

Mgr. Radek Mička - GEOSERVIS
Nezvalova 8, 586 01 Jihlava
IČO:72494646 DIČ:CZ7107014354
Tel.: 777149755, 567311040

- ⇒ Geologické práce
- ⇒ Provozování vodovodů a kanalizací a úprava a rozvod vody
- ⇒ Poradenská a konzultační činnost, zpracování odborných studií a posudků

Jihlava

Multifunkční areál lehké výroby a služeb

Výsledky hydrogeologického průzkumu, hydrogeologické posouzení – likvidace povrchových srážkových vod



Objednatel	: I.C.P. Jihlava – jih a.s., Dlouhá 727/39, Staré Město, 110 00 Praha
Zhotovitel	: Mgr. Radek Mička – Geoservis, Nezvalova 8, 586 01 Jihlava
Vypracoval	: Mgr. Radek Mička
Obec	: Jihlava
Katastrální území	: Jihlava
Kód k.ú.	: 659673
Parcely č.	: 5596, 5609/3
Kraj	: Vysočina
Kód kraje	: CZ-VY
Číslo zakázky	: 138/18
Datum zpracování	: leden 2019
Výtisk č.	: 1



Mgr. Radek Mička - GEOSERVIS
Nezvalova 8, 586 01 Jihlava
IČ: 72494646, DIČ: CZ7107014354
tel.: 777 149 755
tel./fax: 567 311 040

Obsah:

1. Úvod
2. Předpokládaný objem srážkových vod
3. Charakteristika přírodních poměrů lokality, dosavadní prozkoumanost
4. Provedené práce
 - 4.1. Sondážní práce
 - 4.2. Vsakovací zkoušky
 - 4.3. Geodetické práce
 - 4.4. Rešeršní a vyhodnocovací práce
5. Výsledky geologicko-průzkumných prací
 - 5.1. Dokumentace sond, úložné poměry
 - 5.2. Vyhodnocení vsakovacích zkoušek, akumulčně-vsakovací schopnost prostředí
6. Interpretace výsledků průzkumných prací, výpočet dimenze retenčně-vsakovacích prvků, doporučení
7. Závěr

Přílohy:

- 01 Vymezení zájmového území v podkladu mapy 1 : 10 000
- 02 Geologické poměry oblasti – výřez z mapy 1 : 50 000
- 03 Situace průzkumných sond v podkladu ortofotomapy 1 : 4 000
- 04/a-o Geologická dokumentace a profily kopaných průzkumných sond S-1 až S-15
- 05/a, b Průběhy vsakovacích zkoušek na sondách S14 a S6
- 06 Geodetické zaměření průzkumných sond, seznam souřadnic
- 07 Fotodokumentace

Rozdělovník:

Výtisk číslo 1-6: objednatel – I.C.P. Jihlava – jih a.s., Dlouhá 727/39, Staré Město,
110 00 Praha

Výtisk číslo 7: zhotovitel – Radek Mičke – Geoservis, Nezvalova 8, 586 01 Jihlava

Výtisk číslo 8: ČGS – Geofond Praha

1. Úvod

Cílem geologicko-průzkumných prací bylo zjištění hydrogeologických poměrů lokality určené k výstavbě multifunkčního areálu na lokalitě Jihlava, ulice Znojemská. Průzkum je cílem především ke zjištění možnosti vsakování dešťových vod vznikajících dopadem na zpevněné plochy hal a komunikací.

Po domluvě s objednatelem došlo byly naplánovány a vyhloubeny průzkumné sondy a realizovány nálevkové testy.

Vsakování dešťové vody má ekologický význam v souvislosti s udržením hladiny podzemních vod a v prevenci povodní. Vyhláška č. 501/2006 Sb. hovoří ve svých ustanoveních o tom, že využití pozemku by mělo být řešeno tak, aby byl prostor ke vsakování či retenování srážkových vod ze zastavěných či zpevněných ploch před jejich případným odvedením do vodního toku či do kanalizace a to buďto jednotné či oddílné (dešťové). Ve smyslu těchto zásad bylo postupováno při návrhu a interpretaci geologicko-průzkumných prací.

Terénní práce probíhaly v období prosince 2018 – ledna 2019. V jejich rámci bylo v zájmovém území provedeno 8 kopaných sond hloubek 1,3-3,3 m a 7 sond vrtaných hloubek 3,0-7,0. Sondy S3, S6 a S14 byly vystrojeny PVC zárubnicí Ø 110 mm, resp. 125 mm k možnosti provést vsakovací zkoušky, respektive k možnosti monitoringu hladiny podzemní vody. Cílem nálevkových testů bylo zjištění koeficientu vsaku. Výsledky prací a doporučení shrnuje předkládaná zpráva.

Výchozí podklady:

Základní vodohospodářská mapa 1 : 50 000, list 23-23 Jihlava

Základní geologická mapa 1 : 50 000, list 23-23 Jihlava

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

ČSN 75 9011 Hospodaření s dešťovými vodami

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách v platném znění

Demek et al. (1987): Hory a nížiny. Academia Praha.

Hlavínek P. a kol. (2007): Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území.

Mísař et al. (1983): Geologie ČSSR I. Český masív. SPN Praha.

¹⁾Míčka R. (2009): Poměry pro vsakování dešťových vod v areálu budoucího firemního areálu Podlahářství Bořivoj Šťáva, MS Radek Míčka – Geoservis, Jihlava. 2009. Jihlava.

²⁾Míčka R. (2009): Zdroj vody pro zásobování budoucího firemního areálu Podlahářství Bořivoj Šťáva, MS Radek Míčka – Geoservis, Jihlava. 2009. Jihlava.

Míčka R. (2010): Technicko-hydrogeologická zpráva o výsledcích hloubení tepelných vrtů na pozemku č. 5643/9 k.ú. Jihlava, MS Jihlavská vrtná, Jihlava. 2010. Jihlava.

Míčka R. (2013): Zdroj užitkové vody v areálu autosalonu Hyundai, výsledky hloubení průzkumného vrtu, p.č. 5592/45 k.ú. Jihlava, MS Jihlavská vrtná, Jihlava. 2013. Jihlava.

Míčka R. (2017): Jihlava – logistický areál, HG studie, projekt geologických prací, MS Radek Míčka – Geoservis, Jihlava. 2017. Jihlava.

Míčka R. (2017): Jihlava – logistický areál, výsledky hydrogeologického průzkumu – vodní zdroj, MS Radek Míčka – Geoservis, Jihlava. 2017. Jihlava.

Myslík V. et al. (1986): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000, list 23 Jihlava., ÚÚG Praha, 1986. Praha.

Quitt E. (1971): Klimatické oblasti ČSSR. Studia geographica, 16., ČSAV Brno

Tomlain J. (1980): Výpar vody z povrchu půdy a jeho rozložení na území ČSSR. Vodohosp. čas. roz. 28.1/1980

Základní a hydrogeologické údaje o indikačním vrtu JMK-2 v areálu Auto Máca s.r.o. (zdroj ČGS Geofond Praha)

2. Předpokládaný objem srážkových vod

Pro výpočet potřebných retenčních objemů a ploch byly využity údaje srážkoměrné stanice Telč (526 m n.m.), která se nachází v obdobné nadmořské výšce a odkud jsou známy nejbližší údaje o intenzitách 5-ti letých dešťů.

Dále byla použita (především ke zhodnocení objemů produkovaných vod) hodnota max. intenzity 15-minutového deště v periodicitě 1 x za 5 let, $i_{0,2} = 210 \text{ l/s} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Dle projektantem dodaných materiálů lze počítat s následujícím výčtem odvodňovaných ploch:

Střechy hal (hala A):

$$Q_1 \quad P \sim 9808 \text{ m}^2$$

Střechy hal (hala B):

$$Q_2 \quad P \sim 14234 \text{ m}^2$$

Sprinklerovna + vodojem + vrátnice:

$$Q_3 \quad P \sim 468 \text{ m}^2$$

Parkovací místa + komunikace – asfaltový beton, spád 1-5 %:

$$Q_4 \quad P \sim 21622 \text{ m}^2$$

Chodníky - zámková dlažba, sklon 1-5 %:

$$Q_5 \quad P \sim 1191 \text{ m}^2$$

$$Q = F \cdot i \cdot \Psi$$

Q - odtok (l/s)

F - plocha (ha)

i - intenzita deště (l/s \cdot ha⁻¹)

Ψ - odtokové koeficienty (1,0 střechy, 0,8 asfaltové plochy, 0,6 zámková dlažba)

$$A_{\text{red}} \approx 42523 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = 0,9808 \cdot 210 \cdot 1,0 = 206 \text{ l/s}$$

$$Q_2 = 1,4234 \cdot 210 \cdot 1,0 = 298,9 \text{ l/s}$$

$$Q_3 = 0,0468 \cdot 210 \cdot 1,0 = 9,8 \text{ l/s}$$

$$Q_4 = 2,1622 \cdot 210 \cdot 0,8 = 363,2 \text{ l/s}$$

$$Q_5 = 0,1191 \cdot 210 \cdot 0,6 = 15,0 \text{ l/s}$$

$$\text{Celkem } Q = 892,9 \text{ l/s}$$

Při maximální intenzitě 5-ti letého deště pak při nulové ploše vsaku a retence vychází nárazový max. odtok z odvodňované plochy $Q \sim 1,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Kritické odtoky z celkové odvodňované plochy při přívalových deštích se tak mohou pohybovat v intencích **0,8-1,3 m³/s**.

Pro účely výpočtů a doporučení, jsem celkovou redukovanou plochu odvodnění $A_{\text{red}} \approx 42523 \text{ m}^2$ rozdělil na prostor spádovaný k hale A a k hale B, oboje včetně okolních zpevněných ploch.

$$\text{Hala A} \quad A_{\text{red}} \sim 17434 \text{ m}^2$$

$$\text{Hala B} \quad A_{\text{red}} \sim 25089 \text{ m}^2$$

3. Charakteristika geologických poměrů lokality, dosavadní prozkoumanost

Zájmová lokalita se nachází na j. okraji Jihlavy, po pravé straně silnice při výjezdu na Znojmo. Celková situace území je znázorněna v mapě 1 : 10 000 v příloze č. 01. Průměrný specifický podzemní odtok činí 2-3 l/s . km². Lokalita se nachází na lokální rozvodnici, část vod je odvodňována k s. až ssv. do Koželužského potoka, č.h.p. 4-16-01-047, část k jvv. do Jihlávky, č.h.p. 4-16-01-046. Nadmořská výška území se pohybuje mezi 540-570 m n.m., nejvyšší kótou je Větrník (571,8 m n.m.).

Z hlediska regionálně-geologického členění je zájmová oblast vyčleňována jako součást českého moldanubika. V rámci Českého masívu je moldanubikum starý, konsolidovaný blok prekambriického stáří tvořený polymetamorfne přetvořenými horninami jako jsou pararuly, ortoruly, amfibolity, kvarcity, erlány apod.

Na lokalitě tvoří fundament cordierit-biotitické migmatity přecházející směrem k východu do sillimanit-biotitických, migmatizovaných pararul. V zájmovém území se v migmatitech objevují apofýzy drobnozrnných muskovit-biotitických žul typu Bílý Kámen.

V pararulách jsou mapována významná jsou mylonitová a zlomová pásma směru SSV-JJZ, s těmito zlomovými pásmy je spojeno zrudnění a polohy grafitických pararul a grafitických kvarcitů. Uvedená zlomová pásma jsou typická také pro masív migmatitů.

Pokryvné útvary mají denudační mocnost. V oblasti se vyskytují polohy deluviálních hlinitých či hlinito-písčitých sedimentů. Ze sedimentů fluvialních jsou to potom hlinitopísčité šterky, písčité šterky, povodňové jíly a další přechodné typy zemin v inundaci Jihlávky a Koželužského potoka.

Geologická situace oblasti je znázorněna v příloze č. 02.

Podle hydrogeologického členění náleží území do rajónu **č. 6550 - Krystalinikum v povodí Jihlavy**. Podmínky tvorby a oběhu zásob podzemních vod jsou vedle klimatických a morfologických dispozic území dány především celkovými hydrogeologickými vlastnostmi hornin.

V geologickém schématu je pro oblast moldanubika typická přítomnost skalního podloží relativně mělce pod terénem. V jeho nadloží se pak objevují polohy zvětralin, svahových sedimentů, případně uloženin vodních toků. Tato geologická skladba podmiňuje charakter proudění podzemních vod a tvorbu zásob, ve vertikálním řezu **lze vyčlenit pásmo mělce uložených zvodní vázaných na kvartérní pokryv, zvětralinový plášť, pásmo rozvolnění a rozpukání skalního podloží a pásmo hlubších puklinových zvodní vázaných na tektoniku skalního podkladu.**

Zásoby mělce uložených vod jsou vázány v území jednak na fluvialní náplavy vodních toků, jednak na eluviální pokryv, resp. rozvolněnou část skalního podloží. Charakter proudění je průlinový až průlinovo - puklinový. Z vodohospodářského hlediska se jedná o kolektor místního významu určený k rozptýleným odběrům pro individuální zásobování. Hloubka oběhu je dána úrovní místní erozní báze, kterou tvoří řeka Jihlávka, resp. Koželužský potok. Hladina podzemní vody je převážně volná a sleduje konformně terén. Mělce uložené podzemní vody se na zájmové lokalitě nachází. Jedná se o přelivné vrstevně (puklinově) - suťové prameny spojené s tektonikou skalního podkladu. Ve větší míře se nachází v s. části zájmového území.

Oběh podzemních vod krystalinických hornin **spodní puklinové zvodně** je silně rozkolísaný a nepravidelný, s lokální závislostí na petrografickém složení, tektonické predisponovanosti a charakteru pokryvu.

Podzemní voda bývá prostá, s mineralizací zpravidla do 0,3 g/l. Převažujícím typem je typ hydrogenuhličitanu-vápenatý (Ca-HCO_3). Průvodním jevem je nižší hodnota pH, která se nejčastěji pohybuje mezi 6,0-6,5. V případě podzemních vod hlubší zvodně jsou průvodním jevem vyšší koncentrace Fe, Mn a zvýšená objemová aktivita radonu.

Geologická prozkoumanost:

Širší geologická prozkoumanost území je relativně dobrá a vychází především z inženýrsko-geologických průzkumů prováděných v rámci postupující výstavby v polovině 90-tých let a dále z budování individuálních či neveřejných vrtaných studní jak v areálu přilehlých firem, tak v nedalekých chatových koloniích.

Nejbližší studny se nachází v areálu současného autosalonu Volvo a Ford, v areálu autosalonu Hyundai, v blízkosti firmy NEST a v areálech firem NEST a AJETO. Hloubky vrtů se pohybují do 50 m. Vydátnosti se pohybují zpravidla do prvních dcl/s, výjimkou je vrt HV-1 budovaný pro plánovaný areál podlahářství, kdy byla predikována kapacita $\geq 0,5-0,7$ l/s (Mička R., 2009).

Zjištěné údaje vycházející z vlastních průzkumných prací:

¹⁾ Mička R. (2009) – vrt na pozemku č. 5552/20 k.ú. Jihlava

V rámci terénních prací byly provedeny 4 kopané sondy, označené dále jako S-1, S-2, S-3 a S-4, a jedna sonda vrtaná, označená jako VS-1. Pozice sond jsou znázorněny v příloze č. 03.

Kopané sondy byly provedeny dne 3.9. Použit byl bagr JCB od firmy IPOS. Hloubka sond se pohybovala mezi 3,0-4,0 m. Hloubeno bylo lžící průměru 100 cm, délka mapovacích rýh byla 2,5-3,0 m. Po geologické dokumentaci byly sondy zahrnuty.

Vrtaná sonda byla hloubena organizací Jihlavská vrtná s.r.o. dne 15.9.2009. Hloubeno bylo lehkou vrtnou soupravou Böhler a to jádrovým způsobem průměrem 168 mm s dovrtáním rotačním příklepem Ø 150 mm. Sonda byla vystrojena perforovanou PVC pažnicí Ø 125 mm.

Úložné poměry na lokalitě lze charakterizovat takto:

- Kvartérní pokryv tvoří deluviální až deluvioeluviální hlinité písky až hlíny jílovité písčité, místy s podstatnou příměsí zavířeného štěrku (ostrohranné úlomky zvětralého až navětralého migmatitu). Mocnost kvartérního pokryvu včetně svrchní vrstvy ornice byla zjištěna v metráži 0,0-2,1 m, resp. 2,5 m.
- Svahové sedimenty přechází do zvětralého skalního podloží (eluvia), které má převážně hlinito-písčitou, ojediněle jílovito-písčitou povahu a obsahuje zpravidla podstatnou příměs štěrku a kamenů (ostrohranné úlomky migmatitu). V eluviu jsou zachovány znaky původní textury horniny.
- Skalní podloží ve formě hustě rozpukané a písčité navětralé horniny (třída R4-R6) vystupuje v hloubkové etáži 2,8-3,8 m. Je budováno drobně až středně zrnitým biotitickým migmatitem. Kompaktnější skalní masív byl zjištěn v okolí sond VS-1 a S-3.

- Hladina podzemní vody nebyla zastižena v žádné ze sond. Dle širší geologické prozkoumanosti a geomorfologické pozice lokality odhaduji ustálenou hladinu podzemní vody v hloubce ≥ 10 m p.t.

Pro vsakování srážkových vod jsou podmínky na lokalitě hraniční, spodní hranici koeficientu filtrace zemních vrstev odvozuji ze vsakovací zkoušky v intencích $k_f \sim 4,0 \cdot 10^{-7}$ m/s, v místech výskytu propustnějších partií potom v řádu $k_f \leq 1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s.

2) Mičke R. (2009) – vrt na pozemku č. 5552/20 k.ú. Jihlava

Provedeným hydrogeologickým průzkumem na pozemku č. 5552/20 v k.ú. Jihlava byl ověřen zdroj podzemní vody, který bude sloužit k zásobování plánovaného areálu firmy Podlahářství Bořivoj Štřáva. V rámci prací byl vyhlouben průzkumný vrt o konečné hloubce 50 m s trvalou výstrojí PVC 160 mm, vrtem byly zastiženy zvodnělé partie ve vazbě na puklinový systém cordierit-biotitických migmatitů. Čerpací zkouškou bylo ověřeno, že kapacita zdroje je $Q > 0,35$ l/s. Úprava surové podzemní vody bude směřovat ke snížení koncentrací dusičnanů, železa a manganu. V ostatních parametrech voda vyhovuje normativům vyhlášky č. 252/2004 Sb., či vyhlášky č. 499/2005 Sb., o radiační ochraně.

Geologická dokumentace vrtu:

KVARTÉR

0,0-0,3 m drn – hlína písčítá se šterkem, hnědá, humózní

0,3-1,0 m písek hlinitý, slabě šterkovitý

1,0-2,5 m hlína jílovitá písčítá se šterkem

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

2,5-3,5 m eluviální písek hlinitý šterkovitý

3,5-6,0 m písčité zvětralý až navětralý, rozvolněný biotitický migmatit

6,0-19,0 m navětralý, na bázi rozpukaný a zvodnělý cordierit-biotitický migmatit, středně zrnitý, hnědošedý

19,0-33,0 m cordierit-biotitický migmatit, středně zrnitý, místy prokřemenělý, rozpukaný a zvodnělý v etážích 29-30 m a 32-33 m, na puklinách mírně navětralý s oxidy a sulfidy železa, šedý

33,0-50,0 m silně prokřemenělý cordierit-biotitický migmatit, středně zrnitý, místy slabě rozpukaný, světle až tmavošedý

Hlaví přítoky podzemní vody do vrtu byly zaznamenány v etážích 16-19 m, 29-30 m, 32-33 m a 47-48 m ve vazbě na rozpukaný, případně mírně navětralý cordierit-biotitický migmatit. Mělký nevýrazný přítok se objevil v hloubce 13 m, tento přítok byl odstíněn zaplášťovou cementací vrtu. Hladina podzemní vody se ustálila v hloubce 6,55 m pod terénem, její režim je mírně napjatý s negativní piezometrickou výškou.

Mičke R. (2013) – vrt na pozemku č. 5592/45 k.ú. Jihlava – autosalon Hyundai

Geologická dokumentace vrtu:

KVARTÉR

0,0-1,0 m hlína písčítá šterkovitá, hnědá

1,0-2,0 m hlín jílovitá písčítá, podstatná příměs úlomky navětralých rul, hnědá

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

2,0-3,0 m	eluviální písek hlinitý štěrkovitý, v přechodu do písčité zvětralé a rozvolněné ruly
3,0-6,0 m	písčité navětralý a rozpukaný biotitický migmatit, barva hnědá
6,0-14,0 m	slabě navětralý cordierit-biotitický migmatit, drobně až středně zrnitý, na bázi rozpukaný a slabě zvodnělý, barva hnědošedá
14,0-30,0 m	dtto, zdravý, v etáži 27-28 m rozpukaný a zvodnělý, tmavošedý

Hladiny podzemní vody –

naražená -14 m, -27 m

ustálená – 8,3 m pod terénem

Hlavní dotační přítoky do vrtu jsou spjaty s etáží puklinově propustného migmatitu v etážích 14-15 m a především 27-28 m. Z průběhu přítokového testu a výsledků vrtání byla odvozena dlouhodobě využitelná vydatnost zdroje na $Q \geq 0,15-0,2$ l/s.

Mičke R. (2010) – tepelné vrty v uzavřeném systému země/voda na pozemku č. 5643/9 k.ú. Jihlava – autosalon Ford, Volvo (celkem 8 vrtů hloubek 129-141 m)

Vrty byly svou podstatnou částí hloubeny v biotitických migmatitizovaných rulách až cordierit-biotitických migmatitech. V nadloží pararul a migmatitů s objevují omezeně mocné pokryvy deluviální povahy (cca 1,0 m – hlíny písčité s úlomky rul) a dále eluviální hlinité či jílovité písky štěrkovité, které v hloubce mezi 2,0-3,0 m přechází do navětralých hornin skalního fundamentu.

Podzemní voda byla naražena v rozdílných etážích v závislosti na pozici vrtů. Hloubky mělkých přítoků se pohybuje zhruba mezi 8-10 m, podzemní voda vázaná na puklinové partie mírně navětralých hornin se objevuje nejčastěji v hloubkách mezi 15-25 m. Další drobné přítoky vody byly zaznamenány nesouvisle v etážích do cca 65 m. Dále se hornina jeví jako kompaktní. V případě vrtu TVJ 6 byly zastiženy rozpukané partie v hloubce cca 120-125 m, ovšem bez výraznějšího zvodnění.

Vydatnosti přítoků podzemní vody se pohybovaly nejčastěji mezi 0,05-0,2 l/s. Hladina podzemní vody je mírně napjatá s negativní piezometrickou úrovní a před zapouštění sond se ustalovala v úrovni cca 6,0-15,0 m pod terénem. Některé vrty byly prakticky bez vody – TVJ-6 a TVJ-7.

Tabulka č. 1: Naražené a ustálené hladiny podzemní vody v tepelných vrtech

Hladiny podzemní vody (m p.t.)	Vrt TVJ-1	Vrt TVJ-2	Vrt TVJ-3	Vrt TVJ-4	Vrt TVJ-5	Vrt TVJ-6	Vrt TVJ-7	Vrt TVJ-8
1. naražená	-21	-21	-18	-8	-8	-8	-40	-8
2. naražená	-61	-60	-25	-14	-15			-17
3. naražená	-		-65	-62	-64			-65
4. naražená	-	-		-	-			-
ustálená	-15	-10	-9	-6	-7	-	-	-7

Mičke R. (2017) – Jímací vrt HVJ-1 – logistický areál

Pro zásobování vodou byl na lokalitě v roce 2017 realizován průzkumný vrt HVJ-1 hloubky 93 m.

Geologická dokumentace vrtu HVJ-1

KVARTÉR

0,0-2,5 m deluviální hlína písčité jílovitá, na vrchu 30 cm ornice

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM - PALEOZOIKUM

2,5-3,5 m do štěrkovitého písku jílovitého zvětralá a rozvolněná žula

3,5-7,0 m písčité navětralá dvojslídňá žula až rula, drobně zrnitá

7,0-14,0 m navětralá biotitická žula až rula, šedohnědá, drobnozrnná

14,0-68,0 m drobně zrnitá arteritická žula až pokročilý migmatit (arterit), barva šedá až světle šedá, vložky křemene, kompaktní až slabě puklinatá

68,0-75,0 m středně zrnitý biotitický migmatit, tmavošedý, slabě puklinatý

75,0-91,0 m cordierit-biotitický migmatit, nazelenale šedý, polohy tmavošedých grafitických rul, střednozrnný, slabě puklinatý

91,0-93,0 m cordierit-biotitický migmatit, světle šedý, drobně až středně zrnitý

Naražené hladiny podzemní vody:

1. -3,5 m (odstíněno zaplášťovou úpravou vrtu)
2. -7 m (odstíněno zaplášťovou úpravou vrtu)
3. -68 m
4. -75 m
5. -83 m

Ustálená -0,85 m pod terénem (5.10.2017)

První přítok vody byl zastižen na bázi eluviálního pokryvu v hloubce 3,5 m a další posléze v navětralé části fundamentu v hloubce 7,0 m. uvedené nevýrazné přítoky byly odstíněny zaplášťovou úpravou vrtu.

Dále bylo vrtáno v kompaktní až slabě rozpukané arteritické žule s přechody do pokročilého migmatitu (arteritu). K petrografické změně dochází v hloubce 68 m s přechodem do biotitického migmatitu, zde byl zastižen výraznější puklinový přítok vody. Dále do konečné hloubky vrtáno v cordierit-biotitickém migmatitu s drobnými polohami grafitických rul, nevýrazné přítoky zaznamenány v hloubkách kolem 75 m a 83 m.

Hladina podzemní vody se ustálila v hloubce 0,85 m pod terénem, její režim je mírně napjatý s negativní piezometrickou úrovní.

4. Provedené práce

4.1. Sondážní práce

V rámci terénních prací bylo na lokalitě dne 19.12.2018 vyhloubeno a zdokumentováno 8 kopaných sond označených dále v textu a přílohách jako S2, S6, S7, S8, S9, S13, S14 a S15.

Sondy byly hloubeny kolovým bagrem průměrem lžíce 60 cm a byly ukončeny v hloubkách 1,5-3,3 m v podstatě v hůře rozpojitelném skalním fundamentu.

Sondy S6 a S14 byly vystrojeny PVC pažnicí průměru 125 mm a obsypány vytěženou zemínou, ostatní sondy byly po dokumentaci zasypány a terén urovnán.

Vrtané sondy označené jako S1, S3, S4, S5, S10, S12 a S13 byly dne 10.1.2019 hloubeny jádrovým způsobem vrtnou soupravou URB-2A firmy LTgeo s r.o.. Vrtáno bylo jádrovým způsobem pomocí krátkých návtů v délce 20-30 cm. Odvrtané jádro bylo ukládáno do typizovaných vzorkovnic, ze kterých prováděl geolog makroskopický popis zemin a hornin a prvotní geologickou dokumentaci. Sonda S3 byla vystrojena PVC zárubnicí Ø 110 mm perforovanou v úseku 0,0-6,0 m a sloužila k monitoringu hladiny podzemní vody.

4.2. Vsakovací zkoušky

Vsakovací zkoušky byly provedeny ve dnech 10.1.-14.1.2019 na vystrojených sondách S14 a S6. Sondy byly jednorázově naplněny vodou a sledován pokles hladiny v čase. Průběh zkoušek je graficky znázorněn v příloze č. 05/a, b.

Tabulka č. 2: Vsakovací zkoušky na sondách S14 a S6

Objekt	Nálev	Hladina po nálevu (m)	Celková doba zkoušky (min.)	Snížení hladiny (m)
S14	nálev I. 1000 l	0,0	120	2,1
	nálev II. 1000 l	0,0	210	2,1
S6	nálev 220 l	0,0	5760	0,72

- výšky hladiny byly měřeny od terénu

4.3. Geodetické práce

Průzkumné sondy byly geodeticky zaměřeny v systému JTSK a Bpv firmou Geodet Metelka, Jihlava. Geodetické zaměření a souřadnice sond jsou součástí přílohy č. 06.

4.4. Rešeršní a vyhodnocovací práce

Geologické práce se skládaly ze 3 etap – rešeršní, terénní a vyhodnocovací. Fáze terénního průzkumu spočívala v provádění a dokumentaci sond a realizaci vsakovací zkoušky. Cílem této etapy bylo zajistit potřebné množství podkladů, které jsou spolu s rešeršními poznatky o území v následující fázi analyzovány a interpretovány. Výsledky jsou prezentovány formou závěrečné zprávy, která je zpracována v 8 vyhotoveních.

5. Výsledky geologicko-průzkumných prací

5.1. Dokumentace sond, úložné poměry

Geologická dokumentace kopaných sond:

S1

KVARTÉR

0,0-0,3 m ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá

0,3-1,3 m deluviální hlína jílovitá písčitá, tuhá, hnědá

SVRCHNÍ PALEOZOIKUM

1,3-4,2 m eluviální písek hlinitý štěrkovitý, písek střední až hrubý, stmelený, rezavohnědý

4,2-6,5 m	rozpadavá a silně zvětralá žula, slabě hlinitý písek ve výplni puklin a mezer, hnědá
6,5-7,0 m	písčité navětralá žula, rozpadavá, hnědá

Hladina podzemní vody naražená -6,1 m
 ustálená -4,2 m po 2 hodinách
 ustálená -1,35 m (11.1.)

S2

KVARTÉR

0,0-0,3 m	ornice
0,3-1,8 m	deluviální hlína písčitá jílovitá, hnědá se šedými závalky, tuhá

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

1,8-2,7 m	rozpadavé skalní podloží, hlinitojílovitý písek ve výplni puklin, úlomky žul do 8 cm
-----------	--

Hladina podzemní vody: naražená -1,8 m, předpoklad ustálené -0,85 m (viz. vrt HVJ-1)

S3 (výstroj PVC 110 mm)

KVARTÉR

0,0-0,3 m	ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá
0,3-2,0 m	deluviální hlína písčitá jílovitá, tuhá, hnědá

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

2,0-2,8 m	eluvialní písek hlinitý, hnědý, stmelený
2,8-3,6 m	rozpadavá a silně zvětralá rula, hlinitý písek ve výplni puklin a mezer, hnědá
3,6-6,0 m	písčité navětralá rula, rozpadavá, hnědá

Hladina podzemní vody: nezastižena, ustálená -0,55 m p.t. (10.1.)

S4

KVARTÉR

0,0-0,3 m	ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá
0,3-2,3 m	deluviální hlína písčitá jílovitá, závalky šterku, tuhá až pevná, hnědá

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

2,3-2,8 m	eluvialní hlína písčitá šterkovitá, hnědá až tmavohnědá, tuhá až pevná
2,8-3,5 m	eluvialní písek hlinitý, slabě jílovitý, stmelený, hnědý se šedými polohami
3,5-5,3 m	rozpadavá a silně zvětralá rula s polohami amfibolické ruly, hlinitý písek ve výplni puklin a mezer, barva hnědá až šedá
5,3-6,8 m	písčité navětralá rula, rozpadavá, hnědá
6,8-7,0 m	slaběji navětralá rula, rozpadavá, hnědá

Hladina podzemní vody naražená -5,1 m
 ustálená – 1,22 m p.t. (11.1.)

S5

KVARTÉR

0,0-0,3 m	ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá
0,3-1,5 m	deluviální hlína jílovitá písčitá, tuhá, hnědá

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

1,5-2,3 m	eluviální písek hlinitý, hnědý, stmelенý
2,3-3,3 m	rozpadavá a silně zvětralá rula, hlinitý písek ve výplni puklin a mezer, hnědá
3,3-6,0 m	písčité navětralá rula, rozpadavá, hnědá

Hladina podzemní vody naražená -2,3 m
 ustálená -1,98 m po 2 hodinách
 ustálená – 1,42 m (11.1.)

S6 (výstroj PVC 125 mm)

KVARTÉR

0,0-0,3 m	ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá
0,3-1,6 m	deluviální hlína písčitá jílovitá, hnědá se šedými závalky, tuhá

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

1,6-2,1 m	eluviální písek hlinitý, ulehlý, mírně zavlhlý
2,1-3,3 m	zcela až silně zvětralá rula, úlomky do 10 cm, hlinitý písek ve výplni puklin R5

Hladina podzemní vody: nezastižena, ustálená -0,89 m p.t. (10.1.)

S7

KVARTÉR

0,0-0,3 m	ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá
0,3-0,8 m	deluviální hlína písčitá jílovitá, hnědá se šedými závalky

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

0,8-1,1 m	eluviální písek hlinitý, rezavo až žlutohnědý, silně ulehlý
1,1-1,3 m	zcela až silně zvětralá rula, úlomky do 10 cm, hlinitý písek ve výplni puklin R5
1,3-1,5 m	rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky 3-10 cm, R4
1,5-1,7 m	rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky do 15 cm, R3

Hladina podzemní vody: nezastižena

S8

KVARTÉR

0,0-0,3 m	ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá
0,3-0,7 m	deluviální suť, štěrk písčitý, hlinitý, úlomky až 30 cm

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

0,7-1,1 m	rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky 3-10 cm, R4
1,1-1,5 m	rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky do 15 cm, R3

Hladina podzemní vody: nezastižena

S9

KVARTÉR

0,0-0,3 m	ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá
0,3-1,1 m	deluviální hlína písčitá, štěrkovitá, zahliněný štěrk, G4

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

1,1-2,3 m	rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky 3-10 cm, R4
-----------	--

2,3-2,5 m rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky do 15 cm, R3

Hladina podzemní vody: nezastižena

S10

KVARTÉR

0,0-0,3 m ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá
0,3-0,8 m hlína písčitá s úlomky horniny, pevná, hnědá
0,8-2,1 m deluviální štěrk hlinitý, středně ulehlý až ulehlý, hnědý

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

2,1-2,7 m rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky 2-5 cm
2,7-3,5 m silně zvětralá rula, úlomky 3-10 cm
3,5-4,0 m mírně zvětralá rula, úlomky do 15 cm

Hladina podzemní vody: nezastižena

S11

KVARTÉR

0,0-0,3 m ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá
0,3-0,6 m hlína písčitá s úlomky horniny, pevná, hnědá
0,6-1,1 m deluviální štěrk hlinitý, středně ulehlý až ulehlý, hnědý

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

1,1-1,7 m rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky 2-5 cm
1,7-2,2 m silně zvětralá rula, úlomky 3-10 cm
2,2-3,0 m mírně zvětralá rula, úlomky do 15 cm

Hladina podzemní vody: nezastižena

S12

KVARTÉR

0,0-0,3 m ornice – hlína písčitá, organogenní, tmavohnědá
0,3-0,8 m hlína písčitá s úlomky horniny, pevná, hnědá
0,8-1,3 m deluviální štěrk hlinitý, středně ulehlý až ulehlý, hnědý

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

1,3-1,8 m rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky 2-5 cm
1,8-2,4 m silně zvětralá rula, úlomky 3-10 cm
2,4-3,0 m mírně zvětralá rula, úlomky do 15 cm

Hladina podzemní vody: nezastižena

S13

KVARTÉR

0,0-0,3 m ornice
0,3-1,0 m deluviální hlína písčitá, štěrkovitá, zahliněný štěrk, G4

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

1,0-1,8 m rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky 3-10 cm, R4
1,8-2,2 m rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky do 15 cm, R3

Hladina podzemní vody: nezastižena

S14 (výstroj PVC 125 mm)

KVARTÉR

0,0-0,2 m ornice
0,2-1,1 m hlína písčitá šterkovitá, deluviální

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

1,1-2,1 m rozpadavá rula, hnědá, hlinitý písek ve výplni puklin, úlomky 3-10 cm, R4
2,1-2,3 m rozpadavá rula, silně navětralá, R3

Hladina podzemní vody: nezastižena

S15

KVARTÉR

0,0-0,3 m ornice
0,3-1,8 m jemná hlína písčitá, rezavohnědá, pevná, deluviální

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM

1,8-2,4 m eluvium, písek hlinitý s drobným šterkem, S4
2,4-2,6 m rozpadavá rula, hlinitý písek ve výplni puklin, R5

Hladina podzemní vody: nezastižena

Úložné poměry v prostoru sond a ve studovaném území obecně lze na základě provedených sond charakterizovat takto:

Co do úložných poměrů v hloubkovém dosahu sond lze prostředí co do úložných poměrů charakterizovat jako **mírně anizotropní**.

Kvartérní pokryv má denudační mocnost 0,7-2,1 m. V prostoru haly A je budován především hlinitým pískem či písčitou hlínou a svahovou sutí. V prostoru haly B pak hlínou písčitou jílovitou až hlínou jílovitou písčitou. Na vrchu je vyvinuta ornice o mocnosti 0,3 m.

Eluvium je vyvinuto nesouvisle a především v prostoru haly A nasedá místy kvartér přímo na rozpadavé skalní podloží. Zde zasahuje do hloubek max. 2,1 m a je budováno převážně hlinitým pískem ulehlým. V prostoru haly B je eluvium vyvinuto ve formě hlinitého písku, silně ulehlého až stmeleného a zasahuje do hloubek max. 3,5-4,2 m pod úroveň stávajícího terénu.

Dále vystupuje skalní fundament, v prostoru haly A ve formě rul či migmatitů směrem do hloubky s poměrně rychlým snižováním rozpojitelnosti. V prostoru haly B je fundament silněji navětralý, tvořený rulou či migmatitem, místy pak polohami žul.

Hladina podzemní vody vystupuje relativně mělce pod terén v prostoru plánované haly B. Kvaziustálené hladiny podzemní vody byly v sondách S1 až S6 zjištěny v úrovních 0,55-1,42 m pod terénem. Podzemní voda je v tomto prostoru vázána na smíšený puklinovo-průlinový kolektor na přechodu eluvia a rozpadavého skalního fundamentu. Charakter hladiny podzemní vody je mírně napjatý, lokálně má zvodeň až přelivný charakter, a odvodňuje se formou pramenů nad úrovní erozní báze a dochází k podmáčení terénu.

V prostoru haly B nebyla do hloubky 4,0 m podzemní voda zastižena. Dle výsledků předchozích geologických prací (Mička R., 2010) lze v tomto prostoru predikovat ustálenou hladinu ve výškách $\geq 6-8$ m pod terénem ve vazbě na puklinový systém rul či migmatitů.

Dokumentace sond a zatřídění jsou prezentovány v příloze č. 04.

5.2. Vyhodnocení vsakovacích zkoušek, akumulčně-vsakovací schopnost prostředí

Vsakovací zkoušky byly provedeny na sondách S14 (prostor haly A) a S6 (prostor haly B). Průběh vsakovacích zkoušek je graficky znázorněn v příloze č. 05/a, b. Cílem vsakovacích zkoušek bylo simulovat činnost vsakovacího zařízení a stanovení koeficientu vsaku (k_v). Vyhodnocení bylo provedeno dle vzorce:

$$k_v = Q_{zk}/A_{zk}$$

k_v koeficient vsaku (m/s)

Q_{zk} přítok do průzkumného objektu během zkoušky (m^3/s)

A_{zk} zkušební vsakovací plocha během zkoušky (m^2)

Zkušební vsakovací plochy byly vypočteny dle vzorce F) v kapitole č. 6.

Průběh vsaku na sondě S14 demonstruje relativně příhodné vsakovací vlastnosti svrchní navětralé a rozvolněné zóny rul. Zásak je poměrně plynulý a rychlý po celý čas zkoušky. Ke vsaku veškeré vpravené vody dochází prakticky v průběhu 210 minut.

Ze vsakovací zkoušky a výše uvedeného vzorce vychází koeficient vsaku $k_v \sim 1,68 \cdot 10^{-5}$ m/s, jedná se o prostředí slabě propustné, na poměry krystalinika moldanubické oblasti se však jedná o parametry příznivé.

Průběh vsaku na sondě S6 demonstruje nízké akumulčně vsakovací vlastnosti svahových hlín písčitých jílovitých nad zónou saturace.

Ze vsakovací zkoušky a výše uvedeného vzorce vychází koeficient vsaku $k_v \sim 1,89 \cdot 10^{-7}$ m/s, jedná se o prostředí velmi slabě propustné.

6. Interpretace výsledků průzkumných prací, výpočet dimenze retenčně-vsakovacích prvků, doporučení

Z hlediska akumulčně-vsakovací schopnosti je prostředí na zadané lokalitě heterogenní a lze jej paušálně klasifikovat jako **omezeně vhodné až nevhodné**.

Pro možnost zasakování srážkových vod je lokalita jako celek anizotropní, což je dáno především výškou saturované zóny.

V prostoru haly A vykazuje relativně příznivé akumulčně-vsakovací schopnosti svrchní rozrušená a navětralá část skalního fundamentu, nevýhodou je relativně malá mocnost vhodné vsakovací vrstvy. V hloubkách $\geq 2,5-3,0$ m dochází k výraznějšímu snižování rozpojitelnosti a tím i snižování akumulčně-vsakovací schopnosti. Stále je však poměrně vhodná, což je dáno převážně písčitou výplní puklin.

Výpočty potřebné vsakovací plochy a retenčního objemu doporučuji korelovat s hodnotou $k_v = 1,68 \cdot 10^{-5}$ m/s.

V prostoru haly B je limitním faktorem výška saturované zóny, která se nachází v hloubkách 0,55-1,42 m pod terénem.

Výpočty potřebné vsakovací plochy a retenčního objemu doporučuji korelovat s hodnotou $k_v = 1,89 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Koeficienty vsaku se v prostoru plánované výstavby liší zhruba o 2 řády.

Rychlost zasakování ve vertikálním směru (hydraulický gradient $I = 1$) bude závislá na hodnotě koeficientu vsaku v nenasycené zóně. K zasakování bude docházet přednostně dnem filtračního objektu při uvažovaných malých výškách vzdutí.

Vsakovací odtok je závislý na ploše vsakovacího pole a koeficientu vsaku, stanoví se podle následujícího vztahu:

$$A) Q_{vsak} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{vsak} \quad (m^3/s)$$

Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení vychází z následujícího vzorce:

$$B) V_{vz} = h_d/1000 \cdot (A_{red} + A_{vz}) - 1/f \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60 \quad (m^3)$$

V případě povoleného odtoku do vodoteče či kanalizace se vypočte retenční objem zařízení:

$$C) V_{vz} = h_d/1000 \cdot (A_{red} + A_{vz}) - (1/f \cdot k_v \cdot A_{vsak} + Q_o) \cdot t_c \cdot 60 \quad (m^3)$$

Doba prázdnění vsakovacích zařízení je doporučována kratší jak 72 hodin, vypočte se ze vzorce:

$$D) T_{pr} = V_{vz}/Q_{vsak} \quad (sec.)$$

V případě povoleného odtoku do kanalizace se vypočte doba prázdnění podle vzorce:

$$E) T_{pr} = V_{vz}/(Q_{vsak} + Q_o) \quad (sec.)$$

Aktivní vsakovací plocha A_{vsak} v případě podzemního vsakovacího prostoru se vypočte ze vztahu:

$$F) A_{vsak} = L \cdot (h_{vz}/2 + b) \quad (m^2)$$

Stanovení potřebné odstupové vzdálenosti od budov se vypočte podle vzorce:

$$G) X = X_1 + X_2$$

$$X_1 = (h + 0,5/15 \cdot k_v^{0,25}) + 2$$

Zkušební vsakovací plocha A_{zk} v případě průzkumné kopané sondy se vypočte ze vztahu:

$$H) A_{zk} = (2 \times A_1) + (2 \times A_2) + A_3 \quad (m^2)$$

Vysvětlivky:

Q_{vsak} vsakovací tok (m^3/s)

f součinitel bezpečnosti vsaku ($f \geq 2$)

h_d návrhový úhrn srážky (mm)

A_{red} redukovaná plocha (m^2)

A_{vsak} vsakovací plocha (m^2)

A_{vz} plocha hladiny vsakovacího zařízení (m^2) – v případě podzemních zařízení = 0

V_{vz} největší vypočtený objem vsakovacího zařízení
 k_v koeficient vsaku (hydraulické vodivosti) (m/s)
 t_c doba trvání srážky (min.)
 L délka vsakovacího prostoru (m)
 b šířka vsakovacího prostoru (m)
 h_{vz} výška propustných stěn (m)
 Q_0 povolený odtok do kanalizace (m^3/s)
 h rozdíl výšek mezi maximální hladinou ve vsakovacím zařízení a úrovni podzemního podlaží, pokud se hladina vody ve vsakovacím zařízení nachází pod úrovní podlahy nejnižšího podlaží dosazuje se do vztahu $h = 0$ (m)
 X_2 rozšíření dna výkopu (u komor $X_2 = 0$, zahrnuto ve výpočtu plochy vsakovacího zařízení)

V níže uvedené tabulce prezentuji výpočty potřebné retence pro všechny odvodňované plochy dohromady při koeficientu vsaku zjištěném ze vsakovací zkoušky a to pro případ prázdnění vsakovacího objektu či objektů do 72 hodin.

Tabulka č. 3: Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení dle ČSN 75 9010 – hala A + zpevněné plochy ($A_{red} = 17434 \text{ m}^2$).

Doba trvání srážky t_c (min.)	Úhrn srážek v periodicitě 1 x za 5 let h_d (mm)	Potřebný objem retenčně-vsakovacího zařízení V_{vz} (m^3) při aktivní vsakovací ploše 350 m^2 a době prázdnění do 72 hod.
5	10,2	176,9
10	15,7	271,9
15	19,1	330,3
20	21,4	369,6
30	24,5	421,8
40	25,9	444,5
60	27,8	474,1
120	31	519,3
240	37,7	614,9
360	43,1	687,9
480	43,9	680,7
600	44,8	675,2
720	45,6	668,0
1080	48	646,3
1440	49,7	612,5
2880	61,6	565,9
4320	69,2	444,4

Tabulka č. 4: Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení dle ČSN 75 9010 – hala B + zpevněné plochy ($A_{red} = 25089 \text{ m}^2$).

Doba trvání srážky t_c (min.)	Úhrn srážek v periodicitě 1 x za 5 let h_d (mm)	Potřebný objem retenčně-vsakovacího zařízení V_{vz} (m^3) při aktivní vsakovací ploše 41000 m^2 a době prázdnění do 72 hod.
5	10,2	254,7
10	15,7	391,6
15	19,1	475,7

20	21,4	532,3
30	24,5	607,7
40	25,9	640,5
60	27,8	683,5
120	31	749,9
240	37,7	890,1
360	43,1	997,6
480	43,9	989,8
600	44,8	984,5
720	45,6	976,7
1080	48	953,2
1440	49,7	912,2
2880	61,6	876,0
4320	69,2	731,9

Z provedených výpočtů vyplývá, že k likvidaci srážkové vody vznikající v prostoru haly A a zpevněných ploch vsakem do zemních vrstev by bylo zapotřebí aktivní vsakovací plochy $A_{vsak} \geq 350 \text{ m}^2$ při současné potřebě prázdnění v délce do 72 hodin. Potřebný akumulační objem bez povoleného odtoku pak činí $V_{vz} \geq 687,9 \text{ m}^3$, což odpovídá srážce v periodicitě $i_{0,2}$ v délce 360 minut a výšce 43,1 mm.

Minimální vzdálenost podzemních vsakovacích objektů od budov vychází $X \geq 4,5 \text{ m}$ (rozdíl výšek mezi maximální hladinou ve vsakovacím zařízení a úrovní podzemního podlaží bude nulový či záporný – viz. vzorec G).

K likvidaci srážkové vody vznikající v prostoru haly B a zpevněných ploch vsakem do zemních vrstev by bylo zapotřebí aktivní vsakovací plochy $A_{vsak} \geq 41000 \text{ m}^2$ při současné potřebě prázdnění v délce do 72 hodin. Potřebný akumulační objem bez povoleného odtoku pak činí $V_{vz} \geq 997,6 \text{ m}^3$, což odpovídá srážce v periodicitě $i_{0,2}$ v délce 360 minut a výšce 43,1 mm.

Minimální vzdálenost podzemních vsakovacích objektů od budov vychází $X \geq 5,6 \text{ m}$ (rozdíl výšek mezi maximální hladinou ve vsakovacím zařízení a úrovní podzemního podlaží bude nulový či záporný – viz. vzorec G).

Dle TNV 75 9011 se pro výpočet přípustného odtoku doporučuje hodnota specifického odtoku $3 \text{ l/s} \cdot \text{ha}^{-1}$, hodnota regulovaného odtoku z jednoho zařízení pro hospodaření s dešťovou vodou nemá být z provozních důvodů nižší než $0,5 \text{ l/s}$. Celková plocha, ze které v současnosti odtékají srážkové vody činí 92965 m^2 . Celkový povolený nárazový odtok při možnosti převést část vod do kanalizace, resp. vodoteče by takto činil dle výše uvedené normy $27,9 \text{ l/s}$.

Z hlediska spádovosti a prostorového rozvržení stavebního záměru jsem rozdělil na prostor haly A – možný odtok cca $11,4 \text{ l/s}$ – a haly B – možný odtok cca $16,5 \text{ l/s}$.

Tabulka č. 5: Hala A - Potřebný retenční objem V_{vz} při různých variantách objemů vod, které by mohly být teoreticky při kritickém dešti odváděny mimo zájmové území (kanalizace, vodoteč), uvažováno dále s celkovou plochou vsakovacích zařízení 350 m² (při větších plochách vsaku se objem retence sníží, ne ovšem významně)

Celkový odtok do kanalizace či vodoteče z odvodňované plochy skrze prvky pro zpomalení odtoku, retenci a vsak (l/s)	Likvidace srážkových vod na lokalitě s možností odvedení kritických dešťů mimo zájmové území – potřebný V_{vz} (m ³)
0	687,9
3,0	623,1
5,0	579,9
11,4	450,8
20,0	402,1

Tabulka č. 6: Hala B - Potřebný retenční objem V_{vz} při různých variantách objemů vod, které by mohly být teoreticky při kritickém dešti odváděny mimo zájmové území (kanalizace, vodoteč), uvažováno dále s celkovou plochou vsakovacích zařízení 500 m² (při větších plochách vsaku se objem retence sníží, při nízké hodnotě koeficientu vsaku však zanedbatelně)

Celkový odtok do kanalizace či vodoteče z odvodňované plochy skrze prvky pro zpomalení odtoku, retenci a vsak (l/s)	Likvidace srážkových vod na lokalitě s možností odvedení kritických dešťů mimo zájmové území – potřebný V_{vz} (m ³)
0	1723,9
3,0	1015,5
5,0	972,3
16,5	723,9
20,0	657,2

Na předmětné lokalitě bych považoval za optimální a v podstatě jediný relevantní kombinovaný způsob likvidace srážkových vod:

Hala A a zpevněné plochy v okolí

Doporučuji kombinaci retence, podzemních a povrchových vsaků, případně regulovaný odtok mimo zájmové území. Hloubka založení vsakovacích objektů max. 2,5-3,0 m pod nivelitu stávajícího terénu. V případě retencí předpokládám z hlediska rozpojitelnosti možnost zahlubování do max. cca 3,0-3,5. Vzdálenost podzemních vsaků od budov doporučuji $X \geq 4,5$ m.

Při možnosti převedení části vod mimo zájmové území (dle TNV 75 9011 sumární odtok 11,4 l/s) považuji za vhodný retenční objem $V_{vz} \geq 450,8$ m³ dle tabulky č. 5. Celkovou vsakovací plochu navrhuji $A_{vsak} \geq 350$ m².

Hala B a zpevněné plochy v okolí

Z důvodu vysoko uložené hladiny podzemní vody a nízkého koeficientu vsaku (potřebné vsakovací plochy nelze dosáhnout) připadá v úvahu v podstatě pouze retenování srážkových vod, jejich povrchový vsak (průlehy, suchý poldr apod.) a případně regulovaný odtok mimo zájmové území. Pouze v části zpevněných ploch v okolí sondy S7 doporučuji mělký podzemní vsak do úrovně 1,5-2,0 m pod terénem (např. vsakovací koše či vsakovací lože pod komunikací apod.).

U povrchových prvků předpokládám pouze terénní úpravy stávající nivelety se zahloubením do cca 0,5 m pod úroveň terénu.

Při možnosti převedení části vod mimo zájmové území (dle TNV 75 9011 sumární odtok 16,5 l/s) považuji za vhodné zajistit retenční objem $V_{vz} \geq 723,9 \text{ m}^3$ dle výpočtu v tabulce č. 6). V daném případě lze předpokládat spíše nutnost čerpání do kanalizace vyústěné do přítoku Jihlávky. Lze prověřit i možnost zaústění do svodných odvodňovacích (melioračních) svodů, patrně s výustí do Koželužského potoka. Považuji za možné a vhodné dosáhnout minimální vsakovací plochy $A_{vsak} \geq 500 \text{ m}^2$.

Konceptuální model vsakování:

Srážkové vody budou zaváděny do svrchní navětralé části migmatitizovaných biotitických pararul či migmatitů s polohami žul. Přednostně budou migrovat na úroveň kompaktnějšího a méně propustného skalního fundamentu v předpokládané hloubce $\geq 3,0\text{-}4,0 \text{ m}$ či až na úroveň saturace v hloubce $\geq 6\text{-}8 \text{ m}$ (v prostoru haly A), případně $0,55\text{-}1,42 \text{ m}$ v případě haly B), dále budou migrovat také advekci ve směru hydraulického spádu. Budou se podílet na formování zvodní ve svrchní rozpukané části fundamentu s odvodněním v prostoru místní erozní báze, případně až hlubinných puklinových zvodní pod její úrovní. **Jedná se o útvar podzemní vody 65500 Krystalinikum v povodí Jihlavy, vrstva základní.**

Po stránce kvalitativní jsou srážkové vody odtékající z urbanizovaného území znečištěny látkami obsaženými v ovzduší a látkami pocházejícími z materiálu a užívání odvodňovacích ploch.

Znečištění ovzduší v lokálním měřítku závisí zejména na typu a množství emisních zdrojů, na reliéfu a na meteorologických podmínkách lokality. Často vykazuje značné roční kolísání dané zimním vytápěním.

Z hlediska nakládání se srážkovými vodami představují nejvýznamnější znečištění pocházející z atmosférické depozice jemné částice, těžké kovy a persistentní organické sloučeniny (např. benzo-a-pyren). Nezanedbatelné jsou však též živiny (dusík a fosfor).

Při vyšším znečištění nebo u povrchových vod, u nichž je nutná vyšší ochrana, jsou vhodné retenční půdní filtry, popř. filtrace přes adsorpční materiál pro zachycení těžkých kovů. Stupeň předčištění doporučuji volit ve smyslu TNV 75 9011 dle frekvence a předpokládaného zatížení ploch a ošetření kovových konstrukcí střech objektů – viz. tabulka č. 7.

Tabulka č. 7 – typické znečišťující látky na jednotlivých typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod (výtah z TNV 75 9011)

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy	Uhlovodíky	Organické znečištění, BSK ₅	Živiny N, P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy
Střechy	vegetační extenzivní	xn	xn	xn	xn	xn	xn	xn	xn
	vegetační intenzivní	xn	xn	xn	xn	x	x	xn	xn
	inertní	x	x	xn/x	xn/x	xn/x	xn/x	xn/x	xn
	s plochou neošetřených kovových částí do 50 m ²	x	x	x	xn/x	xn/x	xn/x	xn/x	xn
	s plochou neošetřených kovových částí do 50 m ² až 500 m ²	x	x	xx	xn/x	xn/x	xn/x	xn/x	xn
	s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m ²	x	x	xxx	xn/x	xn/x	xn/x	xn/x	xn
Parkoviště	málo frekventovaná (osobní auta)	xx	x	x	x	x	x	x	x
	(vysoce) frekventovaná (os. auta a busy)	xx	xx	xx	xx	x	x	x	xx
	nákladní auta ^d	xxx	xxx	xxx	xxx	x	x	x	xx
Pozemní komunikace	málo frekventované ^a (příjezdy k domům)	xx	x	x	x	x	x	x	x
	středně frekventované ^b	xx	xx	xx	xx	x	x	x	xx
	vysoce frekventované ^c	xx	xxx	xxx	xxx	x	x	x	xxx
xn x xx xxx ^a ^b ^c ^d		neznečištěná srážková voda mírně znečištěná srážková voda středně znečištěná srážková voda vysoce znečištěná srážková voda <300 automobilů za 24 h, např. příjezdy k domům a místní komunikace v obytné zástavbě 300 automobilů až 15 000 automobilů za 24 h nad 15 000 automobilů za 24 h, obvykle dálnice a rychlostní silnice parkoviště, která nejsou součástí veřejných komunikací							

7. Závěr

Cílem hydrogeologického průzkumu na lokalitě Jihlava bylo ověření hydrogeologických podmínek v rámci plánované výstavby multifunkčního areálu lehké výroby a služeb. Pozornost byla upřena především k možnosti likvidace srážkových vod ze zpevněných ploch.

Pro účely výpočtů a doporučení jsem celkovou redukovanou plochu odvodnění $A_{red} \approx 42523 \text{ m}^2$ rozdělil na prostor spádovaný k hale A a k hale B, oboje včetně okolních zpevněných ploch:

Hala A $A_{red} \sim 17434 \text{ m}^2$

Hala B $A_{red} \sim 25089 \text{ m}^2$

K zajištění cílů průzkumných prací bylo vyhloubeno a zdokumentováno 8 kopaných sond označených jako S2, S6, S7, S8, S9, S13, S14 a S15. Sondy S6 a S14 byly vystrojeny PVC pažnicí průměru 125 mm a obsypány vytěženou zeminou, ostatní sondy byly po dokumentaci zasypány a terén urovnán. Na sondách S6 a S14 byly realizovány nálevové testy. Dále bylo vyhloubeno 7 vrtaných sond označených jako S1, S3, S4, S5, S10, S12 a S13. Sonda S3 byla vystrojena PVC zárubnicí Ø 110 mm perforovanou v úseku 0,0-6,0 m a sloužila k monitoringu hladin podzemní vody.

Co do úložných poměrů v hloubkovém dosahu sond lze prostředí co do úložných poměrů charakterizovat jako **mírně anizotropní**.

Kvartérní pokryv má denudační mocnost 0,7-2,1 m. V prostoru haly A je budován především hlinitým pískem či písčitou hlínou a svahovou sutí. V prostoru haly B pak hlínou písčitou jílovitou až hlínou jílovitou písčitou. Na vrchu je vyvinuta ornice o mocnosti 0,3 m.

Eluvium je vyvinuto nespojitě a především v prostoru haly A nasedá místy kvartér přímo na rozpadavé skalní podloží. Zde zasahuje do hloubek max. 2,1 m a je budováno převážně hlinitým pískem ulehlým. V prostoru haly B je eluvium vyvinuto ve formě hlinitého písku, silně ulehlého až stmeleného a zasahuje do hloubek max. 3,5-4,2 m pod úroveň stávajícího terénu.

Dále vystupuje skalní fundament, v prostoru haly A ve formě rul či migmatitů směrem do hloubky s poměrně rychlým snižováním rozpojitelosti. V prostoru haly B je fundament silněji navětralý, tvořený rulou či migmatitem, místy pak polohami žul.

Hladina podzemní vody vystupuje relativně mělce pod terén v prostoru plánované haly B. Kvaziustálené hladiny podzemní vody byly v sondách S1 až S6 zjištěny v úrovních 0,55-1,42 m pod terénem. Podzemní voda je v tomto prostoru vázána na smíšený puklinovo-průlinový kolektor na přechodu eluvia a rozpadavého skalního fundamentu. **Charakter hladiny podzemní vody je mírně napjatý, lokálně má zvodeň až přelivný charakter a odvodňuje se formou pramenů nad úrovní erozní báze a dochází k podmáčení terénu.** Z technického hlediska je třeba uvažovat s odvodem vody ze stavební pláň, na které budou vrstveny zemní násypy.

V prostoru haly A nebyla do hloubky 4,0 m podzemní voda zastižena. Dle výsledků předchozích geologických prací (Mička R., 2010) lze v tomto prostoru **predikovat ustálenou hladinu ve výškách $\geq 6-8 \text{ m}$ pod terénem ve vazbě na puklinový systém rul či migmatitů.**

Z hlediska akumulace-vsakovací schopnosti pro zavádění srážkových vod je prostředí na dané lokalitě heterogenní a lze jej paušálně klasifikovat jako **omezeně vhodné až nevhodné**.

Akumulačně-vsakovací anizotropie je dána především výškou saturevané zóny.

V prostoru haly A vykazuje relativně příznivé akumulace-vsakovací schopnosti svrchní rozrušená a navětraná část skalního fundamentu, nevýhodou je relativně malá mocnost vhodné vsakovací vrstvy. V hloubkách $\geq 2,5-3,0$ m dochází k výraznějšímu snižování rozpojitelosti a tím i snižování akumulace-vsakovací schopnosti. Stále je však poměrně vhodná, což je dáno převážně písčitou výplní puklin.

Výpočty potřebné vsakovací plochy a retenčního objemu doporučuji tomto prostoru (okolí sond S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15) korelovat s hodnotou koeficientu vsaku $k_v = 1,68 \cdot 10^{-5}$ m/s.

V prostoru haly B je limitním faktorem výška saturevané zóny, která se nachází v hloubkách 0,55-1,42 m pod terénem. Vodu lze zavádět v podstatě pouze do orničních či podorničních vrstev, částečně do svahovin.

Výpočty potřebné vsakovací plochy a retenčního objemu doporučuji v tomto prostoru (okolí sond S1, S2, S3, S4, S5, S6) korelovat s hodnotou $k_v = 1,89 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Koeficienty vsaku se v prostoru plánované výstavby liší zhruba o 2 řády.

Při nutnosti likvidovat veškeré srážkové vody in-situ jsou potřebné vsakovací plochy a objemy retencí prezentovány v tabulkách č. 3-4 v kapitole č. 6.

Bod 4.1.5. TNV 75 9011 uvádí, že odvodnění se řídí těmito prioritami (v uvedeném pořadí):

- 1) odvádění srážkových vod do půdního a horninového prostředí (vsakování), při jeho nedostatečné vsakovací schopnosti se kombinuje s retencí a regulovaným odtokem, při neproveditelnosti či nepřípustnosti vsakování se postupuje podle priority následující
- 2) retence a regulované odvádění srážkových vod do vod povrchových, při neproveditelnosti či nepřípustnosti regulovaného odvádění do povrchových vod se postupuje podle priority v bodě 3
- 3) retence a regulované odvádění srážkových vod jednotnou kanalizací

Technická proveditelnost určitého způsobu odvodnění v dané lokalitě se zkoumá v pořadí výše uvedených priorit a závisí především na velikosti odvodňované plochy, množství srážkových vod, geologických podmínkách, dostupnosti vodního toku či kanalizace, prostorových možnostech, na možnostech retence, na stavebních a technologických možnostech a na sousedských právních vztazích.

Dle zjištěných hydrogeologických podmínek doporučuji postupovat podle priority 1) – vsakování a využití částí srážkových vod in-situ a kombinace retence a regulovaného odtoku, s ohledem na sníženou akumulace-vsakovací schopnost prostředí, dále podle priority 2) – převedení (regulace) částí vod do povrchového toku.

Na předmětné lokalitě bych považoval za optimální a v podstatě jediný relevantní kombinovaný způsob likvidace srážkových vod:

Hala A a zpevněné plochy v okolí ($A_{red} \approx 17434 \text{ m}^2$):

Doporučuji kombinaci retence, podzemních a povrchových vsaků (nejspíše vsakovací průlehy), případně regulovaný odtok mimo zájmové území. Hloubka založení vsakovacích objektů **max. 2,5-3,0 m** pod nivelitu stávajícího terénu.

V případě retencí předpokládám z hlediska rozpojitelnosti možnost zahlubování do max. **cca 3,0-3,5 m**. Vzdálenost podzemních vsaků od budov doporučuji **$X \geq 4,5 \text{ m}$** .

Při možnosti převedení části vod mimo zájmové území (dle TNV 75 9011 sumární odtok **11,4 l/s**) považuji za vhodný retenční objem **$V_{vz} \geq 450,8 \text{ m}^3$** dle tabulky č. 5. Celkovou vsakovací plochu navrhuji **$A_{vsak} \geq 350 \text{ m}^2$** .

Hala B a zpevněné plochy v okolí ($A_{red} \approx 25089 \text{ m}^2$):

Z důvodu vysoko uložené hladiny podzemní vody a nízkého koeficientu vsaku (potřebné vsakovací plochy nelze dosáhnout) **případá v úvahu v podstatě pouze retenování srážkových vod, jejich povrchový vsak (průlehy, suchý poldr apod.), případně regulovaný odtok mimo zájmové území. Pouze v části zpevněných ploch v okolí sondy S7 doporučuji mělký podzemní vsak do úrovně 1,5-2,0 m pod terénem (např. vsakovací koše či vsakovací lože pod komunikací apod.).**

U povrchových prvků předpokládám pouze terénní úpravy stávajícího terénu se zahloubením do cca 0,5 m pod úroveň terénu.

Při možnosti převedení části vod mimo zájmové území (dle TNV 75 9011 sumární odtok **16,5 l/s**) považuji za vhodné zajistit retenční objem **$V_{vz} \geq 723,9 \text{ m}^3$** dle výpočtu v tabulce č. 6). V daném případě lze předpokládat spíše nutnost čerpání do kanalizace vyústěné do bezejmenného přítoku Jihlávky. Lze prověřit i možnost zaústění do svodných odvodňovacích (melioračních) svodů, patrně s výustí do Koželužského potoka. Považuji za možné a vhodné dosáhnout minimální vsakovací plochy **$A_{vsak} \geq 500 \text{ m}^2$** .

V obou případech se nekladou meze možnosti sekundárního využití srážkové vody (dopouštění požární nádrže, užitná voda v objektech či okolí apod.).

Z hlediska jakosti srážkových vod lze tyto dle ČSN 75 9010 definovat jako podmíněně přípustné (odvod ze střech a zpevněných ploch o $A_{red} \geq 200 \text{ m}^2$). Sekundární chemické či biologické znečištění není ve vyšší míře předpokládáno, v konkrétním případě bude nutné srážkové vody před nátokem do retenčně-vsakovacích prvků zbavovat hrubých nečistot. Stupeň předčištění doporučuji volit ve smyslu TNV 75 9011 dle frekvence a předpokládaného zatížení ploch a ošetření kovových konstrukcí střech objektů – viz. tabulka č. 7.

Při dodržení uvedených podmínek lze způsob likvidace srážkových vod doporučit bez rizika ohrožení kvalitativních vlastností zvodně, na vodu vázaných ekosystémů a okolních pozemků či staveb.

Finální umístění a parametry retenčně-vsakovacích prvků doporučuji v rámci realizace prováděcího projektu konzultovat s geologem a vycházet při návrhu z výše uvedených doporučení.

V Jihlavě
leden 2019

Vypracoval:
Mgr. Radek Mička

