

Závěrečná zpráva hydrogeologického průzkumu

Posouzení možnosti vsakování dešťových vod do půdních vrstev

Školní hřiště ZŠ Horka-Domky v Třebíči

(podklad pro územní rozhodnutí a projekt stavby)



Zpracovatel posudku:
Mgr. Antonín Kopřiva
Sihaya, spol. s.r.o.
Veleslavínova 6
612 00 Brno
tel. 723724130

Objednatel:
Městský úřad Třebíč
Odbor správy majetku a investic města
Oddělení investic
Karlovo nám. 104/55
674 01 Třebíč

Třebíč, září 2018



Výtisk č. digit.

1. Úvod – geologický úkol a údaje o území

Předkládané posouzení bylo vypracováno na základě objednávky pana Mgr. Pavla Krause, vedoucího Odboru správy majetku a investic města, Městský úřad Třebíč, Karlovo nám. 104/55, 674 01 Třebíč ze dne 21.8.2018.

Záměrem Města Třebíč jako investora akce „Víceúčelové hřiště ZŠ Horka – Domky“ je zjistit podmínky případného zasakování srážkových vod z plochy nově projektovaného víceúčelového hřiště, respektive jeho dílčích povrchů. Zodpovědným projektantem je pan Ing. David Bauer, Lidická 707/17, 674 01 Třebíč

Na parcele č. st. 2670/1, k.ú. Třebíč, v areálu školy ZŠ Horka – Domky, je dle informací Města Třebíč a projektové dokumentace plánována rekonstrukce stávajícího školního hřiště, respektive vybudování nového víceúčelového hřiště. Zatímco povrch stávajícího hřiště je tvořen prosívkovým materiálem, částečně již zarostlým drny a náletovými travinami, v rámci rekonstrukce je uvažováno mimo jiné s vybudováním zpevněných povrchů (tartan, umělá tráva, betonová dlažba). Protože stávající legislativa ukládá řešení likvidace srážkových vod přednostně vsakováním na pozemku stavby, v případě, že to geologické podmínky umožní, bude vybudován rovněž zasakovací prvek (či více prvků), umožňující infiltraci srážkových vod ze zpevněných ploch do půdního/horninového prostředí. Parcela č. 2670/1 je ve vlastnictví Města Třebíč jako zřizovatele školy.

a) Název geologického úkolu, cíl geologických prací, lokalizace prostoru průzkumu

Geologický úkol byl zpracován pod názvem „Závěrečná zpráva hydrogeologického průzkumu - Posouzení možnosti vsakování dešťových vod do půdních vrstev, Školní hřiště ZŠ Horka-Domky v Třebíči“. Účelem geologických prací bylo detailní zhodnocení zasakování srážkových vod včetně základního poznání geologických, inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů lokality (geologický profil, rozlišení jednotlivých typů základových půd, zjištění úrovně hladiny podzemní vody apod.), s cílem doporučit nebo vyloučit možnost využití vsakování srážkových vod na lokalitě. Geologický úkol byl zpracován na úrovni podrobného geologického průzkumu.

Lokalizace prostoru průzkumu:

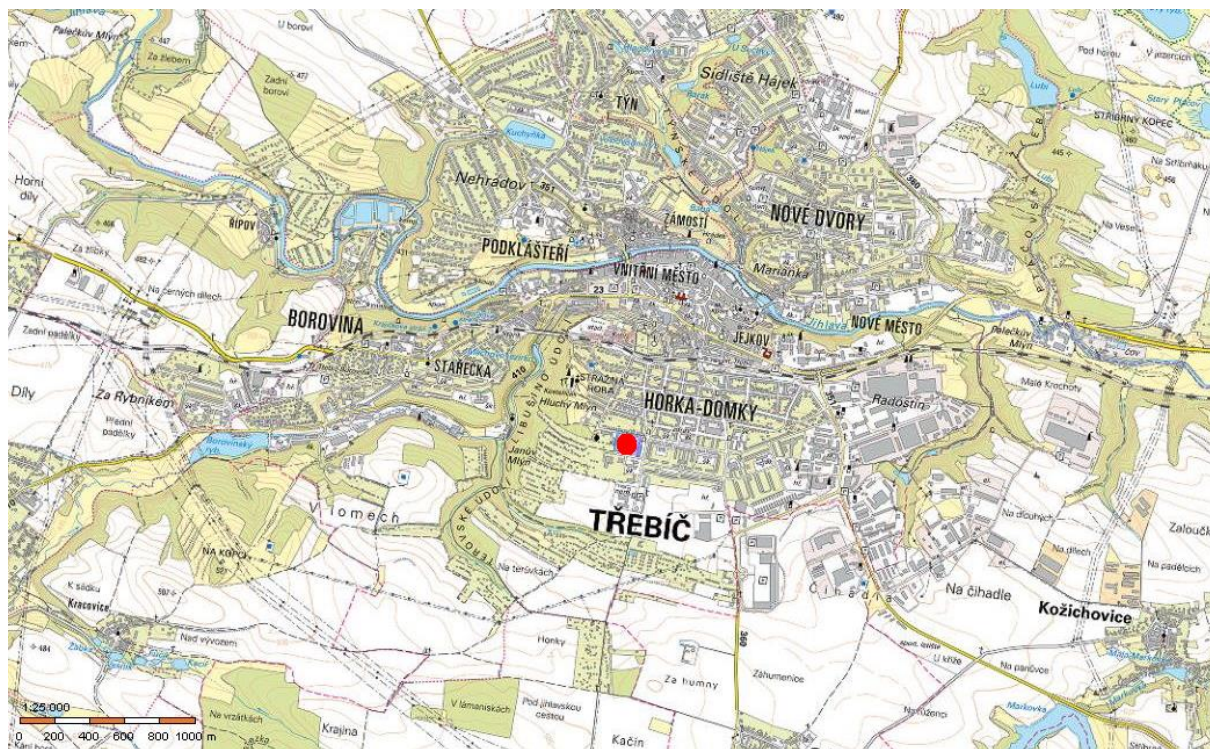
Kraj: Vysočina

Okres: Třebíč

Katastrální území: Třebíč (číslo k.ú. 769738)

Parcela č.: 2670/1

Topografickou pozici lokality vyjadřuje obrázek č. 1 a 2.



Obr. 1 Vymezení zájmové lokality v topografické mapě (měřítko 1:25000)



Obr. 2 Vymezení plochy rekonstrukce hřiště (červeně) v rámci parcely č. 2670/10 (modře) v k.ú. Třebíč

b) Objednatel, organizace, odpovědný řešitel geologických prací

Objednatel geologického úkolu je Odbor správy majetku a investic města, Městský úřad Třebíč, Karlovo nám. 104/55, 674 01 Třebíč; odpovědným řešitelem Mgr. Antonín Kopřiva, Sihaya, spol. s.r.o., Veleslavínova 6, 612 00 Brno. Technické terénní práce byly realizovány mechanismy zajištěnými řešitelskou organizací.

c) Charakteristika projektovaných stavebních objektů

V rámci projektovaného víceúčelového hřiště je plánována výstavba běžeckého oválu, hřiště na fotbal, sektoru na skok s umělým povrchem, sektory pro vrh koulí a skok daleký, okolní zatravněné plochy a zpevněné plochy včetně odvedení a likvidace dešťových.

Z hlediska likvidace srážkových vod pomocí vsakovacího prvku je stěžejní plocha tartanu na drenážním asfaltu (749,3 m²), umělé trávy na drenážním asfaltu (976,6 m²) a betonové dlažby (143,7 m²). Na ostatních travnatých plochách bude vsakování probíhat přirozeným způsobem. Přesné parametry vsakovacího prvku nebyly před zahájením posouzení známe a je možné je stanovit až na základě výsledků předkládané zprávy.

2. Podklady pro zpracování posudku

Zhotovitel vycházel při zpracování posudku z následující dokumentace a podkladů poskytnutých objednatelem, z podkladů z archivu zpracovatele a z podkladů České geologické služby - Geofond:

- Projektová dokumentace – koordinační situace (Ing. Bauer, 2018)
- Katastrální situační výkres v měřítku 1 : 1000
- topografická mapa 1 : 25 000 list 23-424 Třebíč
- geologická mapa 1 : 50 000 list 23-42 Třebíč
- topografická mapa 1 : 50 000 list 23-42 Třebíč
- vodohospodářská mapa 1 : 50 000 list 23-42 Třebíč
- Účelová mapa Třebíč ZŠ Horka-Domky, - školní hřiště (Mojmír Novotný – GP, s.r.o., 2018)
- Závěrečná zpráva podrobného inženýrskogeologického průzkumu Třebíč – ONV (Geoindustria, závod Jihlava, 1976)
- ČSN 75 9010 Návrh, výstavba a provoz vsakovacích zařízení srážkových vod

3. Přírodní poměry zájmového území

3.1 Topografické a geomorfologické poměry

Z geomorfologického hlediska posuzovaná lokalita spadá podle regionálního členění reliéfu ČSR (Demek et al. 1987) do subprovincie Česko-moravské (2), oblasti Českomoravské vrchoviny (2C), celku Jevišovické pahorkatiny (2C7), podcelku Jaroměřické kotliny (2C7C) a v jejím rámci leží v severovýchodní části nevýrazně členitého okrsku Moravskobudějovické kotliny (2C7C3). Nadmořská výška zájmového území se pohybuje okolo 472,2 m n.m.

Lokalita se nachází v katastru města Třebíč při jeho jižním okraji v areálu ZŠ Horka-Domky. Nejbližší okolí plochy rekonstruovaného hřiště je z východu tvořeno stávajícím rekonstruovaným hřištěm na míčové sporty s umělým povrchem, na severovýchodě budovou

školy ZŠ Horka-Domky, na severu rekonstruovaným objektem tělocvičny. Z jižní strany přiléhá ke hřišti ulice Švabinského a ze západní objekt Českého zahrádkářského svazu a přiléhající zahrady. V širším okolí je severní a východní oblast tvořena městskou zástavbou rodinných a bytových domů a objektů občanské vybavenosti třebíčské čtvrti Horka-Domky, na jihu objekty polikliniky, dále zemědělsky obdělávanými pozemky v lokalitě Vídeňský rybník a na západě rozsáhlými zahrádkářskými koloniemi.

Jedná se o území, které tvoří vrcholové ploché partie jižní části města Třebíč, odkud se terén dále uklání jak k severu do údolí řeky Jihlavy, tak k západu až jihozápadu do údolí Terovského potoka a rovněž k východu až jihovýchodu k lokalitě Vídeňský rybník.

3.2 Geologické poměry zájmového území

Z regionálně geologického hlediska město Třebíč (s výjimkou jeho nejzápadnější části) a blízké okolí spadá do prostoru třebíčského masívu tvořeného usměrněnými porfyrickými melanokratními amfibolicko-biotitickými syenity, které přibýváním křemene přecházejí až do melanokratních amfibolicko-biotitických žul. Tyto horniny, často označované jako tzv. durbachity, jsou tmavě šedé až černošedé barvy, středně zrnité, porfyrické (s vyrostlicemi draselného živce). Jsou masivní, někdy se znaky proudové textury. Žilný doprovod durbachitů tvoří hojné žíly aplitů, pegmatitů, křemene, místy i granitových porfyrů a amfibolických aplosyenitů, které jsou vázány na tektonicky predisponované struktury. Tělesa žilných hornin jsou v prostoru třebíčského masívu orientována převážně ve směru ZSZ - VJV až SZ - JV (viz geologická mapa 23-42 Třebíč). Metamorfované horniny pláště třebíčského masívu se nacházejí až ve vzdálenosti cca 1 km západně až jihozápadně od posuzované lokality (Kracovice, Třebíč-Borovina).

Ve vzdálenosti cca 2 km severně probíhá velmi významný tzv. třebíčský zlom v.-z. směru, které rozděluje těleso třebíčského masívu na dvě poloviny. V jižní polovině, na které se nachází rovněž předmětná lokalita, vystupují skalní horniny k povrchu podstatně méně, než je tomu u severní části, ačkoliv i zde jsou místně přítomny reliktové zvětrávání skalních hornin.

Horniny skalního podloží jsou směrem k povrchu rozpukané a rozložené v charakteristická balvanitá, štěrkovitá a hrubě písčítá eluvia, přecházející v písčito-hlinitá deluvia, jež jsou kryta svrchními hlinitými horizonty. Všeobecně propustnějšími jsou eluvia syenitů (durbachitů), která mají charakter písčitéjší, naopak pararulová eluvia v plášti třebíčského masívu obsahují větší procento hlinitých a jílovitých součástí.

V údolích vodních toků jsou podložní horniny překryty aluviálními náplavy rozmanitého charakteru. Tyto sedimenty se vyskytují především v plochem údolí (v nivě) řeky Jihlavy a Stařečského potoka, omezeně rovněž u jejich drobných přítoků. Fluviální uloženiny jsou zastoupeny především hlinitými štěrky a písky, jež jsou překryty povodňovými hlínami, případně i jíly. Vzhledem k morfologické pozici výše ve svahu a větší vzdálenosti od osy údolí není třeba očekávat na lokalitě výskytu fluviálních sedimentů. Cca 500 m jižně až jihozápadně od polikliniky se dle geologické mapy nachází relikt sladkovodních terciérních sedimentů – fluviálních štěrků a jílu. V prostoru bývalého Vídeňského rybníka je možné očekávat nivní, zejména jemnozrnné sedimenty.

Z hlediska geologické prozkoumanosti v rámci starších geologických prací, realizovaných v zájmovém území, je zejména jižní a východní vzdálenější část hustě pokryta. V prostoru stávající polikliniky byl již v roce 1958 proveden geologický průzkum pro uvažované vybudování městského hřbitova (Průzkum geologických poměrů plánovaného hřbitova v poloze „Na Terůvce“ v Třebíči – Jan Tomský, Krajský projektový ústav Pardubice, 1958). Během průzkumných prací byly vyhloubeny 4 inženýrskogeologické vrty, které zastihly jen malou mocnost kvartérního pokryvu (0,2-0,6 m) nad skalním podložím durbachitů. Nejrozsáhlejším zdrojem informací je zpráva „Stavebněgeologický průzkum pro Třebíč – staveniště pro nový areál nemocnice“ (Balun, 1989), kdy bylo v jižním a západním okolí stávající polikliniky vyhloubeno celkem 22 průzkumných vrtů o hloubkách 1,7-7,5 m. Rovněž v rámci těchto prací dosahoval zastižený sedimentární pokryv obvykle velmi malých mocností do 1 m s výjimkou některých vrtů v okrajových částech lokality. Oproti tomu ve východní části relevantní informace v podstatě chybí. Geologický průzkum pro stavbu supermarketů Spar a Lidl (Urban, 2006) pokrývá pouze nejvýchodnější část. V tomto prostoru dosahovala mocnost kvartéru 0,95-2,0 m. Za nejzásadnější průzkum je tak možné považovat Závěrečnou zprávu podrobného inženýrskogeologického průzkumu Třebíč - ONV (Šmejkal, F., Geoindustria, závod Jihlava, 1976), kdy byly v těsném jihozápadním sousedství ve vzdálenosti 50 m a 65 m od jižního okraje stávajícího hřiště vyhloubeny dva inženýrskogeologické vrty do hloubek 3 a 4 m. Oba zastihly skalní podloží velmi mělce pod povrchem v hloubce 0,2, respektive 0,6 m. Obdobný předpoklad potvrzují rovněž ústní sdělení pracovníků ZŠ Horka-Domky a Města Třebíče, kdy při zakládání tělocvičny bylo skalní podloží zastiženo rovněž velmi mělce pod terénem, o čemž svědčí mimo jiné skalní výchozy, respektive vyvětralé skalní balvany typické pro prostředí trebičského masivu v těsném západním sousedství tělocvičny. Naproti tomu stávající jižní část areálu hřiště z ulice Družstevní je evidentně budována vrstvami navážek, které byly použity k dorovnání terénu hřiště a vytvářejí drobný terénní schod, kdy je povrch hřiště v úrovni o cca 1 m vyšší než úroveň asfaltové komunikace v ulici Družstevní. Jako materiál navážek byla s velkou pravděpodobností použita skrývka ze severní části stávajícího hřiště.

3.3 Hydrologické a hydrogeologické poměry

Z hlediska odtoku povrchových vod je situace značně komplikovaná, neboť lokalita se nachází prakticky na rozvodnici tří dílčích povodí 4. řádu. Převážná část posuzované lokality je generelně odvodňována k severu drobným dílčím povodím č. hydr. poř. 04-16-01-089 od ústí Stařečského potoka do Jihlavy po ústí Týnského potoka do Jihlavy, kde se nenachází žádný povrchový tok a povrchové vody jsou odváděny převážně antropenním systémem kanalizací a stok. Jihozápadní část je odvodňována drobným vodním tokem, ústícím do Terovského potoka a následně do Stařečského potoka - č. hydr. poř. 04-16-01-088, zatímco východní část společně s lokalitou Vídeňský rybník směrem k severovýchodu do povodí č. hydr. poř. 04-16-01-091 od ústí Týnského potoka do Jihlavy po ústí potoka Lubí do Jihlavy.

Morfologické rozvodnice však nemusí být a velmi pravděpodobně také nejsou totožné s hydrogeologickými, neboť při proudění infiltrujících dešťových a následně podzemních vod se velmi významně budou uplatňovat tektonické poruchy.

Z hlediska hydrogeologické rajonizace (Michlíček et al. 1986) lze konstatovat, že území spadá do rajónu 6550 - Krystalinikum v povodí Jihlavy. V rámci tohoto rajónu lze vymezit svrchní průlinově propustnou zvětralinu, vázanou především na kvartérní pokryvy, zónu zvětrávání a zónu podpovrchového rozpojení hornin a spodní puklinově zvodnělé struktury, vázané na propustné tektonické zóny v hlubších částech horninového masívu (Olmer, Kessl et al. 1990).

Průlinovo - puklinový oběh podzemních vod je silně rozkolísaný a nepravidelný, s lokální závislostí na petrografickém složení, tektonické predisponovanosti a charakteru čtvrtohorních pokryvných útvarů. Svrchní zvětralinu rychle reaguje na atmosférické podmínky. Atmosférické srážky spadlé na povrch terénu se z větší části odpaří nebo odtékají jako povrchový odtok, jen malá část srážek infiltruje do hlubších vrstev zvětralin a následně až do puklinového systému horninového masívu, kde po dosažení hladiny podzemní vody přispěje k doplnění jejich zásob.

V zájmovém území je hlavní hydrogeologickou strukturou hydrogeologický masív tvořený silně rozpukanými durbachity. Pro oběh podzemních vod je zde důležitá síť nejmladších otevřených puklin s drenážním účinkem na pomalý oběh husté sítě základních puklin horninového masívu. Ve zvětralinovém plášti nad podloží se vytváří freatický horizont podzemní vody, jejíž pohyb probíhá v hydraulickém spádu s morfologií terénu. Režim oběhu je značně závislý na atmosférických srážkách. Na elevacích je eluvium po bezesrážkovém období většinou vyschlé, což lze předpokládat také v zájmovém prostoru. Hladina tak bude velmi pravděpodobně hluboce zaklesnutá ve skalním prostředí.

Směr proudění podzemních vod v zájmovém prostoru je velmi komplikovaný, ovšem lze se domnívat, že jeho převážná část bude probíhat od jihu k severu do údolí řeky Jihlavy.

4. Terénní práce a posouzení lokality

4.1 Geologická a hydrogeologická charakteristika zájmové lokality

Po předchozí orientační terénní rekognoskaci byly terénní práce na lokalitě zahájeny 3. 9. 2018. Za použití kolového rypadla JCB SRS byla v jihovýchodní části stávající plochy prosívkového hřiště (viz. Příloha č. 1) vyhloubena kontrolní kopaná sonda KS-1 pro ověření geologického profilu zemin, a to až na skalní podloží (1,5 m), které neumožnilo další postup kopných prací. Následně byla cca 8 m západně vyhloubena vsakovací sonda VS-1 na úroveň propustné vrstvy pro realizaci vsakovací zkoušky. Půdorys vsakovací sondy byl upraven na 0,4x1,67 m s vodorovným dnem, stěny sondy pak na svislé. Sonda byla vyhloubena do hloubky 1,18 m.

Souřadnice kopaných sond v systému JTSK byly získány z GPS. Lokalizace jednotlivých kopaných sond je znázorněna v příloze 1. Geologické profily zastižené v kopaných sondách jsou přehledně uvedeny v následujících tabulkách.

Dokumentace kontrolní kopané sondy KS-1:

Datum: 3.9.2018
Povětrnostní podmínky: teplota 19°C
Souprava: kolové rypadlo JCB SRS, šířka lžíce 40 cm
Hloubka sondy: 1,5 m
Souřadnice JTSK: y = 650850, x = 1153537 (odečteno z katastrální mapy)
Nadmořská výška: z = 472,2 m n.m. (odečteno z geometrického plánu)
Dokumentace: Mgr. Antonín Kopřiva
Způsob likvidace: záhozem vytěženou zeminou

Tab. 1: Zjištěný geologický profil zastižený kontrolní kopanou sondou KS-1

od (m)	do (m)	zatřídění ČSN 73 6133	popis (ČSN 72 1001) symbol (ČSN EN ISO 14688-2)	třída těžitelnosti ČSN 73 3050
0.00	0.25	Y	navážka, prosívka z jemného štěrku frakce do 4 mm	2
0.25	1.10	F3MS-S3S-F	navážka, hlína písčitá až písek s příměsí jemnozrnné zeminy, hnědá, pravděpodobně skrývka okolních svahovin a zvětralinového pláště, středně ulehlá	2
1.10	1.35	S3S-F – G3G-F	eluvium, zcela zvětralý rozpadavý durbachit charakteru zemin – písek až štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy ulehlý, dobře patrné texturní znaky i mineralogické složení podložních durbachitů (vyrostlice živců, základní hmota tvořená amfibolem a biotitem)	3
1.35	1.5	R5	Skalní podloží, zcela zvětralý durbachit	4-5

Přítok podzemní vody nezastižen

Dokumentace vsakovací kopané sondy VS-1:

Datum: 3.9.2018
Povětrnostní podmínky: teplota 19°C
Souprava: kolové rypadlo JCB SRS, šířka lžíce 40 cm
Hloubka sondy: 1,18 m
Souřadnice JTSK: y = 650858, x = 1153537 (odečteno z katastrální mapy)
Nadmořská výška: z = 472,2 m n.m. (odečteno z geometrického plánu)
Dokumentace: Mgr. Antonín Kopřiva
Způsob likvidace: záhozem vytěženou zeminou

Tab. 2: Zjištěný geologický profil zastižený kontrolní kopanou sondou VS-1

od (m)	do (m)	zatřídění ČSN 73 6133	popis (ČSN 72 1001) symbol (ČSN EN ISO 14688-2)	třída těžitelnosti ČSN 73 3050
0.00	0.25	Y	navážka, prosívka z jemného štěrku frakce do 4 mm	2
0.25	1.15	F3MS-S3S-F	navážka, hlína písčitá až písek s příměsí jemnozrnné zeminy, hnědá, pravděpodobně skrývka okolních svahovin a zvětralinového pláště, středně ulehlá	2
1.15	1.18	S3S-F – G3G-F	eluvium, zcela zvětralý rozpadavý durbachit charakteru zemin – písek až štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy ulehlý, dobře patrné texturní znaky i mineralogické složení podložních durbachitů (vyrostlice živců, základní hmota tvořená amfibolem a biotitem)	3

Geologická stavba území, popis hornin skalního podloží, včetně charakteristiky zvětralinového pláště a pokryvných útvarů byla v obecné úrovni popsána v kapitole 3.2 předkládaného posudku. Zjištěný geologický profil zastižený kopanou sondou potvrdil obecnou platnost regionálního schématu.

Pod tenkou vrstvou prosívky (0-25 cm), tvořící aktivní povrch stávajícího hřiště, se až do hloubky 1,1 m (ve vsakovací sondě VS-1 1,15 m) nachází vrstva navážek. Ty jsou tvořeny obdobným materiálem, jako je podloží zvětralinový pokryv skalních hornin, ovšem s podstatnou příměsí jemnozrnné frakce. Zeminu lze označit za hlínu písčitou až písek s příměsí jemnozrnné zeminy (není zcela homogenní) a lokálně obsahuje rovněž příměsí cizorodého materiálu (cihel, škváry apod.). Velmi pravděpodobně se jedná o skrývkový materiál z blízkého okolí, který byl použit na dorovnání jižní strany hřiště do stávající nivelety.

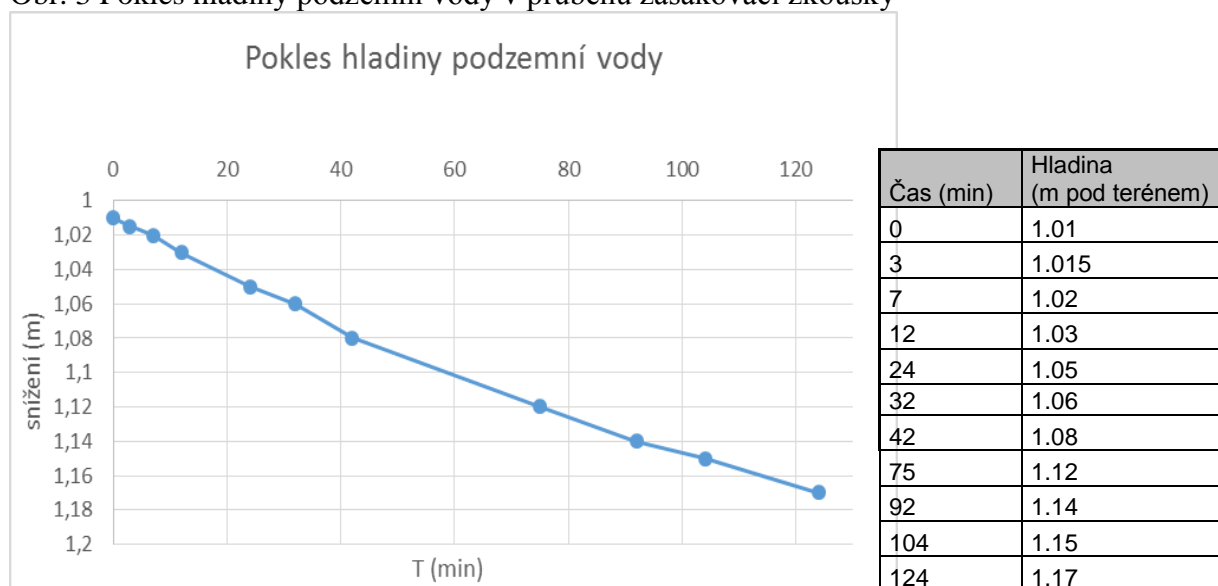
Pod touto úrovní se již nachází původní geologické vrstvy, tvořené zvětralinovým materiálem podložních skalních hornin (eluvium) charakteru písku až štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy. Písčité až štěrkovitý materiál je z velké části tvořen vyrostlicemi živců až 2 cm velkými a dále tmavými minerály přítomnými v podložních durbachitech (amfibol, biotit). Místy jsou zachovány texturní znaky podloží horniny, obecně má však eluvium charakter sice ulehlých, nicméně rozpadavých zemin s velmi dobrou propustností. Mocnost eluvia je cca 25 cm, nicméně v hloubkách kolem 1,35 m nedochází k ostrému, ale spíše k pozvolnému přechodu do skalních hornin. Ty jsou tvořeny zcela zvětralými durbachity. Úroveň skalního podloží se pravděpodobně může lokálně lišit, jak je u durbachitových hornin třebíčského masivu typické (místy vyvětrávají bloky skalních hornin téměř k povrchu, místy se dosah zvětralinového pokryvu dostává hlouběji pod terén).

4.2 Vsakovací zkouška

Vsakovací sonda VS-1 byla ukončena v hloubce 1,18 m pod úrovní vrstvy navážek a na počátku propustné vrstvy zvětralinového pokryvu. Byla upravena do obdélníkového tvaru

0,40x1,67 cm s kolmými stěnami a jednotné hloubce 1,18 m. Na takto vyhloubené sondě byla následně realizována vsakovací zkouška s cílem simulovat činnost vsakovacího zařízení a ověřit propustnost horninového prostředí. Do vyhloubené sondy byl jednorázově napuštěn objem vody 120 litrů. Po naplnění sondy dosahovala hladina do úrovně 1,01 m pod terénem; ihned bylo zahájeno kontinuální sledování poklesu hladiny v čase. Vsakovací zkouška byla ukončena po 2 hodinách a 4 minutách, kdy došlo k úplnému vyprázdnění vsakovací sondy (pokles hladiny o 16 cm). Grafické znázornění průběhu zasakovací zkoušky je znázorněno na obrázku č. 3. Rychlost zasakování a pokles hladiny byl po celou dobu vsakovací zkoušky přibližně lineární.

Obr. 3 Pokles hladiny podzemní vody v průběhu zasakovací zkoušky



Vyhodnocení vsakovací zkoušky bylo provedeno dle ČSN 75 9010 Návrh, výstavba a provoz vsakovacích zařízení srážkových vod stanovením koeficientu vsaku k_v (m.s^{-1}), který charakterizuje vsakovací schopnost horninového prostředí dle vztahu

$$k_v = \frac{Q_{zk}}{A_{zk}} \quad [1]$$

kde:

Q_{zk} odpovídá přítoku vody do průzkumného objektu, resp. objemu infiltrované vody v průběhu vsakovací zkoušky, a

A_{zk} odpovídá zkušební vsakovací ploše během zkoušky.

Objem infiltrované vody Q_{zk} činil 120 litrů za 124 min, což odpovídá rychlosti vsaku (resp. objemu infiltrované vody v průběhu vsakovací zkoušky) $1,61 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a zkušební vsakovací plochu A_{zk} je možno definovat půdorysnou plochou vsakovací sondy na $0,67 \text{ m}^2$ (plocha bočních stěn v kontaktu s infiltrovanou vodou byla zanedbána, neboť z podstatné části byla tvořena méně propustnými zeminami navážek). Koeficient vsaku k_v tak dosahuje hodnot $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Pro realizaci vsakování srážkových vod je nutné splnit podmínku odstupu hladiny podzemní vody minimálně 1 m od vsakovacího zařízení. Na lokalitě ani v jejím blízkém okolí se nenacházejí žádné hydrogeologické objekty, kterých by mohlo být využito pro zjištění hladiny podzemní vody. Hladina podzemní vody v nejbližších okolních hydrogeologických objektech (vrtané studny) se obvykle v lokalitě zahrádkářské kolonie se obvykle pohybuje mezi 5-8 m pod terénem. Rovněž v nové nedávno vybudované vrtané studni vzdálené 130 m jižně u objektu Charity dosahuje hladina podzemní vody úrovně 5,8 m pod terénem. Vzhledem k morfologické pozici (infiltrační oblast bez možnosti akumulace podzemních vod) je tak možné hladinu podzemních vod očekávat hluboce zaklesnutou ve skalním podloží. Hladina podzemní vody nebyla zastižena ani v kopané sondě S-1 v hloubkové úrovni 1,5 m. S vysokou spolehlivostí je tak možné říci, že podzemní voda nebude ovlivňovat vsakovací poměry v prostředí zemin.

5 Hydrogeologické posouzení zasakování srážkových vod

5.1 Zhodnocení vhodnosti vsakování z geologického hlediska

Hydrogeologické poměry lokality jsou z hlediska možností zasakování srážkových vod jednoduché, protože podloží lokality je tvořeno propustnými horninami (ČSN 75 9010).

Z geologického a hydrogeologického hlediska je vsakování srážkových vod na předmětném pozemku možné za předpokladu dodržení následujících předpokladů a doporučení:

- díky relativně vysokému koeficientu vsaku $k_v \sim 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, který spolehlivě splňuje podmínku pro zasakování srážkových vod do horninového prostředí ($>1 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), doporučuji realizovat zasakování tak, aby srážkové vody byly vsakovány výhradně do eluviálního (zvětralinového) pokryvu charakteru písků až štěrků s příměsí jemnozrnné zeminy. Nadložní vrstvy navážek díky jejich heterogenitě a vyššímu obsahu jemnozrnné frakce (nižší propustnosti) k zasakování nedoporučuji. Stejně tak nedoporučuji vsakování do skalního prostředí (s výjimkou jeho svrchní zcela zvětralé vrstvy), které je v prostředí třebíčského masivu jen velmi málo rozpukané. Pro vsakování tak lze využít jen jeho nejsvrchnější zcela zvětralou vrstvu (horniny třídy R5). Pod hloubkovou úrovní cca 1,5 m stupeň zvětrání klesá a vsakovací schopnost se podstatně snižuje.
- umístění vsakovacího prvku doporučuji přednostně v jižní, případně východní části projektovaného hřiště, kde je možné očekávat nejvyšší mocnosti propustné eluviální

vrstvy. V severní a západní části velmi pravděpodobně proběhla skrývka původního terénu a skalní podloží tak zřejmě vystupuje podstatně blíže k povrchu. To zásadně snižuje vsakovací schopnost podloží.

- eluviální pokryv se na lokalitě nachází již v hloubkách cca 1,1 m pod stávajícím terénem až do hloubek cca 1,35 m a dle průběhu skalního podloží se tato úroveň může v ploše hřiště lišit. Bude-li uvažováno s vsakováním do eluviálního pokryvu, je nutné učinit opatření, aby nátok ze vsakovacího prvku do horninového prostředí byl umístěn v nezámrazné hloubce a byla tak zajištěna celoroční funkčnost vsakovacího prvku. Jako nezámraznou hloubku doporučuji stanovit úroveň 1,0 m pod terénem (na lokalitě nejsou přítomny jílovité zeminy náchylné k promrzání).
- zjištěný koeficient vsaku je základním parametrem pro výpočet vsakovací plochy vsakovacího zařízení. Vzhledem ke značné odvodňované ploše doporučuji počítat s vybudováním přepadu do stávající dešťové kanalizace, aby nedocházelo k podmáčení horninového prostředí i povrchu v případě mimořádných srážkových situací v letních měsících.
- obecně je možné geologické poměry považovat za vhodné pro likvidaci srážkových vod zasakováním, a to zejména díky monotónní stavbě ve vertikálním a horizontálním směru, dobré propustnosti eluviálních zemin, a nepřítomnosti hladiny podzemní vody v blízkosti terénu (dostatečná mocnost nesaturované zóny).

5.2 Posouzení vhodnosti vsakování z hlediska ohrožení okolních stavebních objektů

Na předmětném pozemku ani v blízkém okolí nenacházejí žádné objekty, které by mohly být ohrožené zasakováním srážkových vod. Nejbližšími objekty jsou budovy školy ZŠ Horka-Domky a tělocvičny, které se však nachází v místech, kde není umístění vsakovacího prvku doporučeno. Za potenciálně ohroženou vsakováním je tak možné zejména asfaltovou komunikaci v ulici Družstevní v jižním sousedství, mimo jiné s ohledem na umělé zvýšení nivelety hřiště nad asfaltovou komunikací.

Pro výpočet bezpečné odstupové vzdálenosti X [m] stavebního objektu od vsakovacího prvku, jehož úroveň se nachází pod maximální hladinou vody ve vsakovacím zařízení, je možné vycházet z empirického vztahu

$$X = X_1 + X_2 \quad \text{kde:} \quad [2]$$

X_2 je rozšíření dna výkopu, respektive bezpečná vzdálenost od hrany objektu (zde uvažováno 0 m) a X_1 je možné spočítat ze vztahu

$$X_1 = \frac{h + 0,5}{15 \cdot k_v^{0,25}} + 2 \quad [3]$$

k_v koeficient vsaku [m.s^{-1}]

h rozdíl výšek mezi maximální hladinou vody ve vsakovacím zařízení (zde 1,1 m pod terénem) a úrovní asfaltové komunikace (zde 2,1 m) pod terénem.

Z výše uvedeného vztahu vyplývá, že při zachování vzdálenosti 3,5 m od vsakovacího prvku k okraji asfaltové komunikace nebude úroveň hladiny infiltrované dešťové vody dosahovat úrovně asfaltové komunikace, respektive prolínat na povrch u paty terénního schodu při kraji komunikace. Přesto doporučuji stanovit minimální odstup vsakovacího prvku od okraje asfaltové komunikace alespoň na 5 m. Stejný odstup doporučuji dodržet od stávajícího hřiště s umělým povrchem ve východním sousedství.

5.3 Posouzení obecné ochrany podzemních vod

V širším okolí záměru se nenacházejí žádné jímací zdroje podzemních vod, ty byly zjištěny až ve vzdálenosti přesahující 100 m. Zasakování srážkových vod v lokalitě bude mít v předmětné lokalitě z širšího hlediska jednoznačně pozitivní efekt na doplňování zásob podzemních vod. Zvýšenou opatrnost tak je třeba věnovat zejména udržení kvality zasakovaných vod. Pro návrh vsakovacích zařízení srážkových povrchových vod jsou nezbytné znalosti o míře jejich znečištění včetně dopadů sezónních vlivů a míře rizika havarijního úniku nebezpečných látek. Podle předpokládané koncentrace znečišťujících látek a možného následného ohrožení podzemních vod je možné srážkové vody zasakované realizací uvedeného záměru řadit do kategorie podmíněčně přípustných, a to zejména díky značné odvodňované ploše. Z hlediska kvality se jedná o povrchový odtok ze zpevněných ploch bez pohybu motorových vozidel. Podmínka zasakování přes nenasycenou (nenasycenou) zónu půdního prostředí je v posuzovaném případě splněna (viz. výše).

5.4 Posouzení vhodnosti vsakování z hlediska potenciálních svahových deformací

Terén je zcela rovinný. Vzhledem k nulovému sklonu a zejména s ohledem na geologické poměry lokality (skalní podloží mělce pod terénem) nelze očekávat svahové deformace v důsledku nasycení zemin vodou, neboť na lokalitě nebyly zastiženy zeminy náchylné k objemovým změnám (bobtnavé jíly, spraše apod.). Zvýšenou opatrnost je tak třeba věnovat jen terénním změnám při umísťování skřívky a takto vzniklých navážek, aby nebyly negativně ovlivňovány infiltrovanou vodou.

5.5 Posouzení vhodnosti vsakování z hlediska střetů s dalšími zájmy chráněnými zvláštními předpisy

Z hlediska střetů s dalšími zájmy chráněnými zvláštními předpisy je třeba dodržet předepsaná ochranná pásma podzemních inženýrských sítí (vodovod, VN, NN, plynovod, kanalizace, telefon, ...). Další střety zájmů nebudou provozem vsakovacích zařízení dotčeny.

5.6 Dimenzování vsakovacího zařízení

Na lokalitě bylo dle návrhů projektanta v případě vhodných geologických podmínek předběžně počítáno s vybudováním podzemního vsakovacího zařízení vyplněného štěrkem.

V případě zasakování srážkových vod z povrchu hřiště je nutné kalkulovat s odvodňovanou plochou A_{red} dle vztahu

$$A_{\text{red}} = A \cdot \psi \quad [4]$$

kde:

A představuje půdorysný průmět odvodňovaných ploch hřiště a

ψ součinitel odtoku srážkových vod pro různé povrchy

Z uvažované plochy rekonstruovaného hřiště je počítáno se vsakováním zpevněných ploch z tartanu na drenážním asfaltu (749,3 m²; součinitel odtoku $\psi = 0,4$), umělé trávy na drenážním asfaltu (976,6 m²; součinitel odtoku $\psi = 0,6$) a betonové dlažby (143,7 m²; součinitel odtoku $\psi = 0,5$). Celková redukovaná odvodňovaná plocha tedy bude činit 957,5 m².

Vsakovaný odtok Q_{vsak} je závislý na vsakovací ploše vsakovacího zařízení A_{vsak} a koeficientu vsaku k_v (viz. rovnice [1]) dle vztahu

$$Q_{\text{vsak}} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}} \quad [5]$$

kde je uvažováno se součinitelem bezpečnosti vsaku $f = 2$ (součinitel bezpečnosti vsaku vyjadřuje bezpečnost a předpokládané změny vsakovací schopnosti horninového prostředí po určitém čase provozu vsakovacího zařízení).

Pro výpočet vsakovaného odtoku, a rovněž retenčního objemu vsakovacího zařízení, je třeba znát vsakovací plochu vsakovacího zařízení A_{vsak} . Ta je pro podzemní prostor s propustnými stěnami dána vztahem

$$A_{\text{vsak}} = (0,1 \text{ až } 0,3) \cdot A_{\text{red}}, \text{ tedy } 0,1 \cdot 957,5 = 95,75 \text{ m}^2, \quad [6]$$

(je počítáno s nejméně příznivou variantou plochy vsakovacího zařízení).

Vsakovaný odtok Q_{vsak} pak dosahuje dle vztahu [5] hodnot 1,15 l.s⁻¹.

Přítok do vsakovacího zařízení je zpravidla rychlejší než vsakovaný odtok. Proto je nutné, aby vsakovací zařízení mělo dostatečný retenční objem V_{vz} , který je možné s dostatečnou přesností stanovit podle vztahu:

$$V_{vz} = h_D / 1000 \cdot (A_{red} + A_{vz}) \cdot 1/f \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60 \quad [7]$$

kde je

h_D	návrhový úhrn srážek pro stanici Třebíč a návrhovou periodicitu srážek $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$
A_{red}	redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy (viz. [4])
A_{vz}	plocha hladiny vsakovacího zařízení – u podzemních vsakovacích prvků $A_{vz} = 0$
f	součinitel bezpečnosti vsaku (viz. [5])
k_v	koeficient vsaku (viz. [1])
A_{vsak}	vsakovací plocha vsakovacího zařízení (viz. [6])
t_c	doba trvání srážky s návrhovou periodicitou srážek $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$

Výpočet je prováděn pro všechny návrhové úhrny srážek s dobou trvání 5 min až 72 hod. Za návrhový objem se považuje největší vypočtený retenční objem vsakovacího zařízení podle vztahu [7].

Jak vyplývá z tabulky 3 uvedené na následující straně, největší vypočtený retenční objem byl zjištěn pro dobu trvání srážek 60 min a návrhovém úhrnu srážek 28,8 mm (stanice Třebíč – v tabulce 3 hodnoty zvýrazněny), kdy při vsaku do horninového prostředí s koeficientem vsaku $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dosahuje hodnota $V_{vz} = 23,4 \text{ m}^3$. Retenční objem vsakovacího zařízení stanovený výše uvedeným postupem dle normy ČSN 75 9010 zajišťuje bezpečnost (dle ČSN EN 752), která je při běžných srážkách dostatečná. Při větších než návrhových úhrnech srážek může dojít k přetoku vsakovacího zařízení, proto doporučuji vybudování bezpečnostního přelivu ze vsakovacího zařízení s přepadem do kanalizace. Přepadové zařízení musí být zabezpečeno proti zpětnému průtoku, aby nemohlo dojít k plnění vsakovacího zařízení jinou než zasakovanou srážkovou vodou z dotčených ploch (např. z kanalizace apod.).

Tab. 3: Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení			
Doba trvání srážky t_c (min)	Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení V_{vz}	Návrhové úhrny srážek h_D (mm)*	Retenční objem vsakovacího zařízení V_{vz} (m ³)
5	$V_{vz} = 11,9/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	11,9	11,0
10	$V_{vz} = 16,6/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	16,6	15,2
15	$V_{vz} = 11,9/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	19,4	17,5
20	$V_{vz} = 16,6/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	21,4	19,1
30	$V_{vz} = 11,9/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	23,9	20,8
40	$V_{vz} = 16,6/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	26,2	22,3
60	$V_{vz} = 11,9/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	28,8	23,4
120	$V_{vz} = 16,6/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	33,0	23,3
240	$V_{vz} = 11,9/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	33,9	15,9
360	$V_{vz} = 16,6/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	34,8	8,5
480	$V_{vz} = 11,9/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	35,6	1,0
600	$V_{vz} = 16,6/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	36,5	-6,5
720	$V_{vz} = 11,9/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	37,3	-13,9
1080	$V_{vz} = 16,6/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	39,9	-36,3
1440	$V_{vz} = 11,9/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	41,6	-59,4
2880	$V_{vz} = 16,6/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	54,4	-146,5
4320	$V_{vz} = 11,9/1000 \cdot (957,53 + 0) - 0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$	62,2	-238,3
Výpočet proveden dle vztahu $V_{vz} = h_D/1000 \cdot (A_{red} + A_{vz}) \cdot 1/f \cdot k_v \cdot A_{vsak} \cdot t_c \cdot 60$ (ČSN 75 9010)			
V_{vz}	retenční objem vsakovacího zařízení [m ³]		
h_D	návrhový úhrn srážek pro stanici Třebíč a návrhovou periodicitu srážek $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$		
A_{red}	redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy ($A_{red} = 957,5 \text{ m}^2$)		
A_{vz}	plocha hladiny vsakovacího zařízení – u podzemních vsakovacích prvků $A_{vz} = 0$		
f	součinitel bezpečnosti vsaku ($f = 2$)		
k_v	koeficient vsaku ($k_v = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$)		
A_{vsak}	vsakovací plocha vsakovacího zařízení ($A_{vsak} = 95,75 \text{ m}^2$)		
t_c	doba trvání srážky s návrhovou periodicitou srážek $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$		
* návrhové úhrny srážek h_D jsou uvedeny pro stanici Třebíč a návrhovou periodicitu srážek $p = 0,2 \text{ rok}^{-1}$			

Dobu prázdnění vsakovacího zařízení T_{pr} je možné stanovit podle vztahu

$$T_{pr} = V_{vz}/Q_{vsak} \quad [8]$$

kterou je dle vztahů [5], [6] a [7] možné odhadnout na **20 hodin**. Vzhledem k započtení nejméně příznivé varianty plochy vsakovacího zařízení [6], obecně příznivým geologickým, morfologickým a hydrogeologickým podmínkám, možnosti likvidovat nadbytečné srážkové vody přelivem do kanalizace a ostatním příznivým podmínkám (z hlediska rizika svahových deformací, ohrožení okolních objektů, obecné ochrany vod, střetů zájmů apod.) lze dobu prázdnění považovat za zcela dostatečnou.

Z hlediska provozu podzemního vsakovacího zařízení doporučuji dodržení následujících pokynů:

- je třeba dbát na dodržení jakosti srážkových vod zasakovaných do horninového prostředí. Z tohoto hlediska je nutné uvažovat s vyloučením jakékoliv případné kontaminace před vsakem do horninového prostředí (kontaminace odpadní vodou, manipulací se znečišťujícími látkami apod.)
- vsakovací zařízení by mělo být vybaveno odvětráním a lapačem splavenin
- hloubka založení podzemního zařízení bude detailně určena během výkopových prací na lokalitě (je možné využít poznatky získané při skrývce stávajícího povrchu)
- vsakovací plocha podzemního zařízení by měla být pokud možno vodorovná
- při provádění zemních prací nesmí dojít ke snížení koeficientu vsaku horninového prostředí (např. zhutněním, zasypaním nevhodným materiálem apod.)
- doporučená minimální šířka dna vsakovacího prvku by měla být minimálně 0,5 m.
- doporučený sklon vsakovacího potrubí by měl být v rozmezí 0,5-1% ve směru průtoku vody. Maximální počet vsakovacího potrubí v jednom vsakovacím zařízení by měl být 5
- vhodný obsyp vsakovacího potrubí by měl dosahovat zrnitosti 8-32 mm
- boční stěny, případně horní úroveň obsypu doporučuji chránit geotextilií

5.7 Návrh řešení vsakovacího zařízení

Z geologického hlediska je možné doporučit vsakování srážkových vod jak povrchovými prvky (vsakovací nádrž, příkop, průleh), tak podzemními prvky (podzemní prostor vyplněný štěrkem, bloky). Je však nutné zmínit, že propustná vrstva se nachází až v úrovni cca 1,1 m pod stávajícím terénem, takže vybudování povrchového vsakovacího prvku jako výrazné terénní deprese by pravděpodobně kolidovalo s bezpečnostními zásadami provozu hřiště.

Jako nejvhodnější řešení proto doporučuji vybudování podzemních prostor vyplněných štěrkem či bloky, které navíc umožní vsakování nejen půdorysnou plochou prvku, ale rovněž bočními stěnami. Vybudování vsakovací šachty s ohledem na značný rozsah odvodňované plochy a z něho vyplývající značný retenční objem vsakovacího zařízení nedoporučuji.

6. Závěry a doporučení

V rámci předkládaného hydrogeologického průzkumu a posouzení možnosti zasakování dešťových vod do půdních vrstev z plánovaného rekonstruovaného víceúčelového hřiště v areálu ZŠ Horka – Domky na parcele č. 2670/1, k.ú. Třebíč byly zjištěny jednoduché hydrogeologické poměry. Podloží je tvořeno propustnými horninami (dle ČSN 75 9010), a to písčitém až štěrkovitým zvětralinovým pokryvem podložních skalních hornin, které se v jihovýchodní části hřiště vyskytují v hloubce 1,1-1,35 m pod terénem. Pod touto vrstvou se nacházejí zcela zvětralé skalní horniny (durbachity), které rovněž mohou sloužit jako recipient zasakovaných srážkových vod. Hydrogeologickým průzkumem byl odvozen koeficient vsaku $k_v = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$ pro horizont eluviálního pokryvu. Je třeba dbát na to, aby nátok do horninového prostředí byl umístěn v nezámrazné hloubce.

Z geologického a hydrogeologického hlediska je tedy vsakování srážkových vod na předmětném pozemku možné při dodržení následujících výše uvedených předpokladů a doporučení.

Vypočtený retenční objem navrhovaného vsakovacího zařízení pro dobu trvání srážek 60 min a návrhovém úhrnu srážek 28,8 mm dosahuje hodnoty $V_{vz} = 23,4 \text{ m}^3$, do prázdnění vsakovacího zařízení dosahuje **20 hodin**.

Při projektování vsakovacího prvku v uvažovaných variantách doporučuji držet se výše uvedených výpočtů a doporučení.

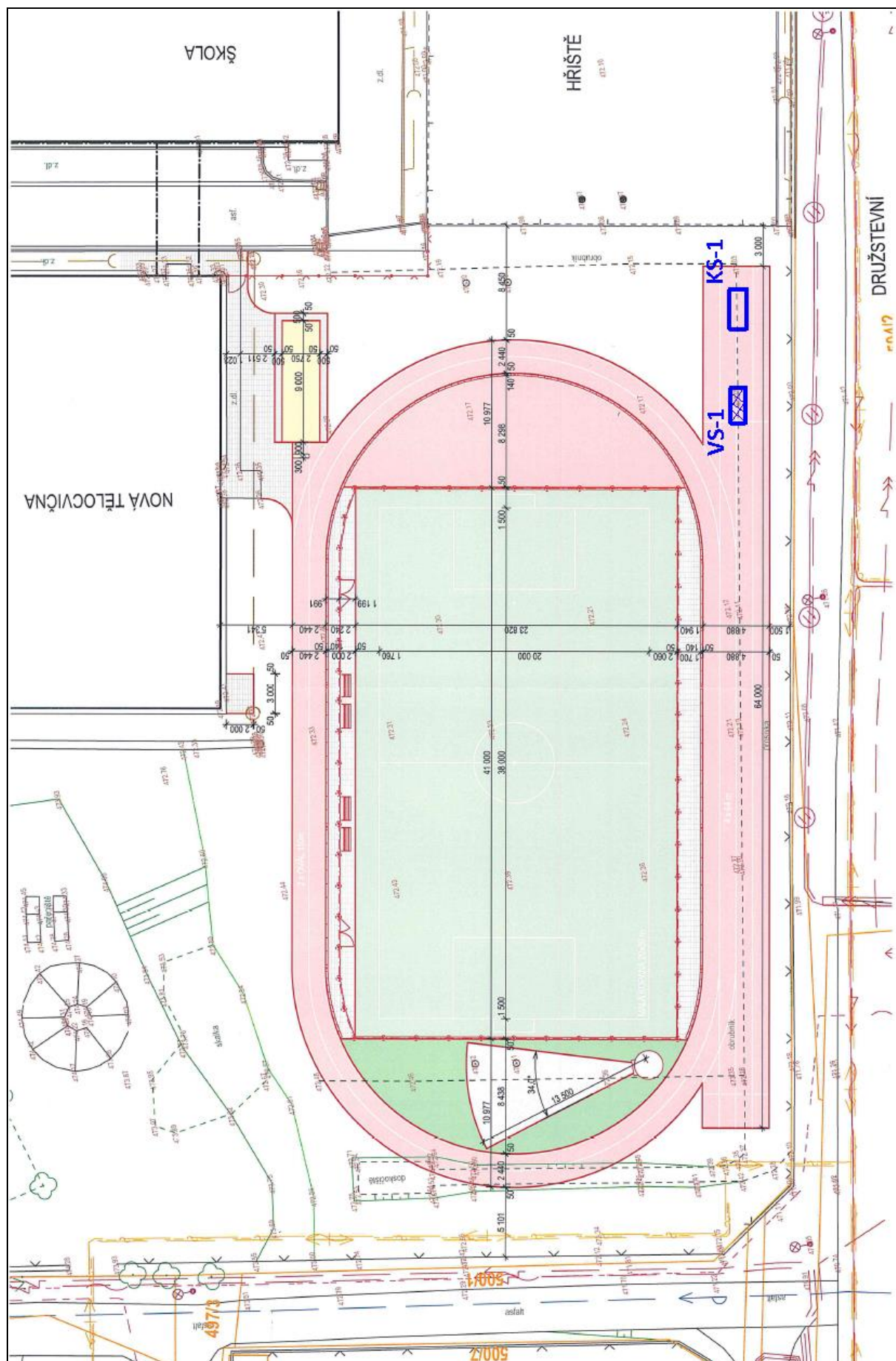
Podzemní voda na lokalitě nebude negativně ovlivňovat jak založení objektu, tak vsakování srážkových vod.

Vsakovací objekt je vodní dílo a jeho projekci a dimenzování provede podle poskytnutých podkladů oprávněná autorizovaná osoba v oboru vodohospodářských staveb dle normy ČSN 75 9010 Návrh, výstavba a provoz vsakovacích zařízení srážkových vod.

V Třebíči 10.9. 2018

Mgr. Antonín Kopřiva

Úkol: Posouzení možnosti vsakování dešťových vod do půdních vrstev – školní hřiště ZŠ Horka-Domky v Třebíči	
Název přílohy:	Lokalizace kopaných sond
Zpracoval: Mgr. Antonín Kopřiva	Datum: září 2018
	Příloha: I



Úkol: Posouzení možnosti vsakování dešťových vod do půdních vrstev – školní hřiště ZŠ Horka-Domky v Třebíči	
Název přílohy:	Fotodokumentace
Zpracoval: Mgr. Antonín Kopřiva	Datum: září 2018
	Příloha: II

Dokumentace kopané sondy KS-1



Kopana sonda VS-1, vsakovací zkouška



Pokles hladiny a úplné vyprázdnění vsakovací sondy po 2 hod

