	4,25	-2,00	0,017	4,25	1,45
5:57:00	9000	4,20	-1,95	0,017	3,9	1,80
7:27:00	13500	5,70	-3,45	0,017	3,5	2,20
8:00:00	28800				3,00	2,70
12:00:00	43200				2,25	3,45

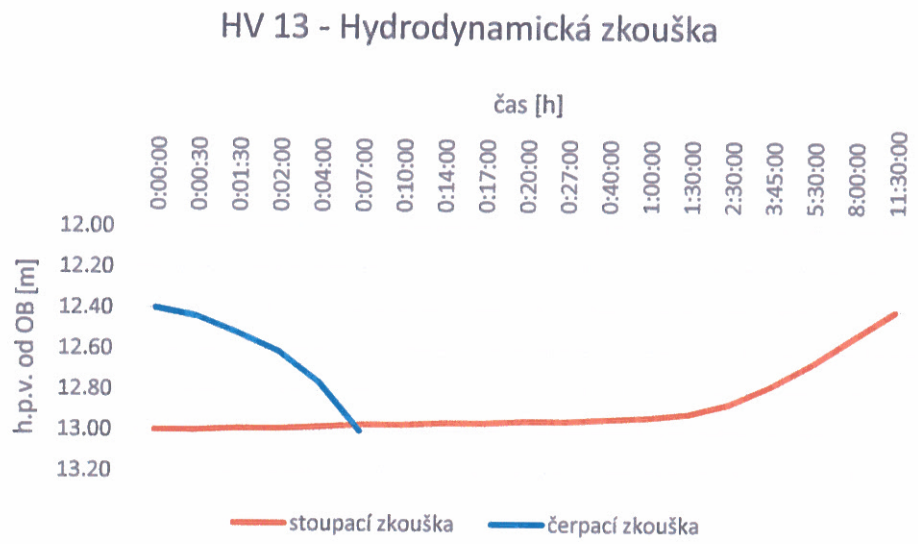
HV 8 - hydrodynamická zkouška



HYDRODYNAMICKÁ ZKOUŠKA - VRT HV 13

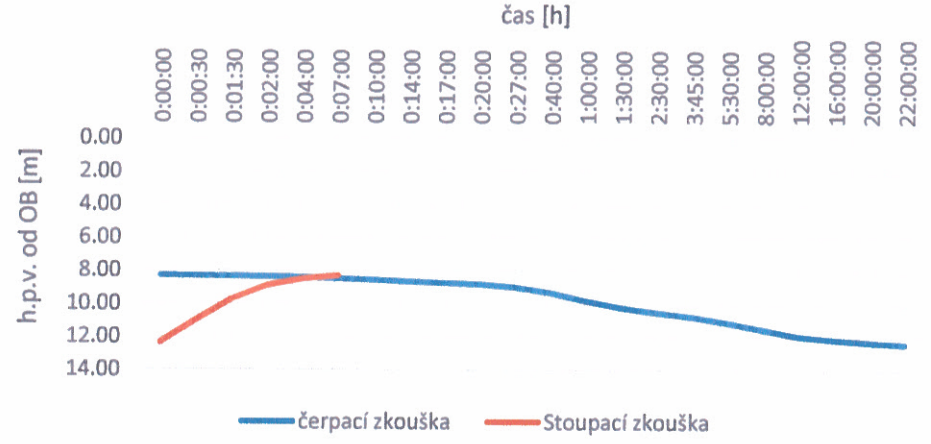
Lokalita	**BRNO - BYSTRC - KAMECHY**
Datum	24. - 25. 5. 2016
Objekt	**HV 13**
Hloubka vrtu	13,68 m od OB
Typ čerpadla	GRUNDFOS SQ 2-65
Sací koš čerpadla	13,0 m
Odměrný bod [OB]	chránička + 0,43 m nad terénem
Naražená hladina podz. vody	12,3 m
Průměrná vydatnost	15 l/24 h

		ČERPACÍ ZKOUŠKA			STOUPACÍ ZKOUŠKA	
čas	čas	h.p.v. od OB	snížení	vydatnost	h.p.v. od OB	zvýšení
[hod:min:s]	[s]	[m]	[m]	[l.s^{-1}]	[m]	[m]
0:00:00	0	12,40	0,00	0,017	13,00	0,00
0:00:30	30	12,44	-0,04	0,017	13,00	0,00
0:01:30	90	12,52	-0,12	0,017	12,99	0,01
0:02:00	120	12,61	-0,21	0,017	12,99	0,01
0:04:00	240	12,76	-0,36	0,017	12,98	0,02
0:07:00	420	13,00	-0,60	0,017	12,97	0,03
0:10:00	600				12,97	0,03
0:14:00	840				12,96	0,04
0:17:00	1020				12,96	0,04
0:20:00	1200				12,95	0,05
0:27:00	1620				12,95	0,05
0:40:00	2400				12,94	0,06
1:00:00	3600				12,93	0,07
1:30:00	5400				12,91	0,09
2:30:00	9000				12,86	0,14
3:45:00	13500				12,77	0,23
5:30:00	19800				12,66	0,34
8:00:00	28800				12,53	0,47
11:30:00	41400				12,40	0,60



HYDRODYNAMICKÁ ZKOUŠKA - VRT HV 18

Lokalita	**BRNO - BYSTRC - KAMECHY**
Datum	24. - 25. 5. 2016
Objekt	**HV 18**
Hloubka vrtu	14,53 m od OB
Typ čerpadla	GRUNDFOS SQ 2-65
Sací koš čerpadla	13,7 m od OB
Odměrný bod [OB]	chránička + 0,42 m nad terénem
Naražená hladina podz. vody	8,3 m
Ustálená hladina podz. vody před ČZ	8,31
Průměrná vydatnost	0,2 l/s

		ČERPACÍ ZKOUŠKA			STOUPACÍ ZKOUŠKA	
čas	čas	h.p.v. od OB	snížení	vydatnost	h.p.v. od OB	zvýšení
[hod:min:s]	[s]	[m]	[m]	[l.s^{-1}]	[m]	[m]
0:00:00	0	8,31	0,00	0,23	12,38	0,00
0:00:30	30	8,33	-0,02	0,23	11,02	1,36
0:01:30	90	8,35	-0,04	0,23	9,73	2,65
0:02:00	120	8,36	-0,05	0,23	8,9	3,48
0:04:00	240	8,41	-0,10	0,23	8,5	3,88
0:07:00	420	8,48	-0,17	0,23	8,31	4,07
0:10:00	600	8,56	-0,25	0,23		
0:14:00	840	8,66	-0,35	0,23		
0:17:00	1020	8,73	-0,42	0,23		
0:20:00	1200	8,81	-0,50	0,23		
0:27:00	1620	8,98	-0,67	0,23		
0:40:00	2400	9,31	-1,00	0,23		
1:00:00	3600	9,80	-1,49	0,23		
1:30:00	5400	10,20	-1,89	0,23		
2:30:00	9000	10,50	-2,19	0,23		
3:45:00	13500	10,75	-2,44	0,23		
5:30:00	19800	11,10	-2,79	0,23		
8:00:00	28800	11,50	-3,19	0,23		
12:00:00	41400	11,90	-3,59	0,23		
16:00:00	57600	12,1	-3,79	0,23		
20:00:00	72000	12,26	-3,95	0,23		
22:00:00	79200	12,38	-4,07	0,23		

HV 18 - hydrodynamická zkouška