

Brno – Kamechy

Hydrogeologický průzkum pro ověření vsaku

Brno, duben 2021

GEOtest, a.s.
Šmahova 1244/112, 627 00 Brno
IČ: 46344942 DIČ: CZ46344942

tel.: **548 125 111**
fax: **545 217 979**
e-mail: **info@geotest.cz**

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

Číslo a název zakázky: **21 7091 Brno – Kamechy, hydrogeologický průzkum pro ověření vsaku**

Objednatel: Magistrát města Brna, Kounicova 67, 601 67 Brno

Evidenční číslo ČGS: Neevidováno

Brno – Kamechy

Hydrogeologický průzkum pro ověření vsaku

Odpovědný řešitel: **Mgr. Zdeněk Sedláček**

Zpracoval: **Mgr. Radim Musil**

Prověřil: **Mgr. Jan Bartoň**, oborový manažer

RNDr. Lubomír Klímek, MBA

ředitel společnosti a člen představenstva

ROZDĚLOVNÍK

Výtisk č. 1 – 3: Magistrát města Brna
4: GEOTest, a.s.

OBSAH

1. Úvod	1
2. Přehled přírodních poměrů	1
2.1 Geologické poměry	1
2.2 Hydrologické poměry	1
2.3 Hydrogeologické poměry	2
3. Provedené práce.....	2
3.1 Geodetické vytyčení vsakovacích jam	2
3.2 Zemní práce	2
4. Realizace vsakovacích zkoušek.....	3
5. Vsakovací jáma VS-1.....	3
5.1 Průběh vsakovací zkoušky (VS-1)	4
5.2 Vyhodnocení vsakovací zkoušky VS-1	5
6. Vsakovací jáma VS-2.....	6
6.1 Průběh vsakovací zkoušky	6
6.2 Vyhodnocení vsakovací zkoušky	8
7. Vsakovací jáma VS-3.....	9
7.1 Průběh vsakovací zkoušky	9
7.2 Vyhodnocení vsakovací zkoušky	11
8. Závěr	12
9. Literatura	13

Přílohy:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------|
| 1. Přehledná situace zájmového území | měřítko 1: 20 000 |
| 2. Výřez z geologické mapy | měřítko 1: 10 000 |
| 3. Fotodokumentace | |

1. Úvod

Objednávkou č. 9562100045 ze dne 13. 4. 2021 zadal Magistrát města Brna (Odbor investiční, zastoupený paní Ing. Radkou Matuszkovou) společnosti GEOtest, a.s. realizaci hydrogeologického průzkumu pro posouzení možnosti vsakování srážkových vod z prostoru plánovaného prodloužení tramvajové trati Bystřec-Kamechy. Rozsah průzkumných prací byl zadán jak pro vlastní trasu budoucí prodloužené tramvajové trati, tak pro související objekty a uvažovaný tramvajový tunel.

Vlastnímu hydrogeologickému průzkumu – vsakovacím zkouškám předcházelo geodetické vytyčení vsakovacích jam. Hydrogeologické práce byly realizovány dne 15. 4. 2021 na pozemcích v katastrálním území Bystřec (p. č. 2483/49 a 2498/1) a v katastrálním území Žebětín (p.č. 2083/4).

Cílem vsakovacích zkoušek bylo ověření možnosti horninového prostředí pro infiltraci srážkové vody.

Přehledná situace zájmového území je v příloze č. 1.

2. Přehled přírodních poměrů

2.1 Geologické poměry

Z pohledu regionální geologie náleží zájmové území z větší části k brněnskému masivu, který je reprezentován převážně magmatickými horninami neoproterozoického stáří (granodiority, diority).

Magmatické horniny jsou v povrchových partiích charakteru eluvia (drobný štěrk až hrubozrnný písek), zvětralé, níže pak navětralé. Místy, a hlavně hlouběji přechází v horniny zdravé.

Stratigraficky podstatně mladší zde zastoupenou předkvartérní jednotkou jsou neogenní spodnobádenské vápnité jíly (tégly). Jsou to zeminy převážně šedozelené až šedomodré, více či méně vápnité. Místy jsou s písčitou příměsí a drobnými manganovými konkréciemi.

Kvartér je zastoupen sprašemi, sprašovými hlínami, hlínami jílovitopísčitými, jílovitými písky až jíly. Spraše tvoří nerovnoměrně rozložený pokryv, daný především morfologií terénu. Spraše jsou žlutohnědé, s obsahem konkréci nebo žilkované CaCO_3 , středně plastické, převážně pevné konzistence. Lokálně jsou ve spraši obsažená hrubější zrna hornin brněnského masivu. Směs jílovitých hlín až písků tvoří splachy.

V nadloží kvartérních sedimentů se vyskytují navážky o různých mocnostech až do hloubek 3,8 m. Navážky tvoří zpravidla hlinitopísčité štěrky až jílovité písky. Výřez z geologické mapy je zařazen jako příloha č. 2.

2.2 Hydrologické 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 povodí 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) spadá do povodí 4. řádu s číslem **4-15-01-1470-1-00** s názvem „**Svratka**“.

2.3 Hydrogeologické poměry

Z hlediska hydrogeologické rajonizace podzemních vod České republiky (Olmer et al., 2006) náleží zájmové území k hydrogeologickému rajónu základní vrstvy č. 6570 s názvem „Krystalinikum brněnské jednotky“.

Zvodnění horninového prostředí je vázáno především na puklinový kolektor hornin brněnského masivu s proměnlivým podílem průlinové porózy v pásnu přípovrchového rozpukání a rozpojení hornin. Oběh podzemních vod probíhá převážně v tomto přípovrchovém pásnu. Hlubší oběh možno očekávat u tektonicky porušeného brněnského masivu především v dosahu propustnějších poruchových zón. Hladina podzemní vody je většinou volná a sleduje konformně terén. K infiltraci dochází prakticky v celé ploše výchozové části hydrogeologického masivu v závislosti na míře propustnosti kvartérních sedimentů a zvětralinových produktů.

Neogenní sedimenty, které byly ověřeny v úseku od cca km 0,1 do cca km 0,7 a poté na konci úseku kolem km 1,5 (Novotný, 2016), 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.

Kvartérní sedimenty jsou převážně zastoupené jílovitými hlínami proměnlivě písčítými, místy štěrkovitými. Z hydrogeologického hlediska představují tyto sedimenty poloizolátor. Kvartérní pokryv byl v rámci předběžného geotechnického průzkumu (Novotný, 2016) ověřen na začátku úseku do km cca 0,7 a poté od km cca 1,3 do konce úseku. Jde o průlinově propustné sedimenty, velmi slabě propustné. Jedná se ovšem 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.

3. Provedené práce

3.1 Geodetické vytyčení vsakovacích jam

Podle podkladů od objednatele, rešerši archivních podkladů a informací od projekční kanceláře PK OSSENDORF s.r.o. (pozice inženýrských sítí) byla vytipována tři místa k ověření možnosti vsaku. Místa byla volena tak, aby rovnoměrně pokryla celou délku projektované trasy a byla situována na pozemcích ve vlastnictví objednatele.

Dne 12. 4. 2021 byla místa pro vsakovací jámy geodeticky vytyčena v terénu. Jámy byly ohrazeny dřevěnými kolíky umístěných v rozích a opatřeny páskou.

3.2 Zemní práce

Hloubení vsakovacích jam bylo provedeno dne 14. 4. 2021 firmou DUO plus-zemní práce s.r.o. Po ukončení vsakovacích zkoušek byly jámy dne 16. 4. 2021 zahrnuty a terén urovnán.

4. Realizace vsakovacích zkoušek

Za účelem ověření infiltračních schopností horninového prostředí na lokalitě Brno – Kamechy, byly dne 15. 4. 2021 realizovány vsakovací zkoušky. Do vsakovacích jam byla nalita pitná voda z cisterny od Brněnských vodáren.

5. Vsakovací jáma VS-1

Vsakovací jáma VS-1 o rozměrech $2,5 \times 1,3 \times 1,5$ m (d × š × h) byla vyhloubena na volné ploše, na pozemku č. 2483/49 v k. ú. Bystře, jehož vlastníkem je Statutární město Brno.

Schématická situace vsakovací sondy VS-1

Obrázek č. 1



Metoda vsakovací zkoušky byla založena na principu zkoušky s proměnou hladinou vody v čase t. Jáma VS-1 byla naplněna do hloubky 0,60 m pod terénem (výška vodního sloupce byla 0,90 m) a následně byl měřen pokles hladiny v čase. V případě kopané sondy VS-1 probíhalo zasakování do méně propustných sprašových hlín tuhé konzistence. Geologický profil objektu VS-1 je uveden v tabulce č. 1.

Geologický profil vsakovacího objektu VS-1

Tabulka č. 1

metráž (m)	popis
0,0 - 0,2	hlína humózní, světle hnědá
0,2 – 0,3	hlína s úlomky hornin, úlomky ostrohranné, šedá
0,3 – 2,0	hlína sprašová, tuhá, rozpadavá na úlomky, žlutohnědá

5.1 Průběh vsakovací zkoušky (VS-1)


Jako zdroj vody pro vsakovací zkoušku byla využita pitná voda dovezená cisternou. Z výpustného kohoutu cisterny byla voda hadicí přepouštěna do vsakovací jámy. Během 210 vteřin bylo do jámy nalito 3 500 l vody, vydatnost vypouštění tedy byla 16,6 l/s. Hladina vody se ve vsakovací jámě VS-1 nacházela po vypuštění 3 500 l vody z cisterny v hloubce 0,60 m od odměrného bodu, z toho plyne, že voda zabírala objem $2,5 \times 1,3 \times 0,90 \text{ m}$ (půdorys jámy + hloubka jámy 1,50 m – nesaturovaná část jámy 0,60 m) = $2,93 \text{ m}^3 = 2\,930 \text{ l}$. Během 210 vteřin napouštění vody o objemu 3 500 l se vsakovalo do horninového prostředí 570 l vody rychlostí 2,7 l/s. Voda se přitom vsakovala jak stěnami, tak i dnem jámy.

Vrchní hrana tyče položené přes jámu VS-1 sloužila jako odměrný bod (OB) pro měření hladiny vody v jámě. Hladina vody se po 5 h snížila o 0,05 m na hodnotu 0,65 m od OB. Po ukončení vsakovací zkoušky zbylo v jámě cca 0,85 m vody.

Naměřené hodnoty poklesu hladiny v jednotlivých časových intervalech jsou uvedeny v tabulce č. 2. Grafický průběh vsakovací zkoušky je znázorněn v grafu č. 1.

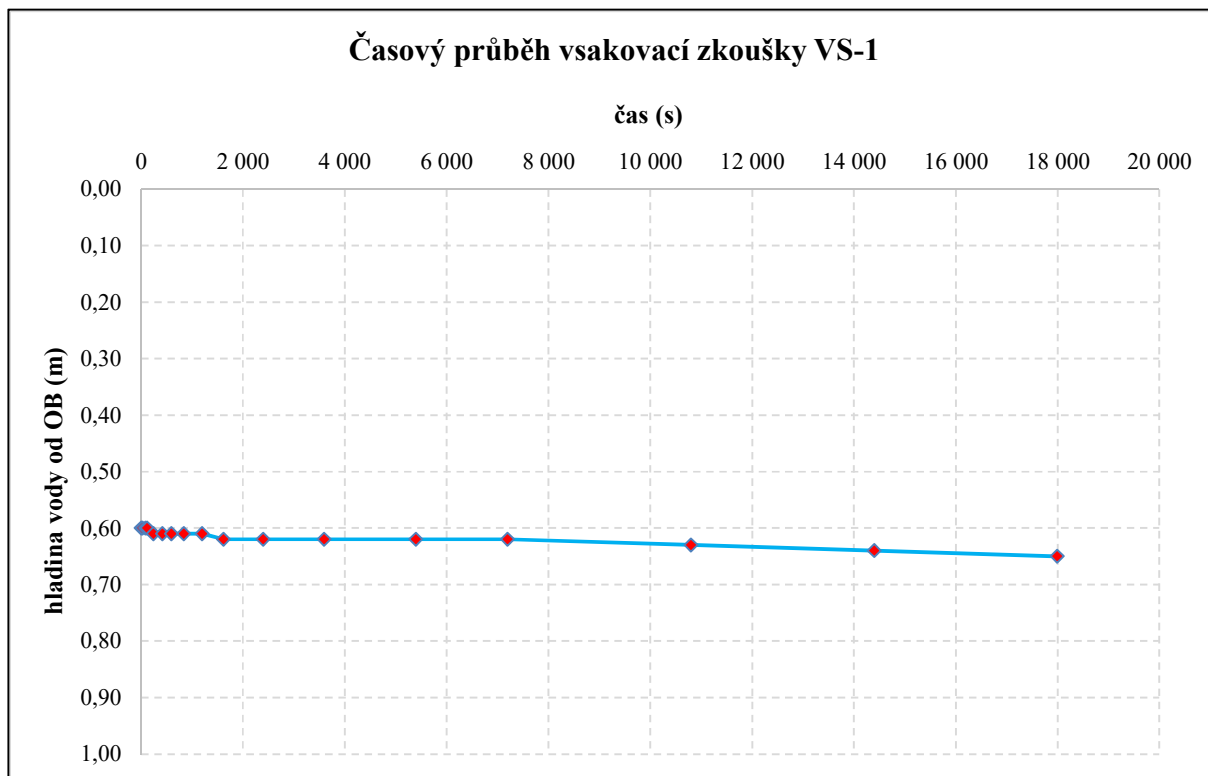
Průběh vsakovací zkoušky u objektu VS-1

Tabulka č. 2

Časový průběh vsakovací zkoušky (VS-1)				
Brno - Kamechy, HG průzkum pro ověření vsaku				
čas (s)	čas (min)	čas (hod)	H od OB v m	poznámky
0	0	0	0,60	začátek plnění jámy: 8:45
30	0,5	0,008333	0,60	konec plnění jámy: 8:48
90	1,5	0,025	0,60	Doba plnění jámy: 210 s
120	2	0,033333	0,60	nalito 3 500 l vody
240	4	0,066667	0,61	Q=16,6 l/s
420	7	0,116667	0,61	zkouška ukončena po 5 hodinách
600	10	0,166667	0,61	
840	14	0,233333	0,61	
1 200	20	0,333333	0,61	
1 620	27	0,45	0,62	
2 400	40	0,666667	0,62	
3 600	60	1	0,62	
5 400	90	1,5	0,62	
7 200	120	2	0,62	
10 800	180	3	0,63	
14 400	240	4	0,64	
18000	300	5	0,65	

Průběh poklesu hladiny vody v závislosti na čase

Graf č. 1



5.2 Vyhodnocení vsakovací zkoušky VS-1

Vsakovací zkouška byla následně vyhodnocena podle následující rovnice (ČSN 75 9010):

$$k_V = \frac{Q_V}{p \cdot t},$$

kde:

k_V - koeficient vsaku (m/s),

Q_V - objem infiltrované vody (m³),

p - vsakovací plocha (m²),

t - celková doba vsakovací zkoušky (s).

Z výše uvedené rovnice byl vypočítán koeficient vsaku k_V , který charakterizuje vsakovací schopnost horninového prostředí na lokalitě. Koeficient vsaku k_V byl vypočten na hodnotu **$8,9 \times 10^{-7}$ m/s**.

6. Vsakovací jáma VS-2

Vsakovací jáma VS-2 o rozměrech $2,5 \times 1,3 \times 2,0$ m (d × š × h) byla vyhloubena na volné ploše na pozemku č. 2498/1 v k. ú. Bystřec, jehož vlastníkem je Statutární město Brno (podíl 1/2) a Ing. Edita Mrázková, Svatá Kateřina 6, 67801 Šebrov-Kateřina (podíl 1/2).

Schématická situace vsakovací sondy VS-2

Obrázek č. 2



Metoda vsakovací zkoušky byla založena na principu zkoušky s proměnou hladinou vody v čase t. Jáma VS-2 byla naplněna do hloubky 0,72 m pod terénem (výška vodního sloupce byla 1,28 m) a následně byl měřen pokles hladiny v čase. V případě kopané sondy VS-2 probíhalo zasakování do relativně dobře propustného eluvia granodioritu charakteru písčité zeminy. Geologický profil objektu VS-2 je uveden v tabulce č. 3.

Geologický profil vsakovacího objektu VS-2

Tabulka č. 3

metráž (m)	popis
0,0 - 0,5	hlína humózní, světle hnědá
0,5 – 0,6	navážka, úlomky kamene, ostrohranné do 10 cm, šedá
0,6 – 2,0	eluvium granodioritu, písčité, rezavohnědé

6.1 Průběh vsakovací zkoušky

Jako zdroj vody pro vsakovací zkoušku byla využita pitná voda dovezená cisternou. Z výpustního kohoutu cisterny byla voda hadicí přepouštěna do vsakovací jámy. Během 210 vteřin bylo do jámy nalito 3 000 l vody, vydatnost vypouštění tedy byla 14,2 l/s. Hladina vody se ve vsakovací jámě VS-2 nacházela po vypuštění 3 000 l vody z cisterny v hloubce 0,72 m od odměrného bodu, z toho plyne, že voda zabírala objem $2,5 \times 1,3 \times 1,28$ m (půdorys


jámy + hloubka jámy 2,00 m – nesaturovaná část jámy 0,72 m) = 4,16 m³ = 4 160 l. Během 210 vteřin napouštění vody o objemu 3 000 l se vsakovalo do horninového prostředí 1 160 l vody rychlostí 5,5 l/s. Voda přitom vsakovala jak stěnami, tak i dnem jámy.

Hladina vody se po 5 h snížila o 0,69 m na hodnotu 1,41 m od OB. Po ukončení vsakovací zkoušky zbylo v jámě cca 0,59 m vody.

Naměřené hodnoty poklesu hladiny v jednotlivých časových intervalech jsou uvedeny v tabulce č. 4. Grafický průběh vsakovací zkoušky je znázorněn v grafu č. 2.

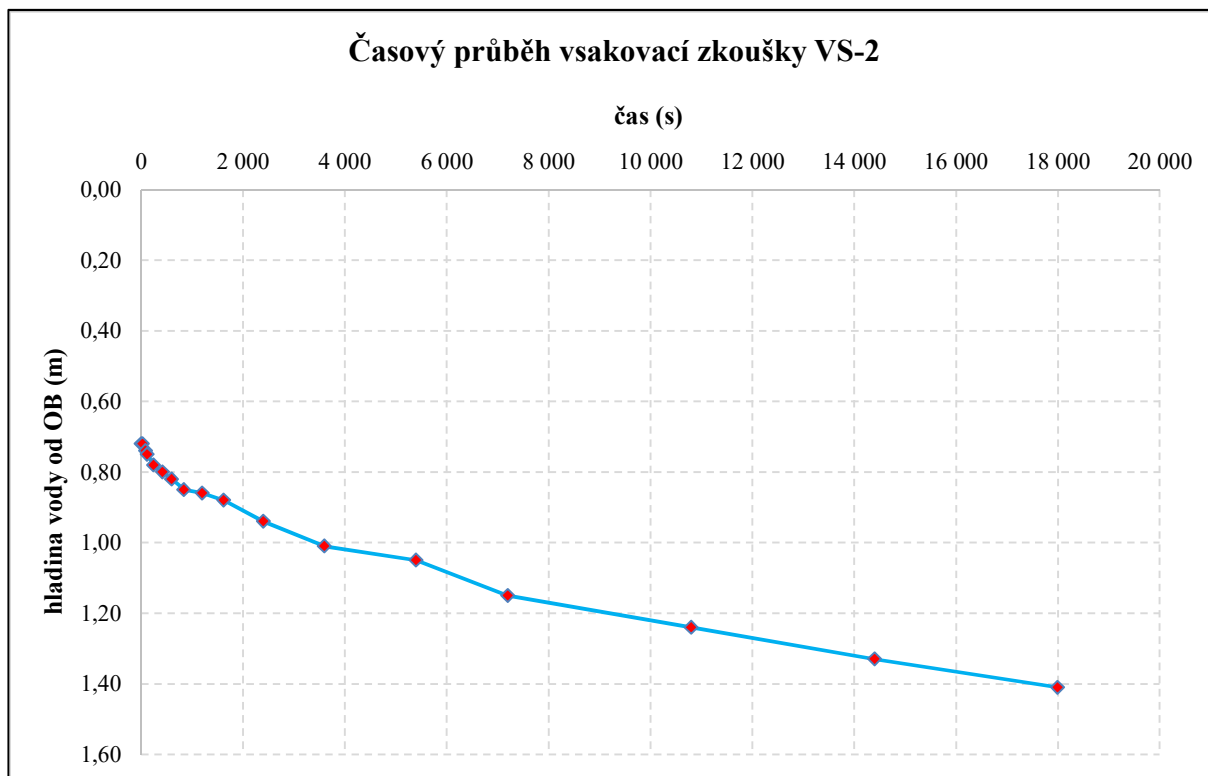
Průběh vsakovací zkoušky u objektu VS-2

Tabulka č. 4

Časový průběh vsakovací zkoušky (VS-2)				
Brno - Kamechy, HG průzkum pro ověření vsaku				
čas (s)	čas (min)	čas (hod)	H od OB v m	poznámky
0	0	0	0,72	začátek plnění jámy: 9:05
30	0,5	0,008333	0,72	konec plnění jámy: 9:08
90	1,5	0,025	0,74	Doba plnění jámy: 210 s
120	2	0,033333	0,75	nalito 3 000 l vody
240	4	0,066667	0,78	Q=14,2 l/s
420	7	0,116667	0,80	zkouška ukončena po 5 hodinách
600	10	0,166667	0,82	
840	14	0,233333	0,85	
1 200	20	0,333333	0,86	
1 620	27	0,45	0,88	
2 400	40	0,666667	0,94	
3 600	60	1	1,01	
5 400	90	1,5	1,05	
7 200	120	2	1,15	
10 800	180	3	1,24	
14 400	240	4	1,33	
18000	300	5	1,41	

Průběh poklesu hladiny vody v závislosti na čase

Graf č. 2



6.2 Vyhodnocení vsakovací zkoušky

Vsakovací zkouška byla následně vyhodnocena podle následující rovnice (ČSN 75 9010):

$$k_V = \frac{Q_V}{p \cdot t},$$

kde:

k_V - koeficient vsaku (m/s),

Q_V - objem infiltrované vody (m³),

p - vsakovací plocha (m²),

t - celková doba vsakovací zkoušky (s).

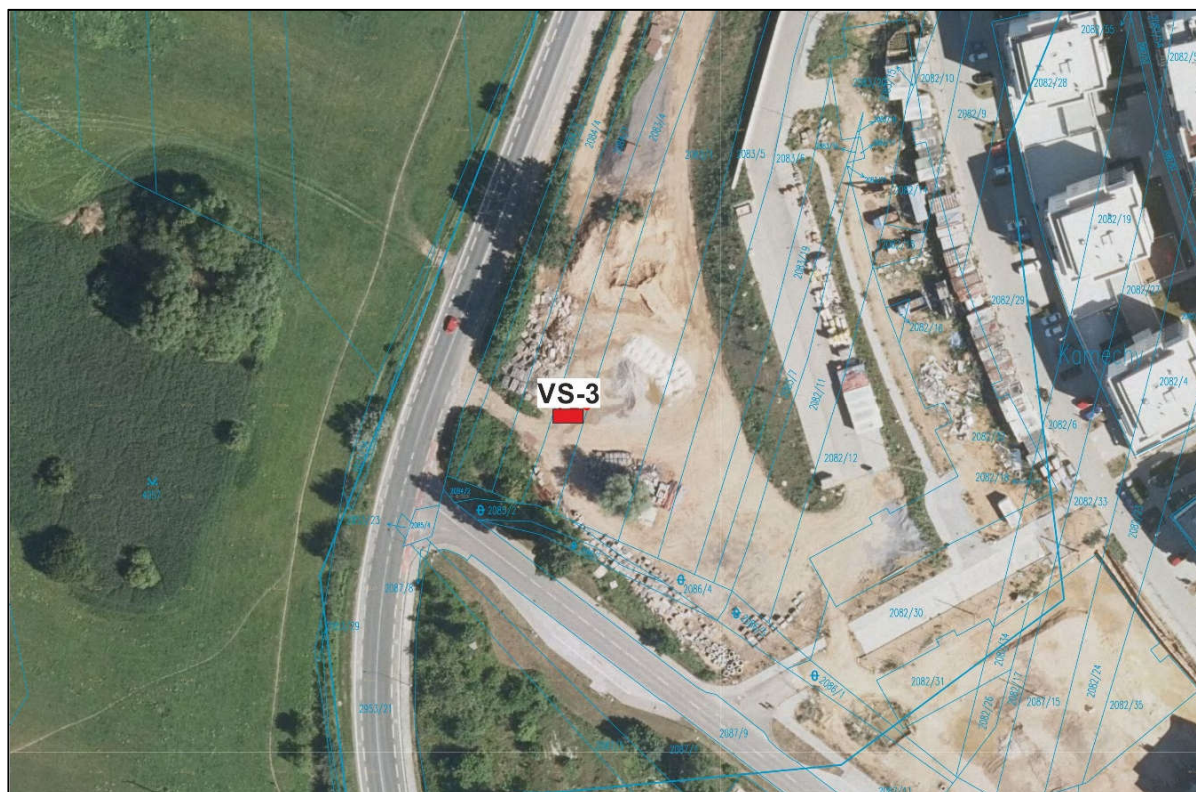
Z výše uvedené rovnice byl vypočítán koeficient vsaku k_V , který charakterizuje vsakovací schopnost horninového prostředí na lokalitě. Koeficient vsaku k_V byl vypočten na hodnotu $9,25 \times 10^{-6}$ m/s. **Vzhledem k průběhu vsakovací zkoušky však koeficient vsaku spíše odpovídá řádu 1×10^{-5} m/s.**

7. Vsakovací jáma VS-3

Vsakovací jáma VS-3 o rozměrech $2,3 \times 1,3 \times 1,7$ m (d × š × h) byla vyhloubena na volné ploše na pozemku č. 2083/4 v k. ú. Žebětín, jehož vlastníkem je Statutární město Brno.

Schématická situace vsakovací sondy VS-3

Obrázek č. 3



Metoda vsakovací zkoušky byla založena na principu zkoušky s proměnou hladinou vody v čase t. Jáma VS-3 byla naplněna do hloubky 0,75 m pod terénem (výška vodního sloupce byla 0,95 m) a následně byl měřen pokles hladiny v čase. V případě kopané sondy VS-3 probíhalo zasakování do méně propustné hlíny jílovité, tuhé konzistence. Geologický profil objektu VS-3 je uveden v tabulce č. 5.

Geologický profil vsakovacího objektu VS-3

Tabulka č. 5

metráž (m)	popis
0,0 – 0,5	hlína sprašová, žlutohnědá
0,5 – 0,7	navážka, kamenivo
0,7 – 2,0	hlína jílovitá, tuhá, hnědá

7.1 Průběh vsakovací zkoušky

Jako zdroj vody pro vsakovací zkoušku byla využita pitná voda dovezená cisternou. Z výpustního kohoutu cisterny byla voda hadicí přepouštěna do vsakovací jámy. Během 240 vteřin bylo do jámy nalito 3 000 l vody, vydatnost vypouštění tedy byla 12,5 l/s. Hladina vody se ve vsakovací jámě VS-3 nacházela po vypuštění 3 000 l vody z cisterny v hloubce 0,75 m od odměrného bodu, z toho plyne, že voda zabírala objem $2,3 \times 1,3 \times 0,95$ m (půdorys jámy + hloubka jámy 1,70 m – nesaturovaná část jámy 0,75 m) = $2,84 \text{ m}^3 = 2\,840 \text{ l}$. Během


240 vteřin napouštění vody o objemu 3 000 l se vsakovalo do horninového prostředí 1 160 l vody rychlostí 0,6 l/s. Voda přitom vsakovala jak stěnami, tak i dnem jámy.

Vrchní hrana tyče položené přes jámu VS-3 sloužila jako odměrný bod (OB) pro měření hladiny vody v jámě. Hladina vody se po 5 h snížila o 0,13 m na hodnotu 0,87 m od OB. Po ukončení vsakovací zkoušky zbylo v jámě cca 0,83 m vody.

Naměřené hodnoty poklesu hladiny v jednotlivých časových intervalech jsou uvedeny v tabulce č. 6. Grafický průběh vsakovací zkoušky je znázorněn v grafu č. 3.

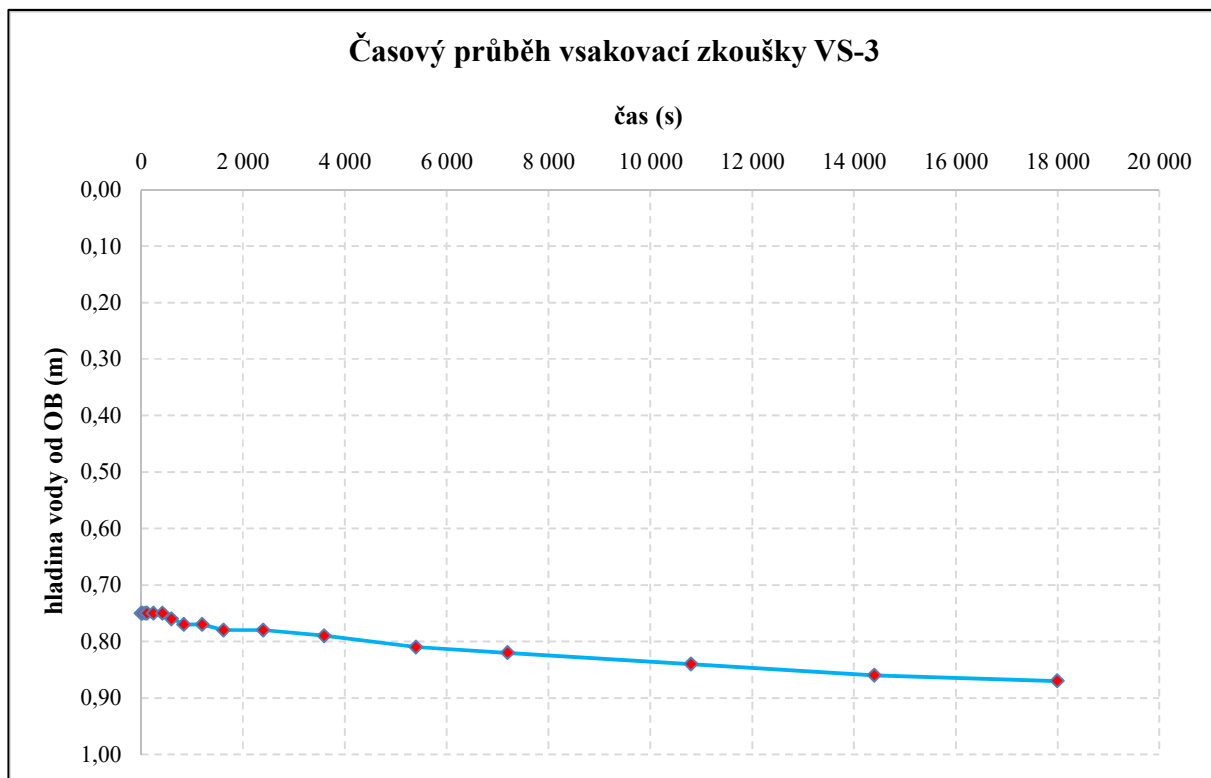
Průběh vsakovací zkoušky u objektu VS-3

Tabulka č. 6

Časový průběh vsakovací zkoušky (VS-3)				
Brno - Kamechy, HG průzkum pro ověření vsaku				
čas (s)	čas (min)	čas (hod)	H od OB v m	poznámky
0	0	0	0,75	začátek plnění jámy: 9:46
30	0,5	0,008333	0,75	konec plnění jámy: 9:50
90	1,5	0,025	0,75	Doba plnění jámy: 240 s
120	2	0,033333	0,75	nalito 3 000 l vody
240	4	0,066667	0,75	Q=12,5 l/s
420	7	0,116667	0,75	zkouška ukončena po 5 hodinách
600	10	0,166667	0,76	
840	14	0,233333	0,77	
1 200	20	0,333333	0,77	
1 620	27	0,45	0,78	
2 400	40	0,666667	0,78	
3 600	60	1	0,79	
5 400	90	1,5	0,81	
7 200	120	2	0,82	
10 800	180	3	0,84	
14 400	240	4	0,86	
18 000	300	5	0,87	

Průběh poklesu hladiny vody v závislosti na čase

Graf č. 3



7.2 Vyhodnocení vsakovací zkoušky

Vsakovací zkouška byla následně vyhodnocena podle následující rovnice (ČSN 75 9010):

$$k_V = \frac{Q_V}{p \cdot t},$$

kde:

k_V - koeficient vsaku (m/s),

Q_V - objem infiltrované vody (m³),

p - vsakovací plocha (m²),

t - celková doba vsakovací zkoušky (s).

Z výše uvedené rovnice byl vypočítán koeficient vsaku k_V , který charakterizuje vsakovací schopnost horninového prostředí na lokalitě. Koeficient vsaku k_V byl vypočten na hodnotu $2,03 \times 10^{-6}$ m/s.

8. Závěr

Pro posouzení vhodnosti horninového prostředí k zasakování srážkových vod v k. ú. Bystre a Žebětín byly na průzkumných vsakovacích sondách (bagrem vyhloubené vsakovací jámy) VS-1, VS-2 a VS-3 provedeny vsakovací zkoušky. Vyhodnocením vsakovacích zkoušek byly vypočteny koeficienty vsaku k_V průlinově propustného prostředí, které činí:

- $8,90 \times 10^{-7}$ m/s v případě vsakovací sondy VS-1.
- $9,25 \times 10^{-6}$ m/s v případě vsakovací sondy VS-2.
- $2,03 \times 10^{-6}$ m/s v případě vsakovací sondy VS-3.

Prostřednictvím kopaných sond byla na lokalitě zastižena tři různá geologická prostředí. Sondou VS-1 byly zastiženy spraše, sondou VS-2 písčité eluvium granodioritu a sondou VS-3 jílovitá hlína.

Pro posouzení záměru vsakování srážkových vod do horninového prostředí je nutné vycházet z geologických podmínek daného prostředí. Tyto podmínky se jeví na lokalitě jako podmíněně vhodné až nevhodné. Jako podmíněně vhodné prostředí představuje kopaná sonda VS-2.

Prostřednictvím sondy VS-1 byly zastiženy relativně pevné spraše, které se vlivem protékající vody (např. z okapů či z prasklého potrubí, kanalizace) mohou oslabit a „poklesnout“. To je způsobeno procesem zhroucení makropórovité struktury spraší a náhlého zmenšení jejich objemu v důsledku jejich provlhčení. Na povrchu vznikají nepravidelné trychtýřovité deprese, dochází k sedání a poruchám staveb. Nebezpečnost spočívá v tom, že až do nasycení vodou se prosedavé spraše chovají jako dobré základové půdy i pro náročnější objekty, které však po provlhčení (náhlá změna režimu podzemních vod, porucha vodovodu, zatékání) zpravidla podlehnou úplné destrukci (geology.cz/aplikace/geohazardy).

Doporučujeme tedy zasakovat srážkovou vodu povrchovým způsobem např. pomocí vsakovacího průlehu nebo mělkých drénů vyplněných šterkem, nikoliv pomocí hlubších podzemních vsakovacích prvků. Definitivní návrh vsakovacích prvků bude řešit projektant v oboru vodohospodářských staveb.

9. Literatura

Novotný, M. et al. (2016): Prodloužení tramvajové trati Bystř-Kamechy, předběžný geotechnický průzkum pro trasu a tunel. Závěrečná zpráva. MS GEOTest, a.s., Brno

Olmer, M., Herrmann, Z., Kadlecová, R., Prchalová, H. et al. (2006): Hydrogeologická rajonizace České republiky. Sborník geologických věd, hydrogeologie, inženýrská geologie, 23. ČGS, Praha.

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod