Název zakázky: Brno, Červený kopec – předběžná analýza rizika

Zakázkové číslo: 110/2019

Objednatel: Statutární město Brno

Zaevidováno Českou geologickou službou pod č. 2812/2019

Brno, Červený kopec – Kohnova cihelna –

- Předběžná analýza rizika

Odpovědný řešitel: Mgr. Lenka Drdová

Řešitelé: Mgr. Roman Zajíček
(osvědčení: hydrogeologie, geologické práce - sanace, čj.: 1414/2001)
Ing. Gabriela Kvítková, Ph.D. ©

.....
Mgr. Aleš Grünwald
jednatel společnosti

Brno, srpen 2019 **Výtisk č. 1** 2 3

OBSAH

ÚVOD ... 3
Základní údaje ... 3
1. ÚDAJE O ÚZEMÍ ... 4
1.1 Všeobecné údaje ... 4
1.1.1 Geografické vymezení území ... 4
1.1.2 Stávající a plánované využití území ... 4
1.1.3 Základní charakterizace obydlenosti lokality ... 7
1.1.4 Majetkoprávní vztahy ... 7
1.2 Přírodní poměry zájmového území ... 8
1.2.1 Geomorfologické a klimatické poměry ... 8
1.2.2 Geologické poměry ... 9
1.2.3 Hydrogeologické poměry ... 11
1.2.4 Hydrologické poměry ... 12
1.2.5 Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě ... 13
2. PRŮZKUMNÉ PRÁCE ... 14
2.1 Dosavadní prozkoumanost území ... 14
2.1.1 Základní výsledky dřívějších průzkumných a sanačních prací na lokalitě ... 14
2.1.2 Přehled zdrojů znečištění ... 15
2.1.3 Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů ... 15
2.1.4 Předběžný koncepční model znečištění ... 16
2.2 Aktuální průzkumné práce ... 17
2.2.1 Metodika a rozsah průzkumných a analytických prací ... 17
2.2.2 Výsledky průzkumných prací ... 22
2.2.3 Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění ... 32
2.2.4 Posouzení šíření znečištění ... 33
2.2.5 Shrnutí šíření a vývoje znečištění ... 39
2.2.6 Omezení a nejistoty ... 39
3. HODNOCENÍ RIZIKA ... 40
3.1 Identifikace rizik ... 40
3.1.1 Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů ... 40
3.1.2 Základní charakteristika příjemců rizik ... 42
3.1.3 Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice ... 43
3.2 Hodnocení zdravotních rizik ... 44
3.2.1 Vyhodnocení vztahu dávka – účinek ... 44
3.2.2 Vyhodnocení expozice ... 45
3.2.3 Charakterizace rizika ... 47
3.2.4 Shrnutí hodnocení zdravotních rizik ... 49
3.3 Hodnocení ekologických rizik ... 50
3.4 Shrnutí celkového rizika ... 50
3.5 Omezení a nejistoty ... 51
4. DOPORUČENÍ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ ... 51
4.1 Doporučení cílových parametrů nápravných opatření ... 53
4.1.1 Stanovení a zdůvodnění cílů nápravných opatření ... 53
4.1.2 Odvození cílových parametrů ... 54
4.2 Doporučení postupu nápravných opatření ... 55
4.2.1 Nulová varianta ... 55
4.2.2. Aktivní sanační zásah ... 55
4.2.3 Omezení expozice kontaminovaným materiálům ... 56

4.3 Návrh rozsahu vybrané varianty a kontrolního monitoringu 57
5. ZÁVĚR A DOPORUČENÍ 58
POUŽITÁ LITERATURA 61
PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK 63

PŘÍLOHY

1. Kopie evidenčního listu geologických prací
2. Výsek vodohospodářské mapy zájmového území 1:50 000
3. Výsek geologické mapy zájmového území 1:50 000
4. Výsek kopie katastrální mapy zájmového území 1:10 000
5. Katastrální mapa zájmové lokality se zákresem provedených prací 1:2 000
6. Grafické znázornění kontaminace zemin
7. Tabulkový přehled výsledků měření, zkoušek a rozborů
8. Geologická dokumentace průzkumných děl
9. Protokol o geodetickém zaměření vrtných prací
10. Protokoly o odběrech vzorků
11. Dokumentace hydrodynamických zkoušek
12. Laboratorní protokoly
13. Přehled fyzikálně – chemických a toxikologických charakteristik prioritních kontaminantů
14. Fotodokumentace
15. Územní studie a výřez z územního plánu města Brna

ROZDĚLOVNÍK

Výtisk č. 1	objednatel
Výtisk č. 2	objednatel
Výtisk č. 3	Česká geologická služba

ÚVOD

Na základě Smlouvy o dílo ze dne 7.6.2019 uzavřené se Statutárním městem Brno, předkládá společnost HIG geologická služba, spol. r o. Závěrečnou zprávu "Brno, Červený kopec – Předběžná analýza rizik" (VIII/2019).

Cílem prací je zpracování předběžné analýzy rizika prostoru části bývalé (Kohnovy) cihelny v Brně – Štýřicích na lokalitě Červený kopec, kde se v minulosti nacházel povrchový lom, který byl zavezen různorodým odpadem včetně komunálního odpadu. Důvodem pro vypracování analýzy rizika je plánovaná bytová zástavba, tj. změna využití pozemků.

V širším zájmovém území byly v minulosti provedeny geologicko – průzkumné práce, které nezjistily ovlivnění horninového prostředí činnostmi provozovanými v oblasti v minulosti a na lokalitě nebyla prokázána stará ekologická zátěž. Rozsah předchozích provedených průzkumů byl však pouze omezený jak z hlediska rozsahu, tak i lokalizace.

Pro zpracování předběžné analýzy rizika (dále jen PAR) byly aktuálně provedeny rešeršní práce a na lokalitě vybudovány 2 ks vystrojených hydrogeologických vrtů a 6 ks nevystrojených vrtů, provedeny odběry vzorků zemin, podzemní vody a půdního vzduchu, orientační čerpací zkouška, laboratorní analýzy a vyhodnocovací práce.

Zhodnocení aktuálního stavu kontaminace horninového prostředí je výchozím podkladem pro hodnocení rizik, které bylo provedeno podle platného Metodického pokynu odboru ekologických škod MŽP – Analýza rizik kontaminovaného území z března 2011.

Základní údaje

Název geologického úkolu:	Brno, Červený kopec – předběžná analýza rizika
Druh geologických prací:	g) zjišťování a odstraňování znečištění v horninovém prostředí
Etapa geologických prací:	doplňkový průzkum
Území pro provádění prací	kraj: Jihomoravský okres: Brno - město obec: Brno katastrální území: Štýřice
Identifikace objednatele:	Magistrát města Brna, Odbor životního prostředí, Kounicova 67, 601 07 Brno
Identifikace řešitele:	HIG geologická služba, spol. s r.o., Hlinky 142c, 603 00 Brno
Odpovědný řešitel:	Mgr. Lenka Drdová
Spoluřešitelé:	Mgr. Roman Zajíček Ing. Gabriela Kvítková, Ph.D. ©

Dodavatelé:

vrtné práce	HIG geologická služba, spol. s r.o.
geodetické práce	HIG geologická služba, spol. s r.o.
vzorkovací práce, čerpací zkoušky	HIG geologická služba, spol. s r.o.
laboratorní analýzy	ALS Czech Republic, s.r.o. LABTECH s.r.o.

1. ÚDAJE O ÚZEMÍ

1.1 Všeobecné údaje

1.1.1 Geografické vymezení území

Zájmové území předmětné části bývalé (Kohnovy) cihelny se nachází v městské části Brno-střed, v městské čtvrti Štýřice, v prostoru lokality Červený kopec. Lokalita je vymezena na severu ulicí Vinohrady, na východě areálem základní školy na ulici Horní, na jihu areálem vlastní Kohnovy cihelny a na západě zahrádkami po hranici katastrálních území Štýřice – Pisárky. Celková plocha vymezeného území je cca 99 100 m^2 (při obvodu cca 1,42 km).

Hlavní příjezdová komunikace do areálu bývalé cihelny vede z ul. Vinohrady – Stráň. Z hlediska zařazení do územních katastrů patří předmětná část plochy areálu bývalých cihelen do k.ú. Štýřice.

V bezprostředním okolí předmětné lokality nejsou v současné době žádné průmyslové podniky. Přibližně 250 m jjz. od předmětné lokality se nachází Národní přírodní památka – Červený kopec.

Zájmová lokalita je zobrazena na listu 24-34 Ivančice základní mapy České republiky měřítka 1 : 50 000. Výseky těchto listů – základní vodohospodářské a zakryté geologické mapy ČR – jsou uvedeny v přílohách č. 2 a 3.

1.1.2 Stávající a plánované využití území

Přehled stávajícího využití území

Začátek činnosti v prostoru Kohnovy cihelny je datován do roku 1850, kdy byly na mohutném ložisku cihlářské hlíny v prostoru obce Bohunice založeny tři cihlářské závody. Po skoupení okolních pozemků a provozních objektů zbylých cihelen Gustavem Kohnem se majitelem firmy v r. 1902 stává Max Kohn. Předmětem podnikání v tomto prostoru bylo pálení cihel a výroba hliněného zboží. Největší rozmach zažívala cihelna v období první republiky v letech 1926 až 1929, a to především v oblasti výroby střešní krytiny (zejména pálené tašky, dále ražená a tažená krytina, hřebenáče, prejzová krytina). Podnik zaměstnával 500 až 650 osob a k výrobě využíval nejnovější strojní zařízení. V době hospodářské krize došlo ke snížení produkce, v období 1935 až do protektorátu zase k oživení výroby. Cihelna byla jako židovský majetek dána v r. 1940 pod říšskou správu a po vyjití Benešových dekretů byl majetek znárodněn. Pavel Kohn po návratu z Anglie podal žádost k soudu a majetek jeho otce mu byl v r. 1947 vrácen, ovšem po vítězném únoru r. 1948 byla cihelna jako podnik s více jak 500 zaměstnanci opět znárodněn (ve válečné i poválečném období byly výrobky využívány k odstraňování škod způsobených bombardováním). Ve státní správě byla cihelna postupně pod názvy Bohunické cihelny, Cihelny Gustava Klimenta. Dne 11.7.1990 byly Cihelny Gustava Klimenta, s.p. přejmenovány na Brněnské cihelny, s.p. Po sametové revoluci cihelna postupně chátrala, byly zbořeny oba komíny a stavební suť byla ponechána na místě i se zbytky budov. Dnem 12.12.1995 byl státní podnik dán do likvidace a prohlášení konkurzu na Brněnské cihelny, s.p. – v likvidaci proběhlo dnem 15.7.1998.

V severní jámové části hliniště cihelny (mezi ul. Vinohrady a budovami cihelny, resp. stávající fotbalové hřiště) se původně těžily spraše, zpočátku jemnozrnné písky (omítkové) a později jíl ve spodních partiích jámy, který sloužil jako plastifikační korekce do výrobních směsí pro některé druhy vyráběného sortimentu.

V prostoru zájmové lokality mezi ul. Vinohrady a budovami cihelny (stávající fotbalové hřiště) se v minulosti nacházel povrchový lom na cihlářskou hlínu – slín (původně těžily spraše, zpočátku jemnozrnné písky - omítkové a později jíl ve spodních partiích jámy). Tento zdroj suroviny byl otevřen pravděpodobně v meziválečném období před hospodářskou krizí cca v r. 1929. Po 2. světové válce těžba pokračovala až do 60. let minulého století, kdy byla po r. 1964 až 1965 jako náhrada otevřena těžba jílů v Novém Lískovci. Po ukončení těžby slínu (cca v r. 1960) vznikla na místě bývalého hliniště vodní nádrž, která i přes zákazy sloužila k rekreačním účelům zaměstnanců závodu, koupání i rybolovu. Po rozhodnutí o zavezení byl lom v průběhu cca 5-ti let postupně zavezen **komunálním** a zřejmě **i jiným odpadem** (jako „řízená“ skládka pod správou TZS m. Brna). Dle geofyzikálního průzkumu (Frýbová P. a kol., 2014) hloubka lomu dosahovala až 35 až 38 m p.t. Po zavezení na místě vzniklo fotbalové hřiště se škvárovým povrchem.

V západní části zájmového území se nacházejí zahrady a rekreační objekty, ve východní části území pak základní škola na ulici Horní (vč. venkovního sportovního areálu). Vlastníkem pozemků v těchto částech území je Statutární město Brno (Dominikánské náměstí 196/1, Brno-město, 60200 Brno). Plocha fotbalového hřiště a jeho okolí (střední část zájmového území) je ve vlastnictví pana Davida Dostála (p.č. 1837/40, k.ú. Štýřice, výměra: 24 980 m^2, druh pozemku: ostatní plocha, způsob využití: sportoviště a rekreační plocha). Pouze při sv. okraji zájmového prostoru (při ul. Vinohrady) leží pozemky s rodinnými domy ve vlastnictví různých osob (druh pozemku: zastavěná plocha a nádvoří, popř. ostatní plocha, způsob využití: jiná plocha).

Dle platného územního plánu (z r. 1994) a Územní studie Červený kopec – část II (Pelčák a partner architekti, XI/2017) jsou dle funkčního a účelového využití pozemky v západní části zájmového prostoru zařazeny do plochy krajinné zeleně všeobecné a rekreační zeleně, ve střední části (hřiště) se jedná o zvláštní plochu pro rekreaci a ve východní části lokality jde o plochu krajinné zeleně všeobecné (úzký pruh) a zejména o plochu označenou školství a plochy všeobecného bydlení. Dle výkresové dokumentace Územní studie Červený kopec – část II (Pelčák a partner architekti, XI/2017) je předmětná lokalita označena a ve vysvětlivkách v odstavci informace o specifických vlastnostech území vymezena jako prostor bývalého hřiště – navrhované využití území je podmíněno zpracováním Rizikové analýzy a vyhodnocením skutečných ekologických rizik.

(Pozn.: Dosud platný Územní plán města Brna (ÚPmB) byl vydán před 24 lety v listopadu 1994. Jeho zpracovatelem bylo UAD studio. Od doby svého vzniku musel být už mnohokrát měněn. Podle novely stavebního zákona platnost dnešního územního plánu vyprší na konci roku 2022. Město Brno začalo v roce 2002 připravovat nový územní plán. Jeho zpracovatelem byla společnost Arch.Design. Dokument je dopracován do fáze konceptu ve třech variantách a v roce 2011 ho město představilo brněnské veřejnosti. Práce na konceptu byla ale přerušena kvůli zrušení nadřazeného dokumentu – Zásad územního rozvoje Jihomoravského kraje. Nové zásady byly vydány v listopadu 2016. Od roku 2017 opět pokračují práce na konceptu. Zastupitelstvo města Brna v červnu 2018 schválilo Pokyny k dopracování konceptu Územního plánu města Brna. V září 2018 pověřili zastupitelé zpracováním návrhu nového územního plánu KAM.)

Výkres širších vztahů stávajícího územního plánu, hlavní výkres - funkční a prostorové využití (viz Územní studie Červený kopec – část II, Pelčák a partner architekti, XI/2017) a výřez z územního plánu (Koncept – varianta III) s hodnocenou lokalitou je součástí přílohy č. 15 této zprávy.

Podle připravovaného územního plánu města Brna (ÚPmB) – Konceptu územního plánu (z r. 2009) leží pozemky v západní části zájmového prostoru dle základního členění území v ploše

přestavby, ve střední části v ploše zastavěné území a ploše zastavitelné a ve východní části v ploše zastavěné území. Jižním a západním směrem od zájmového prostoru jsou vyznačeny rozvojové lokality s upřesněním na území, kde podmínky stanoví regulační plán. Severním směrem jsou vedeny rozvojové lokality s upřesněním na plochy zastavitelné a území zastavěné.

Pozn.: V Územní studii Červený kopec – část II (Pelčák a partner architekti, XI/2017) je navržena městská zástavba od Vídeňské ulice, která vystoupá na terasu Kohnovy cihelny (pro cca 8 000 lidí). Na vlastním Červeném kopci má pak vzniknout obdoba Masarykovy čtvrti s vilami v zahradách pro dva tisíce obyvatel. V oblasti Kohnovy cihelny již existuje uzavřený soubor domů a vlastník fotbalového hřiště tu chce postavit kolonii rodinných domů.

Ochrana přírody a krajiny

Zájmové území neleží v CHOPAV. Lokalita není součástí žádného maloplošného chráněného území, není součástí lokality soustavy NATURA 2000 a EVL. V prostoru studované lokality ani v jejím bezprostředním okolí se nenacházejí žádná zvláště chráněná území ve smyslu zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších předpisů.

Ve vzdálenosti cca 350 m jz. od západní části zájmové lokality je vyhlášena Národní přírodní památka - Červený kopec (ochranné pásmo: ze zákona 4,0841 ha). Jedná se o světově významný odkryv pleistocénních spraší na terasách řeky Svratky. Je zde dobře vyvinuté souvrství spraší (úplný sled spraší s PKI-XII) a fosilních půd, tvořících půdní komplexy; periglaciální jevy a hojné paleontologické nálezy ze středního a starého pleistocénu.

Podloží je tvořeno granodiority a diority brněnského masívu. Následují devonské vápence a arkózové pískovce. Neogenní brněnské písky a vápnité jíly jsou miocenního stáří. Komplex čtvrtohorních sedimentů počíná terasovými fluviálními štěrkopísky, dále spraše a sprašové hlíny (stáří riss, wúrm) s pohřbenými půdními horizonty. Celkem se v nadloží říčních teras Svratky vyskytuje třináct půdních komplexů, které jsou mezinárodním opěrným profilem s hranicí B/M (Brunhes/Matuyama, střední-spodní pleistocén), datovanou na 780 000 let. Paleontologický průzkum půd přinesl nálezy obratlovců Castor fiber, Meles meles, M. meles atavus, Ursus sp., Bizon priscus, Bos primigenius a další.

Ochrana vodních zdrojů

V prostoru pod svahem pod hlavní vrátnicí bývalých cihelen se nachází studna **St-1** (cca 120 m jižně od školního hřiště, při ulici a domu Strž 555/2), která má hloubku 11,72 m a průměr 5,4 m (hladina podzemní vody byla dne 6.1.2000 zjištěna v úrovni 3,47 m pod terénem a dne 10.7.2019 v úrovni 3,61 m p.t.). Studna byla v dřívějších dobách využívána jako zdroj technologické vody. V pozdějších letech však byla z důvodu nevyhovující kvality (přílišná tvrdost) jako zdroj odstavena a do cihelny byla přiváděna pro technologické účely voda z řeky Svratky. Sledování kvality podzemní vody ve studni St-1 bylo provedeno v rámci Ekologického posudku (Zajíček R., I/2000) – viz kapitola č. 1.2.5.

V současné době je lokalita (zavlažování zahrad, budovy areálu bývalé cihelny jižně od zájmového prostoru a rodinné domy a školní budovy ve východní části zájmového prostoru) napojena na městskou vodovodní síť (ve správě Brněnské vodovody a kanalizace, a.s.) a podzemní voda ze studny (St-1) pod areálem bývalých cihelen není nájemci využívána. Odběry pitné vody u jednotlivých uživatelů (vč. zahrádkářů) jsou měřeny samostatnými vodoměry. Technologická voda není v zájmovém prostoru užívána.

Rodinné domy a školní budovy (východní část zájmového prostoru) jsou napojeny na veřejnou kanalizaci.

Srážková voda se rozlévá a vsakuje na celé ploše střední a západní části areálu (v případě zahrádkářské kolonie jsou jímány a využívány k závlaze), ve východní části zájmového prostoru (školní pozemky, rodinné domy) je svedena do jednotné kanalizace.

Lokalita není součástí CHOPAV, neleží v ochranném pásmu žádného vodního zdroje. Dle mapového serveru heis.vuv.cz lokalita není v záplavovém území.

1.1.3 Základní charakterizace obydlenosti lokality

Štýřice jsou městská čtvrť jihozápadně od centra statutárního města Brna, která v zájmovém prostoru sousedí na západě a jz. s Bohunicemi. Její katastrální území má rozlohu 3,33 km². Území pozdějších Štýřic bylo k Brnu připojeno v roce 1850. Štýřice jsou od 24. listopadu 1990 součástí samosprávné městské části Brno-střed. Žije zde přibližně 8 600 obyvatel.

Západní část vymezeného zájmového území je využívána převážně pro zahrádkaření (užívány Českým zahrádkářským svazem - ZO ČZS Červený kopec Brno), střední část s fotbalovým hřištěm pro rekreační účely jako sportoviště, východní část pro školní aktivity (sportovní hřiště, výuka) a jako rekreační plocha (zahrada) a severní okraj východní části zájmového území pro bydlení – zástavba rodinných domů (cca 20 rodinných domů s okolními pozemky - zahradami) s odhadem 50 – 60 obyvateli.

1.1.4 Majetkoprávní vztahy

Celé zájmové území se nachází v katastrálním území Štýřice (610186).

Pozemky v západní části zájmového prostoru (zahrádky) jsou v současnosti v majetku Statutárního města Brna (Dominikánské náměstí 196/1, 602 00 Brno), stejně jako pozemky školního areálu (Základní škola a mateřská škola, Horní 16, příspěvková organizace) ve východní části zájmového území a pozemky na severním okraji střední části zájmového území (nad hřištěm).

Pozemky ve střední části zájmového území (prostor fotbalového hřiště a okolí) jsou ve vlastnictví pana Davida Dostála (Svatopluka Čecha 2672/100, 612 00 Brno).

Pozemky na severním okraji východní části zájmového území jsou ve vlastnictví jednotlivých majitelů rodinných domů.

Příjezdová komunikace (z ulice Vinohrady k budovám bývalé Kohnovy cihelny) – ulice Stráň je v majetku tří osob (Ledvinková Soňa Ing., Pokorná Helena, Pokorný Tomáš, všichni Vitáskova 1596/10, 621 00 Brno).

Západní okraj západní části zájmového území je v majetku 3 osob (Karen Thomas, Kohn Mary Anderson Eirich, Kohn Michael Paul), spravovaný svěřeneckým fondem Bettiny Stapleton (sídlo neurčeno) se svěřeneckým správcem panem Pěchotou Vratislavem, Esq., Mánesova 1645/87, 120 00 Praha).

Situace jednotlivých pozemků zájmového území je uvedena v příloze č. 5, v následující tabulce č. 1.1.4.1 je uveden přehled hlavních dotčených pozemků.

Tabulka č. 1.1.4.1: Přehled hlavních dotčených pozemků v zájmovém prostoru (k.ú. Štýřice)

Parcelní číslo	*Druh pozemku*	*Způsob využití*	*Výměra v m²*
1836/2	ostatní plocha	jiná plocha	4 615
1884/1	orná půda	-	1 329
1883/1	orná půda	-	2 368
1885/5 až 113	zahrada	-	cca 21 800
1836/3	ovocný sad	-	2 399
1837/42	ostatní plocha	ostatní komunikace	1 032
1837/40	ostatní plocha	sportoviště a rekreační plocha	24 980
1837/129	ostatní plocha	sportoviště a rekreační plocha	1 250
1876/1	ostatní plocha	ostatní komunikace	2 302
1386	ostatní plocha	zeleň	1 727
1387/1	ostatní plocha	sportoviště a rekreační plocha	12 125
1379/2	zahrada	-	1 168
1379/1	ostatní plocha	jiná plocha	697
1355 až 1393	zahrada, zastav. plocha a nádvoří	-	cca 9 700

1.2 Přírodní poměry zájmového území

1.2.1 Geomorfologické a klimatické poměry

Zájmová lokalita leží dle geomorfologického členění (Demek J, Mackovčin P., 2006) v geomorfologickém celku Bobravská vrchovina, podcelku Lipovská vrchovina a okrsku Kohoutovická vrchovina. Červený kopec (311,4 m n. m.) je významným bodem Kohoutovické vrchoviny. Na horninách brněnského plutonu spočívají červené spodnodevonské slepence, odkryté bývalými lomy na severním úbočí. Hlavní podíl na geomorfologickém vývoji oblasti měla pleistocenní soliflukce, pro níž erozní základnu připravovaly potoky a řeky. K destrukci terénních svahů docházelo často soliflukcí sesuvovou, při které sjíždějí po svazích nejen kašovité hmoty rozbřídavých měkkých hornin, ale s nimi i celé kry měkkých a polopevných hornin nebo zemin. Při pleistocenní modelaci krajiny moravských úvalů přispěly eolické sedimenty k změkčení jejich tvarů a k vyrovnání vrásek, které zde zůstaly po pleistocenní soliflukci. Zakryly také menší relikty fluviálních akumulačních teras, které za sebou zanechaly mladotřetihorní a starotřetihorní řeky.

Červený kopec je pokryt převážně zahrádkami, příkrý severní svah je zalesněný, místy skalnatý (Mahenova stráň), jihovýchodní úbočí má stepní charakter a na severovýchod zasahuje zástavba brněnské čtvrti Štýřice, včetně Kamenné kolonie. K ní přiléhá pobočný vrchol Červená skála, vysoký asi 260 metrů. Mezi ní a vlastním Červeným kopcem se nachází ulice Červený kopec s areálem bývalé stejnojmenné nemocnice.

Nadmořská výška sledovaného území se pohybuje v intervalu 223 až 265 m n.m., přičemž prostor hřiště ve střední části zájmového prostoru se nachází na zarovnaném terénu v nadmořské výšce 251 m n.m.

Z hlediska klimatických podmínek leží posuzované území ve smyslu rajonizace Quitta (in Tolasz, 2007) v oblasti T-4. Ta je charakterizována velmi dlouhým létem, velmi teplým a velmi suchým. Přechodné období je velmi krátké s teplým jarem a podzimem. Zima je krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky.

Průměrná roční teplota vzduchu v období 1951 - 1980 je 8,6 °C (stanice HMÚ – Brno-Tuřany). Průměrné množství spadlých srážek, výparu a teplot je charakterizováno tabulkou č. 1.2.1.1.

Tabulka č. 1.2.1.1: Klimatické poměry (stanice HMÚ Brno –Pisárky, Tuřany)

Měsíc	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	*X*	*XI*	*XII*	*Rok*	*Stanice/ období*
Srážky (mm)	27	24	27	36	56	73	76	62	40	42	40	34	***537***	Pisárky/ 1901-1980
Výpar (mm)	1	7	28	52	80	100	77	58	41	22	8	3	***477***	Brno/ 1931-1960
Teplota (° C)	-2,3	-0,5	3,4	8,8	13,6	17,2	18,5	18,0	14,2	8,9	3,8	- 0,3	***8,6***	Tuřany/ 1951-1980

Ročně zde spadne průměrně 537 mm srážek (srážkoměrná stanice Pisárky), což představuje ve vegetačním období množství 343 mm srážek a v období vegetačního klidu hodnotu 194 mm.

Z hodnot ročního výparu (477 mm) a množství spadlých srážek (537 mm) vyplývá, že podzemního a povrchového odtoku v zájmovém území se účastní ročně okolo 60 mm srážkové vody, z čehož povrchový odtok činí 39 mm a podzemní odtok 21 mm.

1.2.2 Geologické poměry

Hodnocený prostor je situován při jihovýchodním okraji výchozové části Českého masívu, který je budován bazálními klastiky devonu charakteru červených slepenců. Lokalita je pak charakterizována rozsáhlými a často mocnými pokryvy spraší, na nichž se během holocénu vyvinuly velmi úrodné zemědělské půdy černozemního typu.

Předkvartérní geologický podklad je v zájmovém prostoru tvořen devonskými bazálními sedimenty – červené slepence zvané old red. Tvoří hřbet probíhající napříč lokalitou, který se táhne od kóty „Červený kopec“, kde vystupuje až na povrch, dále k jv. Povrch dnešního terénu v prostoru zmíněné kóty kopíruje konfiguraci hřbetu, který postupně upadá pod mladší sedimenty.

Podél úpatí jeho obou svahů jsou uloženy neogenní sedimenty jílovo-písčitého komplexu (sladkovodní facie helvetu), v němž jsou zastoupeny jednak jíly až písčité jíly, místy vyvinuté v „pestré facii“ s nepravidelnými polohami jílovitých jemnozrnných písků, a jednak jemnozrnné jílovité písky místy prostoupené polohami písčitých jílů.

Na neogenním souvrství nebo případně na devonských sedimentech se nacházejí kvartérní štěrkopískové akumulace říčního původu, které byly na zdejší lokalitě usazeny ve čtyřech terasových stupních. Z nich nejsvrchnější a zároveň nejstarší, ležící v úrovni kolem 270 m n.m., se vyskytuje v západní části lokality. Další terasa, která je plošně nejrozsáhlejší, je uložena na úrovni kolem 270 m n.m., a rozkládá se západně od objektů cihelny. Spodnější terasa na úrovni kolem 235 m n.m. se nachází pod areálem bývalé cihelny. Nejspodnější stupeň, vyskytující se při východním okraji lokality na úrovni kolem 220 m n.m., se rozkládá pod dnešní zástavbou při ulici Strž. Pokryvný útvar představuje sprašové souvrství, v němž převládají spraše prostoupené několika nepravidelně probíhajícími fosilními půdními horizonty, směrem do podloží přibývá v souvrství jílovité frakce, takže jeho bazální část je tvořena jílovitými hlínami. Mocnost návěje sprašového souvrství kolísá v závislosti na morfologii terénu a na konfiguraci podložních jednotek a v některých místech dosahovala (před odtěžením) až 37 m.

V západní části zájmové lokality je vyhlášena Národní přírodní památka - **Červený kopec**. Jedná se o světově významný odkryv pleistocénních spraší na terasách řeky Svratky. Je zde dobře vyvinuté souvrství spraší (úplný sled spraší s PKI-XII) a fosilních půd, tvořících půdní komplexy; periglaciální jevy a hojné paleontologické nálezy ze středního a starého pleistocénu.

Geologický průzkum v dané lokalitě byl uskutečněn v r. 1957 za účelem ověření surovinové základny pro zdejší cihlářský závod. V rámci etapy podrobného průzkumu ložiska cihlářské suroviny bylo odvrtáno celkem 16 vrtů, které byly situovány v rozmezích vzdálenosti 90 – 230 m od sebe. Většina vrtů byla ukončena na skalním podloží (slepence, pískovce) nebo z technických důvodů (po dosažení hloubky 50 m), pouze 4 vrty v prostoru mezi jižní hranicí areálu závodu a ulicí Jihlavskou byly hloubeny po výškovou úroveň 222 m n.m. (tj. 18 m p.t.), což představuje úroveň dnešní zástavby při ulici Horní (Kalous J., 1999).

V rámci IG a GF průzkumu (Frýbová P., 2014) bylo na lokalitě (prostor hliniště bývalé cihelny – střední část zájmového území, resp. prostor fotbalového hřiště) vyhloubeno 4 ks vrtaných sond JV-1 až JV-4 do hloubky 15 m p.t. a 1 sonda do hloubky 25 m p.t. (JV-5). Kromě sondy JV-2 byla v geologickém profilu všech sond zastižena až po bázi vrtů v hloubce 15,0 až 25,0 m pouze antropogenní navážka různorodého složení. V sondě J-2 (sv. okraj fotbalového hřiště) byla navážka zastižena do hloubky 9,1 m p.t., následovaly kvartérní sedimenty do hloubky 9,5 m p.t. (písčité jíly), pod nimi byly do hloubky 12,8 m p.t. zjištěny neogenní sedimenty v podobě ulehlých, při bázi zvodněných štěrků. Pod touto vrstvou byly od hloubky 12,8 m p.t. až po bázi vrtu v hloubce 15,0 m p.t. zastiženy neogenní jílovité sedimenty tvořené jíly s vysokou plasticitou. V sondě J-2 byla naražena hladina podzemní vody v hloubce 12,6 m p.t., která se ustálila v hloubce 10,5 m p.t. Hladina podzemní vody se nacházela v horizontu neogenních štěrkovitých sedimentů, které byly při bázi zvodněné. V ostatních vrtaných sondách nebyla hladina podzemní vody vrtnými pracemi zastižena.

Podle údajů ČGS – GEOFONDu nejsou v zájmovém prostoru evidovány žádné vrtané studny či hydrogeologické objekty. Pouze ve vých. části zájmového prostoru (při ulicích Vinohrady a Stráň) byly v r. 1989 vyhloubeny v rámci inženýrskogeologického průzkumu 2 vrty J-1 a J-2 (signatura GF P063452, ID 450155), kde byl uveden geologický profil pouze u vrtu J-2: do 16,4 m p.t. byla zastižena navážka (kvartér) a dále do 18-ti m p.t. jíl skvrnitý, tuhý, zeleno-šedé barvy (miocén střední). Vrt byl suchý.

Západním směrem (v prostoru zahrádek cca 100 m nad předmětnou lokalitou) byl dle údajů ČGS – GEOFONDu vyhlouben v r. 2009 v rámci IG průzkumu vrt JV-1 (signatura GF P130207, ID 710132) do hloubky 80 m. Zjednodušený geologický profil byl následující: do 5,5 m p.t. sprašová hlína tuhá až pevná, hnědorezavé barvy, 5,5 – 8,8 m p.t. hlína jílovitopísčitá, tuhá až pevná, rezavočervená, 8,8 – 38,5 m p.t. eluvium písčitohlinité, s příměsí štěrku a konglomerát navětralý, střednozrnný, masivní, pevný a 38,5 – 80,0 m p.t. konglomerát křemenný, drobno až střednozrnný, červenohnědé barvy. Ustálená hladina podzemní vody byla zjištěna v úrovni 42,9 m p.t.

Ve vzdálenosti cca 70 m jižně od západní části zájmového prostoru (v zahrádkářské kolonii) byl v r. 1956 vyhlouben dle údajů ČGS – GEOFONDu (signatura GF FZ001910, ID 449463) vrt v rámci ložiskového průzkumu na nerudy do hloubky 18,1 m p.t. Geologický profil byl udán následovně: 0,0 – 3,3 m p.t. spraš, slabě písčitá, vápnitá, slídnatá, žluto-hnědá, konkrece drobné, rozpadavé, 3,3 – 7,5 m p.t. hlína sprašová, slabě písčitá, slídnatá, žlutohnědá, 7,5 – 14,3 m p.t. spraš písčitá, vápnitá, slídnatá, žlutohnědá, 14,3 – 18,0 m p.t. štěrk drobnozrnný, písek jemnozrnný, žlutohnědé barvy, 18,0 – 18,1 m p.t. konglomerát křemenný, fialovočervené barvy. Vrt byl suchý.

V předmětném prostoru není na serveru České geologické služby[1)] evidován dobývací prostor, chráněné ložiskové území, chráněné území pro zvláštní zásahy do zemské kůry, výhradní ložisko nebo jeho prognózní zdroj, oznámené důlní dílo (staré důlní dílo), poddolované území z minulých těžeb, svahová nestabilita (sesuvné území), dobývací prostor a ložisko nevyhrazeného nerostu.

Geologické poměry zájmové lokality a širšího okolí jsou zřejmé z geologické mapy v příloze č. 3 této zprávy.

1.2.3 Hydrogeologické poměry

Podle **hydrogeologické** rajonizace České republiky[2] a vyhlášky Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství č. 5/2011 Sb., ve znění pozdějších předpisů[3)] leží zájmová lokalita v rajonu 2241 Dyjsko-svratecký úval v těsné blízkosti s rajonem 6570 Krystalinikum brněnské jednotky. Rajon 6570 Krystalinikum brněnské jednotky budují především magmatity (granitoidní horniny) a horniny krystalinického pláště (intruzíva dioritů a různé metamorfity) proterozoického stáří překryté kvartérní sedimenty.

Podle vyhlášky Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství č.5/2011 Sb.[4)] a serveru Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.Masaryka jde na lokalitě o základní útvar podzemních vod číslo 22410 s názvem Dyjsko-svratecký úval, který leží těsně při hranici se základním útvarem podzemních vod 65700 Krystalinikum brněnské jednotky.

Ve smyslu klasifikace hornin podle koeficientu filtrace mají devonské slepence slabou až velmi slabou ($k=1.10^{-6}$ až 1.10^{-8} $m.s^{-1}$) puklinovou propustnost.

Zvětralý detritický (písčitý až štěrkovitý) plášť skalního podkladu má mírnou až dosti slabou ($k=1.10^{-4}$ až 1.10^{-6} $m.s^{-1}$) průlinovou propustnost. Propustnost zvětralin se snižuje s hloubkou.

Skalní horniny bazálních klastik devonu jsou hydrogeologickým masívem s hloubkově omezeným puklinovým oběhem podzemní vody. Aktivní oběh podzemní vody probíhá konformně s reliéfem povrchu k nejbližší erozivní základně (údolí Svratky). První plošnou zvodní pod povrchem (někdy přechodnou) je zvodeň kvartérních pokryvů a zvětralinových plášťů skalních hornin.

Druhou zónou zvodnění je pásmo podpovrchového rozpojení ploch diskontinuity skalních hornin (pukliny a zlomy v oxidační zóně). Tato druhá zvodeň často splývá s první zvodní ve zvodeň se společným přímým (v pramenech) nebo skrytým odvodňováním do recipientu prostřednictvím sedimentárních výplní údolních sníženin.

Hlubší puklinové zvodně (pod zónou zvětrávacích procesů) jsou lokální záležitostí zlomových pásem, které mají pro své okolí drenážní funkci. Tyto podzemní vody se s výjimkou zlomových pramenů mohou jen výjimečně podílet na aktivní vodní výměně a přítocích do recipientu. Jde o akumulaci podzemních vod v redukčním prostředí, kterou lze většinou oživit jen umělými zásahy do přirozeného režimu (těžbou nerostných surovin, odběry podzemní vody apod.).

---

1) mapy.geology.cz (Mapové aplikace, Územní plánování, Údaje o území)

2) Hydrogeologická rajonizace České republiky. Sborník geologických věd 23. Česká geologická služba Praha.

3) ustanovení § 3 a přílohy č. 6 vyhlášky Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod, ve znění pozdějších předpisů

4) ustanovení § 4 a přílohy č.6 vyhlášky Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod

Vlastní zájmová lokalita je budována slepenci bazálních klastik devonu ve facii old red, které jsou překryty zvětralinami charakteru jemnozrnných písků s úlomky a valouny podložních hornin. Mocnost zvětralinového pláště dosahuje 8 – 10 m.

Podle klasifikace hornin podle transmisivity (Krásný J., 1986[5)]) a příslušného listu hydrogeologické mapy ČR měřítka 1 : 50 000 jde o hydrogeologické prostředí s nízkou transmisivitou s využitím pro menší odběry pro místní zásobování s přibližnou vydatností od 0,05 do 0,5 $l.s^{-1}$ při snížení hladiny cca 5 m.

Vzhledem k poloze zájmové lokality ve svahu nad údolní nivou jsou podzemní vody studovaného prostoru dotovány srážkovými vodami, infiltrujícími i do skládkového tělesa a dále do horninového prostředí. Směr proudění podzemní vody v zájmovém prostoru lze předpokládat za konformní se směrem sklonu terénu, tj. Z-V.

Hydrogeologické poměry na lokalitě lze na základě v minulosti uskutečněných průzkumných prací klasifikovat jako jednoduché. Ve štěrkopískových akumulacích nebyla podzemní voda zastižena v žádném z provedených vrtů (vyjma aktuálně vyhloubeného vrtu HV-12), rovněž ani ve stěnách hliniště nedocházelo v minulosti k jejímu výskytu. Tyto poznatky odpovídají geologické stavbě zdejší lokality. Spraše se na jedné straně vyznačují dobrou průlinovou propustností pro srážkovou vodu, na druhé straně jsou během suchého období značně vysychavé. Poměrně velká mocnost sprašového souvrství, které představuje pokryvný útvar pro štěrkopískové akumulace a přibývající obsah jílové frakce směrem k jeho bázi, vytvářejí nepříznivé podmínky pro možnost proniknutí srážkových vod přes spraše do štěrkopísků v jejich podloží. V terasových stupních štěrkopísků se neprojevuje výskyt podzemních vody. K výronům těchto vod docházelo ve spodní části svahu jámového hliniště, kde je zvodeň vázána na bázi polohy písků na jejím styku s podložním jílem.

Ze štěrkopískových akumulací, vyskytujících se v dané lokalitě, má schopnost tvorby vododajné vrstvy jedině nejspodnější terasový stupeň, který se rozkládá pod dnešní zástavbou při ulici Strž (kolem 220 m n.m.). V tomto kolektoru je zahloubena místní studna St-1, která se nachází v sousedství objektu garáží. Mimo uváděnou zvodeň byla v několika provedených vrtech zastižena podzemní voda na bázi neogenních jemnozrnných písků, v jejichž podloží se nacházejí jíly tvořící izolátor, který má schopnost vytvořit příznivé podmínky pro akumulaci vody.

Na výseku příslušného listu vodohospodářské a hydrogeologické mapy ČR měřítka 1 : 50 000 a serveru Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka[6)] nejsou v hodnoceném prostoru situovány pozorované či využívané prameny, objekty státní pozorovací sítě mělkých a hlubších podzemních vod, využívané objekty podzemních vod (studny, vrty apod.) ani evidovány odběry podzemní vody.

Podle terénního šetření, výseku příslušného listu vodohospodářské mapy ČR měřítka 1 : 50 000 a serveru Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka hodnocená lokalita nezasahuje do žádných ochranných pásem vodních zdrojů pro veřejnou potřebu, ani v chráněné oblasti akumulace vod (CHOPAV).

1.2.4 Hydrologické poměry

Zájmová lokalita je podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 393/2010 Sb. zařazena do oblasti IX. Dílčí povodí Dyje a povodí 3. řádu 4-15-01 Svratka po Svitavu. Podle členění vodních toků Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka náleží k dílčímu

[5)] Klasifikace transmisivity a její použití. Geologický průzkum, 6, 28, str. 177 – 179. Praha.

[6)] heis.vuv.cz (Hydroekologický informační systém VÚV TGM, Mapa VH a ochrana vod, Vodní hospodářství a ochrana vod)

povodí (4. řádu) s názvem Svratka od Komínského potoka po Ponávku s číslem hydrologického pořadí 4-15-01-1530 (plocha dílčího povodí 20,998 km^2).

Nejbližší vodotečí od zájmového prostoru je řeka Svratka, která protéká ve vzdálenosti cca 330 až 450 sz. směrem a obtéká lokalitu ze severní až východní strany (vzdálenost cca 850 až 1 500 m). Svratka pramení na úbočí Křivého javoru a Žákovy hory ve Žďárských vrších. Teče pak zhruba jihojihovýchodním směrem, skrze Horno-svrateckou vrchovinu, kde je na ní vybudována soustava přehrad Vír I a Vir II. Nad Tišnovem přijímá Loučku a u Veverské Bítýšky přetíná Boskovickou brázdu. Následuje Brněnská přehrada a kotlina města Brna. Zde Svratka mění směr na jižní a u Přízřenic přijímá svůj největší levý přítok Svitavu. Pokračuje napřímeným korytem rovinou Dyjsko-svrateckého úvalu a v Židlochovicích se do ní vlévá Litava. Těsně před deltovým vyústěním do střední nádrže vodního díla Nové Mlýny na Dyji se Svratka stéká s Jihlavou, která je technicky vzato jejím největším přítokem, ale často se bere za rovnocenný přítok Dyje.

Podle Vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 178/2012 Sb. (kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků) je řeka Svratka v zájmovém území prohlášena za vodohospodářsky významný tok (s funkcí toku: vodní tok s vodárenským odběrem), s číslem hydrologického pořadí 4-15-01-001. Je rovněž erozní bází zájmového území.

Tab.č. 1.2.4.1 : Hydrologické údaje o řece Svratce (dle období 1961 – 1980, Q_a 1931-1980)

Tok :								Svratka					
Hydrologické číslo povodí :								4-15-01-001					
V profilu :								Pisárky					
Plocha povodí (A) v km^2 :								1 631,9					
Průměrný dlouhodobý roční průtok (Q_a) v m^3/s :								7,776					
Měsíc	***I***	***II***	***III***	***IV***	***V***	***VI***	***VII***	***VIII***	***IX***	***X***	***XI***	***XII***	***Rok***
Q (m^3.s^{-1})	8,23	10,27	12,46	12,06	8,06	6,45	5,74	4,43	3,81	3,77	5,01	7,26	***7,776***

V profilu Brno – Poříčí na říčním km 46,80 má Svratka plochu povodí 1637,2 km^2, průměrný průtok 7,68 m^3.s^{-1} a stoletá voda má průtok 281 m^3.s^{-1}.

Zájmová lokalita leží mimo záplavová území a mimo aktivní zóny záplavových území (dle mapového serveru heis.vuv.cz).

1.2.5 Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě

Fyzikálněchemický charakter podzemních vod je určován litologií hornin, rychlostí oběhu vod a hloubkou zvodně. Dle serveru Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.Masaryka jde o podzemní vody typu Ca–Mg–HCO_3-SO_4 s celkovou mineralizací v úrovni 0,3 – 1,0 g.l^{-1}. Po stránce kvality leží podle výseku příslušného listu hydrogeologické mapy podzemní vody v hodnoceném prostoru (z hlediska využitelnosti pro zásobování pitnou vodou) v území s výskytem vody málo vhodné nebo nevhodné (III. kategorie). Kritickou složkou podmiňující zhoršenou kvalitu podzemní vody z lokálního hlediska jsou podle výseku příslušného listu hydrogeologické mapy dusičnany.

Zdravotní riziko u dusičnanů spočívá v tom, že se v zažívacím traktu redukují na toxické dusitany. Ty v žaludku reagují se sekundárními aminy v potravě za vzniku tzv. N-nitroso sloučenin, které jsou podezřívány z karcinogenního účinku. Dále reagují v krvi s hemoglobinem za vzniku methemoglobinu, který není schopen přenášet kyslík, čímž vzniká riziko vnitřního (za)dušení, kterému jsou vystaveni především kojenci do tří měsíc věku, ale i někteří nemocní dospělí. Vysoký obsah dusičnanů je též podezřelý z vlivu na reprodukční

funkce a z některých dalších toxických účinků (F. Kožíšek, 2003). Hygienický limit (nejvyšší mezní hodnota[7)]) vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č.252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů je 50 $mg.l^{-1}$.

V rámci ekologického auditu (Kalous J., IX/1999) bylo zjištěno, že vzorek podzemní vody ze studny St-1 vykazoval zvýšené koncentrace (v porovnání s normou ČSN 75 7111 Pitná voda) obsahu hořčíku, síranů, CHSK-Mn a vodivosti. Mimo to byl zjištěn zvýšený obsah chloridových iontů, překračující téměř dvojnásobně parametr kritéria C MP MŽP z r. 1996. Bylo konstatováno, že zdrojem této kontaminace je pravděpodobně antropogenní činnost (solení komunikací).

Na základě výsledků chemických analýz vzorku podzemní vody odebraného v r. 2000 (Zajíček R., I/2000) ze studny St-1 v prostoru pod současnou vrátnicí (cca 120 m jižně od školního hřiště, při ulici a domu Strž 555/2), lze tuto vodu charakterizovat jako vodu s vyšší tvrdostí, neutrální, se zvýšeným obsahem hořčíku, manganu, síranů a chloridů. Dle klasifikace podzemních vod (Pitter P., 1990) se jednalo o vodu slabě minerální (celková mineralizace nad 1 000 mg/l). Dle ČSN 73 1215 se jednalo o vodu slabě agresivní (SO_4^{2-}) a dle normy ČSN 73 2028 nevyhovuje podzemní voda do všech typů betonů z důvodu vyššího obsahu *chloridů*. Vyšší koncentrace *hořčíku* v podzemní vodě pak způsobuje ztrátu pevnosti betonu.

2. PRŮZKUMNÉ PRÁCE

2.1 Dosavadní prozkoumanost území

2.1.1 Základní výsledky dřívějších průzkumných a sanačních prací na lokalitě

Na daném území byly provedeny následující průzkumy:

Valtr V.: Brno – Bohunice – Kohnova cihelna, Zpráva o geofyzikálním průzkumu oblasti divoké skládky TKO. GEOFYZIKA a.s., Brno, 1998.

Kalous J.: Lokalita Kejbaly a bývalá Kohnova cihelna, územně plánovací podklad z hlediska ekologických zátěží a podklad pro generel průmyslu. SEPARA-EKO, spol. s r.o., Brno, září 1999,

Zajíček R.: Brněnské cihelny – Štýřice, ekologický posudek, Závěrečná zpráva. ENVI-AQUA, s.r.o., Brno, leden 2000,

Frýbová P. a kol.: IG a GF průzkum na lokalitě Červený kopec v Brně. VENTIMIGLIA s.r.o., Brno, duben 2014.

Zájmové území v okolí stávajícího fotbalového hřiště se nachází v místě bývalého jámového hliniště cihelny. Bývalé hliniště bylo zavezeno různorodým materiálem v období 60. let 20. století, kdy byla v jeho místě provozována cca po dobu 5 let řízená skládka pod správou TZS města Brna. Maximálních mocností dosahuje navážka v místě jámy, a to 33 až 38 m. V předpolí je mocnost menší a dosahuje od 6 do 10 m. V navážce převládá anorganická složka, která byla tvořena především demoličním materiálem, zeminou z výkopových prací, odpadem z výrobní činnosti cihelny (popel, škvára, cihelné zlomky), který se střídá se soudržnými vrstvami prachovité hlíny až jílu. Podzemní voda nebyla na lokalitě zastižena

[7)] ve smyslu ustanovení § 2 písm. c) vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů je nejvyšší mezní hodnotou – hodnota zdravotně závažného ukazatele jakosti pitné vody, v důsledku jejíhož překročení je vyloučeno použití vody jako pitné, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví na základě zákona (č.258/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů)

v žádném z vrtů a nedocházelo k jejím výskytům ani ve stěnách hliniště. Výjimkou je vrt JV-2 z roku 2014 v severovýchodní části hřiště se zjištěnou hladinou podzemní vody cca 10 – 12 m p. t.

Jako další podkladové materiály byly zajištěny:

- Územní plán města Brna (ÚPmB), 1994,
- Územní studie Červený kopec – část II (Pelčák a partner architekti, XI/2017).

Výše uvedené podkladové materiály byly využity ke zpracování základních údajů o území (kapitola č. 1).

2.1.2 Přehled zdrojů znečištění

Předchozími průzkumy na lokalitě nebylo zjištěno ovlivnění horninového prostředí činnostmi provozovanými v oblasti v minulosti, na lokalitě nebyla prokázána stará ekologická zátěž (rozsah předchozích provedených průzkumů byl pouze předběžný).

V prostoru vlastního areálu Kohnovy cihelny (jižně od předmětné aktuálně vymezené lokality) byla v minulosti zjištěna bodová kontaminace ropnými látkami. Jednalo se o zvýšené koncentrace NEL v přípovrchových partiích zemin (do hloubky 1,0 m p. t.), a to především v prostoru bývalé nadzemní trafostanice a v prostoru volně přístupné skládky komunálního odpadu (v jv. části reálu). V minulosti pravděpodobně docházelo k úkapům ropných látek a olejů zejména ve výše uvedených nejexponovanějších místech areálu.

Na lokalitě byly v roce 2000 sledovány v podzemní vodě ve studni St-1 pod svahem pod hlavní vrátnicí areálu následující polutanty: NEL, ClU, PCB a BTEX. Hydrochemickými analýzami nebylo na lokalitě prokázáno znečištění podzemních vod uvedenými látkami.

Zdrojem znečištění na lokalitě je vlastní těleso skládky s uloženými odpady. Z dostupných informací a z vlastního terénního šetření byly na skládce ukládány následující druhy odpadů:

- zemina z výkopových prací
- stavební suť – demolice objektů, komínů, apod.
- odpad z výrobní činnosti cihelny – popel, škvára, cihelné zlomky
- tuhý komunální odpad
- organický odpad (kmeny stromů, aj.)
- jiný odpad (ocelové pilníky, apod.).

Z dostupných informací plyne, že během dlouholetého trvání skládky nedošlo k žádným haváriím majícím vliv na okolní ekosystémy, popřípadě zdraví lidí.

Geologické poměry pro zakládání stavebních objektů na lokalitě se jeví jako složité vzhledem k mocným výskytům antropogenních sedimentů, jejich variabilním vlastnostem a nízké ulehlosti, existenci sprašových sedimentů v širším okolí, přítomnosti blízkých tektonických linií s rozhraním neogenních sedimentů a hornin brněnského batolitu s jeho paleozoickým pokryvem (Frýbová P. a kol., IV/2014).

2.1.3 Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů

Jako předpokládané kontaminanty v prostoru bývalé cihelny byly vytipovány:

- ropné látky – uhlovodíky C_{10}–C_{40}
- těžké kovy – As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
- polyaromatické uhlovodíky PAU
- aromatické uhlovodíky BTEX

- chlorované uhlovodíky ClU
- anorganické ukazatele: sloučeniny N, sírany, chloridy, fluoridy, Mg, Ca, Fe
- skládkové plyny methan a těkavé organické látky

Dalším rizikovým faktorem je skutečnost, že jde o nezabezpečenou skládku ve vytěžené cihelně (bývalém hliništi), kde dochází k vyplavování potenciální kontaminace srážkovými vodami do horninového prostředí.

2.1.4 Předběžný koncepční model znečištění

Z doposud provedených prací lze stanovit předběžný koncepční model s následujícími expozičními cestami šíření potenciálního znečištění:

Expozice č.	***Kontaminant***	***Transportní cesta***	***Příjemce rizik***	***Poznámka***
1	anorganické látky ropné látky těžké kovy (TK) PAU BTEX ClU skládkové plyny	Kontaminace uložených materiálů	Stavební dělníci, pracovníci při výstavbě (inhalace, dermální kontakt)	běžný pohyb na lokalitě, výkopové práce, skrývka zeminy
2		Kontaminace uložených materiálů	budoucí obyvatelé nové zástavby (inhalace, dermální kontakt)	běžný pohyb na lokalitě, zahrádky
3		Únik do podzemní vody – transport mimo území	Obyvatelé, využívající podzemní vodu	domovní studny v okolí využívané na zálivku
4		Únik do podzemní vody – transport mimo území	Ekosystémy v území	NPP Červený kopec, VKP Kohnova cihelna

Předběžný koncepční model znečištění vychází z údajů uvedených v předcházejících kapitolách a z prohlídky lokality.

Zájmové území v okolí stávajícího fotbalového hřiště se nachází v místě bývalého jámového hliniště cihelny (navážka dosahuje max. mocností 33 až 38 m). V navážce převládá anorganická složka, která byla tvořena především demoličním materiálem, zeminou z výkopových prací, odpadem z výrobní činnosti cihelny (popel, škvára, cihelné zlomky), která se střídá se soudržnými vrstvami prachovité hlíny až jílu. Prostor skládky není zabezpečený, je využíván jako fotbalové hřiště. Vstup osobám není na lokalitu nijak výrazně omezen, prostor je volně přístupný. Na skládku navazuje školní areál s hřištěm a budovami a zástavba rodinných domků.

Zdrojem potenciálního znečištění je těleso skládky a v něm uložené odpady.

Jako nejvýznamnější příjemci rizik jsou definováni:

- stavební dělníci plánované výstavby (pohyb na lokalitě, skrývka zeminy, výkopové práce),
- obyvatelé nové bytové zástavby (pobyt na lokalitě a méně pravděpodobné využití podzemní vody),
- ekosystémy poblíž lokality (únik znečištění podzemní vodou).

2.2 Aktuální průzkumné práce

Aktuální průzkumné práce byly na lokalitě provedeny s cílem zjištění rizik v prostoru části bývalé (Kohnovy) cihelny v Brně – Štýřicích na lokalitě Červený kopec, kde se v minulosti nacházel povrchový lom, který byl zavezen různorodým odpadem včetně komunálního odpadu.

Průzkumné práce na lokalitě byly prováděny dle Metodického pokynu MŽP č. 13 pro průzkum kontaminovaného území z roku 2005. Analýza rizika byla zpracována dle Metodického pokynu odboru ekologických škod MŽP – Analýza rizik kontaminovaného území z března 2011. Výsledky jsou zaneseny do databáze SEKM a seznamu priorit KM dle Vyhlášky 18/2009 Sb. (č. 369/2004 Sb.), a Metodického pokynu č. 2 uveřejněného ve Věstníku MŽP č. 3/2011 (Plnění databáze SEKM včetně hodnocení priorit.

2.2.1 Metodika a rozsah průzkumných a analytických prací

2.2.1.1 Vrtné práce

Vrtné práce byly provedeny dvěma mechanizovanými vrtnými soupravami s označením HVS 125 a URB 2,5A s příslušnou osádkou.

Celkově bylo vyhloubeno 2 ks vystrojených hydrogeologických vrtů s označením HV-11 a HV12. V tělese skládky byly vyhloubeno celkem 5 ks nevystrojených vrtů s označením NV-13 až NV-17 pro ověření charakteru skládkovaného materiálu a odběr vzorků zeminy nesaturované zóny. Situace provedených vystrojených a nevystrojených vrtů je uvedena v příloze č. 5 této zprávy.

Vrtné práce na lokalitě byly provedeny společností HIG geologická služba, spol. s r.o. ve dnech 20.6. až 21.6.2019 pod vedením vrtmistra Lukáše Nesnídala.

Vystrojené monitorovací vrty HV-11 a HV-12 byly odvrtány a vystrojeny jako svislé. Hloubení těchto vrtů bylo započato i ukončeno dne 20.6.2019.

Vystrojení vrtů bylo provedeno PVC zárubnicí o průměru 110 mm s perforovanými stěnami.

Hloubení nevystrojených vrtů bylo provedeno rotačně jádrovou technologií. Odvrtaná zemina byla ukládána do přihrádkové vzorkovnice k provedení dokumentace vrtu. Po odběru vzorků zeminy byly sondy likvidovány záhozem odvrtanou zeminou.

Celkem bylo vyhloubeno 7 ks vystrojených vrtů do hloubek uvedených v následující tabulce.

Základní údaje o realizovaných vystrojených a nevystrojených vrtech jsou uvedeny v následující tabulce č. 2.2.1.1.1.

Tabulka č. 2.2.1.1.1: Přehled provedených vrtných prací

Vrt	***Hloubka vrtu***	***Výstroj vrtu***			***Datum realizace***
	m p.t.	***plná (m)***	***perforovaná (m)***	***plná (m)***	
NV-13	6,0	-	-	-	21.6.2019
NV-14	6,0	-	-	-	21.6.2019
NV-15	6,0	-	-	-	21.6.2019
NV-16	6,0	-	-	-	21.6.2019
NV-17	6,0	-	-	-	21.6.2019
HV-11	12,0	8,0	4,0	-	20.6.2019
HV-12	20,0	12,0	8,0	-	20.6.2019

2.2.1.2 Odstranění odpadů

Po ukončení realizace vystrojených vrtů bylo vytěžené jádro naloženo do kontejneru a odvezeno na skládku.

Odpad z provádění vrtných prací byl zatříděn jako ostatní odpad pod katalogovým číslem 19 12 12 s názvem Jiné odpady (včetně směsí materiálů) z mechanické úpravy odpadu neuveden pod číslem 19 12 11. Celkové množství odstraněných odpadů z průběhu vrtných prací dosáhlo cca 200 kg.

2.2.1.3 Geodetické práce

Geodetické zaměření nově vybudovaných monitorovacích vrtů a stávajících studní v okolí byl proveden dne 21.6.2019 Vystrojené i nevystrojené vrty a studny byly zaměřeny polohově i výškově navigačním přístrojem Trimble R8-2 (v.č. 4627118186) v souřadnicovém systému S-JTSK a ve výškovém systému Bpv.

Výsledky geodetického záměru hydrogeologických objektů jsou uvedeny v následující tabulce č. 2.2.1.2.1.

Tabulka č. 2.2.1.2.1: Výsledky geodetického zaměření hydrogeologických objektů

Objekt	***Y***	***X***	***OB***	***terén***
			m n.m.	***m n.m.***
NV-13	599826.99	1162222.03	-	251.7
NV-14	599774.23	1162260.03	-	250.7
NV-15	599748.98	1162297.04	-	250.4
NV-16	599809.98	1162300.29	-	251.6
NV-17	599975.14	1162326.00	-	258.3
HV-11	599761.23	1162202.03	-	250.6
HV-12	599589.71	1162308.29	-	223.4
St-1	599630.85	1162439.55	-	224.4

2.2.1.4 Odběr vzorků zemin

V průběhu realizace nových vystrojených i nevystrojených vrtů ve dnech 20.6. až 21.6. 2019 byly z vrtného profilu odebírány vzorky zemin na stanovení obsahů uhlovodíků C_{10}-C_{40}, těžkých kovů (TK) a polyaromatických uhlovodíků (PAU) a na stanovení obsahů uhlovodíků C_{10}-C_{40} a těžkých kovů (TK) ve vodném výluhu.

Odběr vzorků zemin byl prováděn z vytěženého materiálu při realizaci vrtných prací. Zemina z vytěženého intervalu byla homogenizována a následně byl odebrán průměrný vzorek pro analýzu jednotlivých kontaminantů. Vzorky byly plněny do připravených vzorkovnic a těsně uzavřeny plynotěsnými víčky se závitem.

Odebrané vzorky zemin byly v předepsaných a náležitě označených vzorkovnicích převezeny v přenosných chladicích boxech do laboratoře. Dokumentace odběrů vzorků zemin je součástí přílohy č. 10.

Celkem bylo v průběhu vrtných prací odebráno:

- 12 vzorků zemin na stanovení obsahu uhlovodíků C_{10}-C_{40} v sušině
- 2 vzorky zeminy na stanovení obsahů uhlovodíků C_{10}-C_{40} ve vodném výluhu
- 12 vzorků zemin na stanovení obsahu těžkých kovů As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb a Zn v sušině

- 2 vzorky zeminy na stanovení obsahu těžkých kovů As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb a Zn ve vodném výluhu
- 6 vzorků zeminy na stanovení obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) v sušině

2.2.1.5 Odběr vzorků podzemní vody

Z nově vybudovaného vrtu na lokalitě HV-12 a ze stávající studny St-1 byly odebrány vzorky podzemní vody po krátkodobém odčerpání. Situace vzorkovaných hydrogeologických objektů je zřejmá z přílohy č. 5.

Vzorky podzemní vody byly odebrány po krátkém začerpání. K čerpání podzemní vody bylo použito čerpadla Malyš RUCHE1-NG s vydatností do 0,33 $l.s^{-1}$, k pohonu čerpadla byl použit benzinový agregát. V průběhu vzorkovacího čerpání byl sledován pokles hladiny podzemní vody, základní parametry vody (teplota, pH, Eh, vodivost), k vlastnímu odběru došlo po jejich ustálení. Vzorky podzemní vody byly odebrány dne 10.7.2019.

Celkem bylo v průběhu terénních prací odebráno:

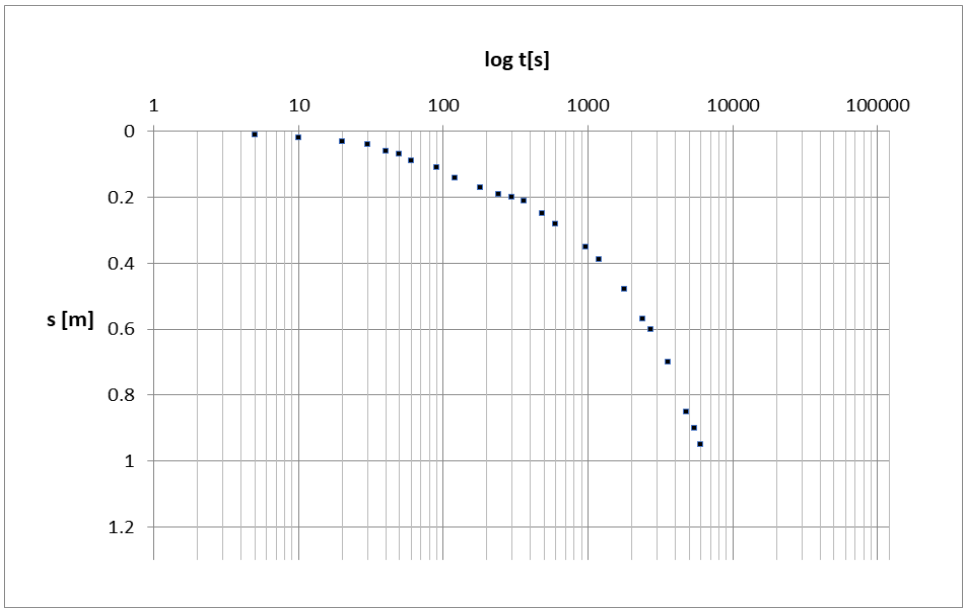
- 2 vzorky podzemní vody na stanovení obsahů uhlovodíků C_{10}-C_{40}
- 2 vzorky podzemní vody na stanovení obsahů BTEX
- 2 vzorky podzemní vody na stanovení obsahů ClU
- 2 vzorky podzemní vody na stanovení obsahů těžkých kovů As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb a Zn
- 2 vzorky podzemní vody na stanovení parametrů základního chemického rozboru (ZFCHR)
- 2 vzorky podzemní vody na stanovení obsahů PAU

Protokoly o průběhu odběrů vzorků podzemní vody jsou uvedeny v příloze č. 10.

2.2.1.6 Hydrodynamické zkoušky

Hydrodynamické zkoušky byly provedeny dne 10.7.2019 na vrtu HV-12 (hloubka 18 m, výška odměrného bodu 0,7 m) formou 6 hodinové čerpací zkoušky a následné stoupací zkoušky v délce trvání 2 hodiny. Čerpací pokus byl proveden metodou konstantní vydatnosti, která činila 0,33 l/s. Hladina podzemní vody byla v průzkumném vrtu HV-12 změřena před zahájením čerpání a byla zjištěna v úrovni 4,01 m p.t. Změny úrovně hladiny podzemní vody byly v průběhu čerpacího pokusu měřeny jak v průzkumném vrtu, tak ve stávající studně St-1. Průběh hydrodynamických zkoušek byl graficky zpracován a výsledky jsou uvedeny níže jako součást této zprávy, v tabulkové podobě jsou součástí příloh.

V průběhu první hodiny čerpání došlo k poklesu hladiny podzemní vody v čerpaném průzkumném vrtu o 0,70 m. Při čerpání se stálou vydatností se pokles hladiny v tomto vrtu snižoval, během 6 hodin poklesla hladina na 5,61 m s celkovým snížením 1,60 m.



Graf č. 1: grafický průběh čerpací zkoušky ve vrtu HV-12

K poklesu hladiny v pozorovacím objektu St-1 během čerpací zkoušky nedošlo. Tato skutečnost může být dána jednak velkým průměrem studny 5,4 m a také nespojitostí nalezených kolektorů.

Celková doba čerpání činila 6 hodin, poté byla čerpací zkouška ukončena a bylo provedeno měření nástupu hladiny v průzkumném vrtu v délce trvání 120 min. Hladina podzemní vody během této doby nastoupala na úroveň 4,15 m, což odpovídá snížení, tedy rozdílu oproti počátku čerpání 14 cm.

K vyhodnocení provedených hydrodynamických zkoušek byla využita semilogaritmická Jacobova metoda (metoda přímkové transformace). Tato metoda je zjednodušením základní Theissovy rovnice a umožňuje výpočty v režimu neustáleného proudění podzemní vody. Ke stanovení hydraulických parametrů byla použita data měření hladiny v pozorovacím vrtu při čerpacím pokusu a také hodnoty naměřené při nástupu hladiny v průzkumném čerpaném vrtu po ukončení čerpací zkoušky.

Pomocí hydrodynamických zkoušek byly zjištěny hodnoty transmisivity a hydraulické vodivosti charakteristické pro zkoumaný zvodnělý kolektor v okolí čerpaného vrtu. *Hydraulická vodivost* patří spolu s transmisivitou mezi základní odporové charakteristiky a popisuje schopnost prostředí propouštět vodu. *Transmisivita* (průtočnost) zohledňuje vliv mocnosti kolektoru na průtok.

K výpočtu hydraulických parametrů (T, k) byly využity následující vzorce:

$$T = \frac{2{,}303 \cdot Q}{4\pi\Delta s}$$

$$k = \frac{T}{M}$$

Kde

T.....transmisivita [m^2/s]

Q.....čerpané množství [m^3/s]

Δ *s*.....změna snížení v jednom logaritmickém cyklu času

k.....hydraulická vodivost (koeficient filtrace) [m/s]

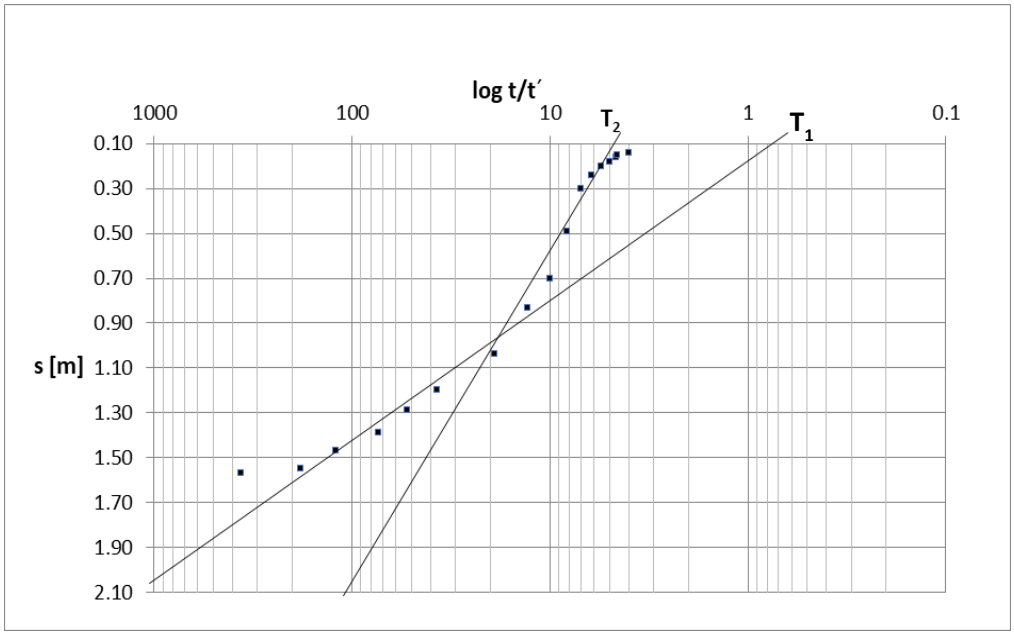
M.....mocnost zvodnělé vrstvy [m]

t.....celkový čas hydrodynamické zkoušky (čerpací + stoupací) [s]
t´.....čas od zahájení stoupací zkoušky (přerušení čerpání) [s]

Z výsledků stoupací zkoušky bylo možné zjistit dvojici hodnot jednotlivých hydraulických parametrů, charakteristických pro (1) prostředí u vrtu a (2) pro vzdálenější části kolektoru. Tyto hodnoty jsou uvedeny níže.

Zjištěné hodnoty hydraulických parametrů ze stoupací zkoušky:

T_1	**$9{,}76 \cdot 10^{-5}$ m²/s**	**T_2**	**$4{,}18 \cdot 10^{-5}$ m²/s**



Graf č. 2: grafický průběh stoupací zkoušky ve vrtu HV-12

2.2.1.7 Odběr vzorků půdního vzduchu

Odběr půdního vzduch byl proveden dne 3.7.2019. Celkem bylo odebráno 6 ks půdního vzduchu z vrtů NV-13, NV-15 a NV-16.

2.2.1.8 Laboratorní práce

Laboratorní analýzy odebraných vzorků zemin a podzemní vody na stanovení vybraných polutantů byly analyzovány v akreditované laboratoři společnosti ALS Czech Republic, s r.o., která je držitelem Osvědčení o akreditaci ČIA č. 1163.

Laboratorní stanovení vybraných ukazatelů bylo provedeno dle metodik uvedených v laboratorních protokolech.

Laboratorní analýzy odebraných vzorků půdního vzduchu na stanovení vybraných polutantů byly analyzovány v akreditované laboratoři společnosti LABTECH, s r.o., která je držitelem Osvědčení o akreditaci ČIA č. 1147.

Protokoly laboratorních analýz jsou součástí přílohy č. 12.

2.2.1.9 Vyhodnocení prací

Primární výsledky geologických, technických a analytických prací byly převedeny do definovaných struktur databázového formátu (EXCEL) a následně validovány. Veškerá zjištěná data použitá pro vyhodnocení prací jsou v tabulkové formě uvedena v příloze č. 7 této zprávy.

Výsledky analýz odebraných vzorků zemin byly porovnány s hodnotami Indikátorů znečištění dle Metodického pokynu MŽP z roku 2014 a s limitními hodnotami nejvýše přípustných koncentrací škodlivin pro odpady, které nesmějí být ukládány na skládky skupiny S - inertní odpad dle Přílohy č. 4 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. Dále byly výsledky analýz srovnány s požadavky na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu dle Přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb.

Výsledky analýz vzorků podzemní vody byly porovnány hodnotami Indikátorů znečištění podzemní vody dle Metodického pokynu MŽP z roku 2014 a s ukazateli pitné vody dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb., v platném znění.

Z výsledků prací a analýz byly konstruovány mapy kontaminace horninového prostředí uvedené v příloze č. 6 této zprávy.

2.2.2 Výsledky průzkumných prací

2.2.2.1 Kontaminace zemin

Výsledky analýz odebraných vzorků zemin jsou uvedeny v tabulkové formě v příloze č. 7 této zprávy, rozsah kontaminace zemin je zřejmý z mapové přílohy č. 6. Obsahy kontaminantů jsou porovnány s hodnotami Indikátorů znečištění dle MP MŽP 1/2014.

Ve všech vzorcích zeminy z vrtů HV-11 až NV-17 (12 ks vzorků z různých hloubkových úrovní) byly zjištěny koncentrace arsenu (As), překračující hodnotu **indikátoru znečištění pro průmyslové využití území** (tj. vyšší i než pro ostatní plochy). Arsen je podstatnou součástí hnědého uhlí, zejména ze severočeských hnědouhelných dolů, a je vázán i na zbytky po jejich spálení (popel).

Obsahy dalších sledovaných stopových (těžkých) kovů v zeminách nepřekračovaly hodnoty indikátorů znečištění dle MP MŽP pro průmyslové ani ostatní využití území.

Hodnota indikátoru znečištění dle MP MŽP pro ostatní využití území v případě uhlovodíků C_{10}-C_{40} v sušině byla těsně překročena v jednom vzorku zeminy, a to u vrtu NV-13 v hloubkové úrovni 3-6 m.

V případě stanovení obsahů polyaromatických uhlovodíků (PAU) v sušině byla hodnota **indikátoru znečištění pro průmyslové využití** území překročena ve vzorcích zemin (směsných) v případě benzo(a)pyrenu u vrtů NV-13, NV-14 a NV-16 a u benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, dibenzo(a,h)antracenu a ideno(1,2,3-cd)pyrenu u vrtu NV-13. Hodnota ***indikátoru znečištění pro ostatní plochy*** byla překročena ve vzorcích zemin (směsných) z vrtů NV-14 a NV-16 u benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, dibenzo(a,h)antracenu a ideno(1,2,3-cd)pyrenu, z vrtu NV-13 u benzo(k)fluorantenu a z vrtu NV-17 u benzo(a)pyrenu.

Tabulka č. 2.2.2.1.1: Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin

	Vzorek	HV-11	HV-12	NV-13	NV-13	NV-14	NV-14	NV-15	NV-15	NV-16	NV-16	NV-17	NV-17	Indikátor znečištění ostatní plochy	Indikátor znečištění prům. využití území
	Hloubka	0-5 m	0-8 m	0-3 m	3-6 m	0-3 m	3-6 m	0-3 m	3-6 m	0-3 m	3-6 m	0-3 m	3-6 m		
ANALÝZY	Jednotky														
As	mg.kg^{-1}	**10,3**	**6,41**	**25,8**	**10,9**	**8,46**	**9,09**	**26,9**	**8,5**	**3,04**	**10,4**	**18,9**	**27,2**	**1**	**2,4**
Cd	mg.kg^{-1}	< 0,40	< 0,40	0,49	< 0,40	5,17	6,69	< 0,40	< 0,40	< 0,40	0,9	< 0,40	0,61	**70,0**	**800**
Cr	mg.kg^{-1}	37,1	20,5	37,4	40	33,8	51,9	32,1	37,2	119	37,2	33,6	36,2	**-**	**-**
Cu	mg.kg^{-1}	27,2	11,9	62,2	669	65,1	97,2	38,1	27,2	148	137	57,2	46,4	**3100**	**41000**
Hg	mg.kg^{-1}	< 0,20	1,2	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,97	< 0,20	< 0,20	**10,0**	**43**
Ni	mg.kg^{-1}	26	14,7	37,2	31,2	96,8	158	31,2	27,3	34,5	26,9	28,2	30,3	**1500**	**20000**
Pb	mg.kg^{-1}	13,7	20,6	17,4	94,6	39,8	38,8	12,6	23,4	15	151	25	29	**400**	**800**
Zn	mg.kg^{-1}	54,5	81,9	64,8	254	302	416	51,5	153	107	226	189	1110	**23000**	**310000**
RU V SUŠINĚ															
SUMA C_{10} - C_{40}	mg.kg^{-1}	< 20	< 20	54	**502**	369	305	23	49	< 20	468	42	32	**500**	**1500**

	Vzorek	HV-11	HV-12	NV-13	NV-14	NV-16	NV-17	Indikátor znečištění ostatní plochy	Indikátor znečištění prům. využití území
	Hloubka	směsný	směsný	směsný	směsný	směsný	směsný		
ANALÝZY	Jednotky								
PAU V SUŠINĚ									
naftalen	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	0,109	0,011	0,020	< 0,010	**3,6**	**18,0**
acenaften	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	0,092	< 0,010	< 0,010	< 0,010	**3 400**	**33 000**
acenaftylen	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	0,163	0,055	0,042	< 0,010	**-**	**-**
fluoren	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	0,164	0,058	0,033	< 0,010	**2 300**	**22 000**
fenantren	mg.kg^{-1}	0,012	< 0,010	2,830	0,346	0,274	0,039	**-**	**-**
antracen	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	1,260	0,112	0,079	0,011	**17 000**	**170 000**
fluoranten	mg.kg^{-1}	0,017	< 0,010	9,540	0,642	0,574	0,132	**2 300**	**22 000**
pyren	mg.kg^{-1}	0,014	< 0,010	7,880	0,530	0,465	0,115	**1 700**	**17 000**
benzo(a)antracen	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	**5,450**	**0,344**	**0,250**	0,079	**0,15**	**2,10**
chrysen	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	5,590	0,336	0,252	0,090	**15**	**210**
benzo(b)fluoranten	mg.kg^{-1}	0,010	< 0,010	**6,850**	**0,417**	**0,317**	0,132	**0,150**	**2,100**
benzo(k)fluoraten	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	**2,580**	0,158	0,113	0,045	**1,5**	**21,0**
benzo(a)pyren	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	**5,040**	**0,335**	**0,229**	**0,089**	**0,02**	**0,21**
dibenzo(a,h)antracen	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	**0,792**	**0,046**	**0,036**	0,014	**0,02**	**0,21**
benzo(g,h,i)perylen	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	3,740	0,188	0,150	0,065	**-**	**-**
indeno(1,2,3-cd)pyren	mg.kg^{-1}	< 0,010	< 0,010	**3,560**	**0,187**	**0,150**	0,064	**0,15**	**2,10**
SUMA PAU v sušině	mg.kg^{-1}	< 0,016	< 0,016	55,600	3,760	2,980	0,875	**-**	**-**

2.2.2.2 Kontaminace odpadů

Vzhledem k původu vzorkovaných materiálů a zemin využitých k rekultivaci a vzniku bývalé skládky byly vzorky HV-11 (5-9 m) a HV-12 (8-16 m) dále podrobeny analýzám dle Zákona o odpadech (č.185/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů).

V následujících tabulkách uvádíme porovnání výsledků provedených analýz:

- s nejvýše přípustnými hodnotami ukazatelů pro jednotlivé třídy vyluhovatelnosti dle tabulky č. 2.1. přílohy č. 2 k vyhlášce 294/2005 Sb.
- s nejvýše přípustnými koncentracemi škodlivin v sušině odpadů (dle Vyhl. č.294/2005 Sb., příloha č.10, tab. č. 10.1)
- s hodnotami limitních koncentrací ve výluhu dle tab. č. 2 vyhlášky MŽP a MZ č. 94/2016 Sb. pro hodnocení nebezpečné vlastnosti HP 15
- s nejvýše přípustnými koncentracemi škodlivin pro odpady, které nesmějí být ukládány na skládky skupiny S – inertní odpad dle tab. č.4.1. přílohy č. 4 k vyhlášce 294/2005 Sb.

Tabulka č. 2.2.2.1.1: Výsledky testů vyluhovatelnosti v odebraných vzorcích

Ukazatel	**Třídy vyluhovatelnosti dle tab. č. 2 přílohy č. 2 vyhlášky 294/2001 Sb.**				**HV-11**	**HV-12**
	I	**IIa**	**II b**	**III**	**5-9 m**	**8-16 m**
Jednotka	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
As	**0,05**	**2,5**	**0,2**	**2,5**	< 0,005	< 0,005
Cd	**0,004**	**0,5**	**0,1**	**0,5**	< 0,0004	< 0,0004
Cr celkový	**0,05**	**7**	**1**	**7**	0,0018	< 0,001
Cu	**0,2**	**10**	**5**	**10**	0,0023	< 0,002
Hg	**0,001**	**0,2**	**0,02**	**0,2**	< 0,00001	0,000014
Ni	**0,04**	**4**	**1**	**4**	< 0,002	< 0,002
Pb	**0,05**	**5**	**1**	**5**	< 0,005	< 0,005
Zn	**0,4**	**20**	**5**	**20**	0,0107	0,0134
C_{10}-C_{40}	**-**	**-**	**-**	**-**	< 50	< 50

Tabulka č. 2.2.2.1.2: Výsledky analýz celkového obsahu škodlivin dle tab. 10.1 v sušině odpadů

Limit dle vyhl. 294/2005 Sb. tab 10.1	arsen	kadmium	chrom celk.	rtuť	nikl	olovo	PAU	Uhlovodíky C_{10} – C_{40}
	10	**1**	**200**	**0,8**	**80**	**100**	**6**	**300**
Vzorek (hloubka odběru/typ)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
HV-11 (0-5 m)	10,3	< 0,40	37,1	< 0,20	26	13,7	-	< 0,20
HV-11 (směsný)	-	-	-	-	-	-	< 0,016	-
HV-12 (0-8 m)	6,41	< 0,40	20,5	1,2	14,7	20,6	-	< 0,20
HV-12 směsný	-	-	-	-	-	-	< 0,016	-

NV-13 (0-3 m)	25,8	0,49	37,4	< 0,20	37,2	17,4	-	54
NV-13 (3-6 m)	10,9	< 0,40	40,0	< 0,20	31,2	94,6	-	502
NV-13 (směsný)	-	-	-	-	-	-	55,6	-
NV-14 (0-3 m)	8,46	5,17	33,8	< 0,20	96,8	39,8	-	369
NV-14 (3-6 m)	9,09	6,69	51,9	< 0,20	158,0	38,8	-	305
NV-14 (směsný)	-	-	-	-	-	-	3,76	-
NV-15 (0-3 m)	26,9	< 0,40	32,1	< 0,20	31,2	12,6	-	23
NV-15 (3-6 m)	8,5	< 0,40	37,2	< 0,20	27,3	23,4	-	49
NV-16 (0-3 m)	3,04	< 0,40	119,0	< 0,20	34,5	15	-	< 0,20
NV-16 (3-6 m)	10,4	0,9	37,2	0,97	26,9	151	-	468
NV-16 (směsný)	-	-	-	-	-	-	2,98	-
NV-17 (0-3 m)	18,9	< 0,40	33,6	< 0,20	28,2	25	-	42
NV-17 (3-6 m)	27,2	0,61	36,2	< 0,20	30,3	29	-	32
NV-17 (směsný)	-	-	-	-	-	-	0,875	-

Tabulka č. 2.2.2.1.3: Hodnoty limitních koncentrací ve výluhu pro hodnocení nebezpečné vlastnosti HP 15

Limit dle vyhl. 94/2016 tab č.2	As	Cd	Cr celkový	Hg	Ni	Pb
	2,5	**0,5**	**7,0**	**0,2**	**4,0**	**5,0**
Vzorek / jednotka	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
HV-11 (5-9 m)	< 0,005	< 0,0004	0,0018	< 0,00001	< 0,002	< 0,005
HV-12 (8-16 m)	< 0,005	< 0,0004	< 0,001	0,000014	< 0,002	< 0,005

Tabulka č. 2.2.2.1.4: Hodnocení nejvýše přípustných koncentrací škodlivin pro odpady, které nesmějí být ukládány na skládky skupiny S – inertní odpad

Limit dle vyhl. 376/2001 tab 6.1	Uhlovodíky $C_{10} – C_{40}$	PAU
	500	**80**
Vzorek / jednotka	mg/kg	mg/kg
HV-11 (0-5 m)	< 0,20	-
HV-11 (směsný)	-	< 0,016
HV-12 (0-8 m)	< 0,20	-
HV-12 směsný	-	< 0,016
NV-13 (0-3 m)	54	-
NV-13 (3-6 m)	**502**	-
NV-13 (směsný)	-	55,6
NV-14 (0-3 m)	369	-
NV-14 (3-6 m)	305	-
NV-14 (směsný)	-	3,76
NV-15 (0-3 m)	23	-
NV-15 (3-6 m)	49	-
NV-16 (0-3 m)	< 0,20	-
NV-16 (3-6 m)	468	-
NV-16 (směsný)	-	2,98
NV-17 (0-3 m)	42	-
NV-17 (3-6 m)	32	-
NV-17 (směsný)	-	0,875

Z porovnání výsledků provedených analýz s limitními hodnotami/nejvýše přípustnými koncentracemi dle jednotlivých tabulek prováděcích vyhlášek k zákonu od odpadech lze konstatovat následující:

1) *porovnání s nejvýše přípustnými hodnotami ukazatelů pro jednotlivé třídy vyluhovatelnosti dle tab. č 2.1. přílohy č. 2 k vyhlášce č 294/2005 Sb. (tabulka č. 2.2.2.1.1)*
   - **oba vzorky vyhovují I třídě vyluhovatelnosti ve všech analyzovaných parametrech**.

2) *porovnání s nejvýše přípustnými koncentracemi škodlivin v sušině odpadů dle tab. č 10.1. přílohy č. 10 k vyhlášce č 294/2005 Sb. (tabulka č. 2.2.2.1.2)*
   - ze 12-ti vzorků zemin z různých hloubkových úrovní **nesplňuje** nejvýše přípustné koncentrace škodlivin v sušině odpadů celkem **10 vzorků a** ze 6-ti směsných vzorků **nesplňuje vzorek jeden**.

3) *porovnání s limitními obsahy/koncentracemi pro stanovení nebezpečné vlastnosti HP 15 dle tab. č. 2 vyhlášky č. 94/2016 Sb. (tabulka č. 2.2.2.1.3)*
   - oba vzorky nepřekračují vybrané limitní koncentrace ve výluhu pro stanovení nebezpečné vlastnosti HP 15.

4) *porovnání s nejvýše přípustnými koncentracemi škodlivin pro odpady, které nesmějí být ukládány na skládky skupiny S – inertní odpad dle tab. č.4.1. přílohy č. 4 k vyhlášce 294/2005 Sb. (tabulka č. 2.2.2.1.4)*
   - jeden vzorek NV-13 (3-6 m) těsně **nesplňuje nejvýše přípustnou koncentraci škodlivin** v ukazateli $C_{10} – C_{40}$.

Doporučení dalšího způsobu nakládání s odpady vychází pouze z provedených analýz a jejich vyhodnocení dle prováděcích vyhlášek k zákonu o odpadech, zejména:

- č. 93/2016 Sb., Vyhláška o katalogu odpadů, v aktuálním znění,
- č. 294/2005 Sb., Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v aktuálním znění,
- č. 376/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady, v aktuálním znění,
- č. 94/2016 Sb., Vyhláška o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, v aktuálním znění.

Návrh na ukládání odpadu na skládky, na povrch terénu, na skládky skupiny S-IO dle vyhlášky č. 294/2005 Sb.:

1) ***Ukládání odpadů na skládky S-OO a S-NO***

Posouzení možnosti ukládání odpadů na skládky skupiny S – ostatní odpad (S-OO) a S-nebezpečný odpad (S-NO), vychází z vyhodnocení dvou provedených testů vyluhovatelnosti. Na základě těchto testů lze odpady ukládat následovně:

- vodný výluh splňuje limity pro uložení na skládku S-OO1, S-OO2, S-OO3 a S-NO.

2) ***Využívání na povrchu terénu***

Hodnocení pro využívání odpadů na povrchu terénu vychází z provedených analýz dle tabulky č. 10.1. vyhlášky č. 294/2005 Sb. Z vyhodnocení výsledků provedených analýz je zřejmé, že **11 odebraných vzorků (z 18-ti) nesplňuje podmínky pro využívání odpadů na povrchu terénu**:

- při uzavírání skládky k vytváření ochranné vrstvy kryjící těsnící vrstvu skládky a svrchní rekultivační vrstvu
- do horní rekultivační vrstvy v mocnosti minimálně 1 m od povrchu terénu územích určených k rekultivaci vytěžených povrchových důlních děl (povrchové doly, lomy, pískovny)
- do svrchní vrstvy (rekultivační, terénní úpravy apod.) v mocnosti minimálně 1 metr od povrchu terénu v územích určených k terénním úpravám nebo rekultivacím lidskou činností postižených pozemků (s výjimkou rekultivace skládek).

Ekotoxikologické testy nebyly provedeny.

3) ***Ukládání na skládky S-IO***

Posouzení možnosti ukládání vzniklých odpadů na skládky skupiny S- inertní odpad (S-IO) vychází z provedeného testu vyluhovatelnosti a provedených analýz obsahu škodlivin v sušině.

Z testu vyluhovatelnosti (analyzovány 2 parametry: TK a C_{10}-C_{40}) vyplynulo, že analyzované vzorky (2 ks) vyhovují třídě vyluhovatelnost I, což je jedna z podmínek pro příjem odpadů na skládky S-IO. V jednom případě byla u vzorku NV-13 (3-6 m) těsně překročena nejvyšší přípustná koncentrace škodlivin pro odpady, které nesmějí být ukládány na skládky typu S – inertní odpad, a to v ukazateli uhlovodíky C_{10} – C_{40} (analyzovány 2 parametry: C_{10}-C_{40} a PAU).

Vzniklé odpady lze ukládat na skládky S-inertní odpad vyjma odpadů z prostoru odebraného vzorku NV-13 (3-6 m).

Pozn.: **Stanovení nebezpečných vlastností dle vyhlášky č. 94/2016 Sb.**

Hodnocení této nebezpečné vlastnosti bylo provedeno nad rámec provedených zkoušek a vychází pouze z předaných podkladů, tzn. že nebyly stanoveny všechny ukazatele.

Škodlivé látky mohou být uvolňovány do jednotlivých složek životního prostředí s ohledem na způsob jejich odstraňování a jejich povahu. V úvahu přichází kontaminace podzemních vod, půdy, povrchových vod a ovzduší. Všechny tyto aspekty se musí pro jednotlivé případy zvážit a posoudit stabilitu hodnoceného odpadu, která souvisí s možností jeho chemicko-fyzikálních změn v čase.

Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tabulce č. 2.2.2.1.3. Porovnáním výsledků koncentrací jednotlivých kontaminantů ve vodném výluhu s hodnotami uvedenými v tabulce č. 2 přílohy č. 1 vyhlášky MŽP a MZ č. 94/2016 Sb. bylo prokázáno, že posuzovaný odpad - vzorky HV-11 (5-9 m) a HV-12 (8-16 m) nemají nebezpečnou vlastnost HP 15 - schopnost uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při nebo po jejich odstranění.

Ostatní nebezpečné vlastnosti nebyly hodnoceny.

Závěr hodnocení vzorků materiálů/odpadů

Vyhodnocení vzorků materiálů/odpadů odebraných v rámci AR prostoru části bývalé (Kohnovy) cihelny v Brně – Štýřicích na lokalitě Červený kopec, kde se v minulosti nacházel povrchový lom, které byly analyzovány v laboratořích ALS Czech Republic, s.r.o. bylo provedeno dle prováděcích vyhlášek k zákonu č. 185/2001 Sb. o odpadech v aktuálním znění.

Porovnání s jednotlivými limity/nejvýše přípustnými koncentracemi dle jednotlivých tabulek příslušných vyhlášek a jejich vyhodnocení je uvedeno v předcházejících kapitolách.

Odpady nelze využívat na povrchu terénu. Lze je ukládat na skládkách S-IO vyjma materiálů/odpadů z prostoru odběru vzorku NV-13 (3-6 m). Analyzované vzorky splňují požadavky pro ukládání odpadů na skládkách S-OO1, S-OO2, S-OO3 a S-NO.

Na základě provedených analýz se jedná pouze o doporučení dalšího způsobu nakládání s odpady. Pro určení konkrétního způsobu nakládání s odpadem ukládání odpadu na konkrétní skládku/ jiné zařízení určené k nakládání či využívání odpadů, předání odpadů jiné oprávněné osobě, doporučujeme provést větší počet analýz testů vyluhovatelnosti, stanovení ekotoxicity, příp. dalších analýz, vycházejících z požadavků provozního řádu či požadavků oprávněné osoby oprávněné k převzetí odpadů.

Při provádění analýz doporučujeme sledovat zejména obsahy těžkých kovů (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn), obsahy uhlovodíků C_{10} – C_{40}, obsahy TOC a rozpuštěných látek ve výluhu a stanovit ekotoxicitu.

2.2.2.3 Kontaminace podzemní vody

Chemické analýzy vzorků podzemní vody byly provedeny v rozsahu, který odpovídá očekávanému charakteru kontaminace na lokalitě. Protokoly laboratorních analýz vzorků vod jsou obsahem přílohové části č. 12.

Výsledky chemických analýz vzorků podzemních vod odebraných dne 11.7.2019 (HV-12 a St-1) jsou uvedeny v tabulce č. 2.2.2.3.1, v níž jsou uvedeny i hodnoty Indikátorů znečištění dle MP MŽP 1/2014 a nejvyšší mezní a mezní hodnoty (ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity) dle Vyhlášky č.252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

Základní fyzikálně-chemický rozbor

Chemické analýzy vzorků vod z vrtu HV-12 a ze studny St-1 na stanovení základního fyzikálně-chemického složení potvrdily podobný chemických typ vody (v závislosti na lokalizaci a jejich vzdálenosti k bývalému lomu zavezenému odpadem).

U podzemní vody z vrtu **HV-12**, který je situován v západní části zájmového prostoru - pod fotbalovým hřištěm (ve směru proudění podzemní vody), se jedná se o vodu **Mg-Ca-HCO_3-SO_4** chemického typu, neutrální až mírně zásaditou. Dle Vyhlášky o požadavcích na pitnou vodu Ministerstva zdravotnictví č. č.252/2004 Sb ve znění pozdějších předpisů byla překročena ve vzorku vody mezná hodnota pro chloridy, sírany, amonné ionty, mangan a konduktivitu a doporučená hodnota pro tvrdost, vápník, hořčík.

Hodnota indikátoru znečištění vzorku podzemní vody z vrtu HV-12 byla překročena v parametrech fluoridy a mangan.

U podzemní vody ze studny **St-1**, která je situována cca 120 m jižně od školního hřiště (při ulici a domu Strž 555/2) se jedná se o vodu **Ca-Mg-Na-Cl-HCO_3** chemického typu, neutrální až mírně zásaditou. Dle Vyhlášky o požadavcích na pitnou vodu Ministerstva zdravotnictví č.

č.252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů byla překročena ve vzorku vody mezná hodnota pro chloridy a konduktivitu a doporučená hodnota pro tvrdost, vápník, hořčík.

Hodnota indikátoru znečištění vzorku podzemní vody z vrtu St-1 byla překročena v parametru fluoridy.

Z výše uvedeného je zřejmé, že podzemní voda na lokalitě průtokem přes prostor bývalého hliniště má mírně zvýšenou svoji mineralizaci (rozp. látky, el. konduktivita) a obsahy fluoridů a chloridů.

Těžké kovy (TK) – As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

Dle Vyhlášky o požadavcích na pitnou vodu Ministerstva zdravotnictví č. č.252/2004 Sb ve znění pozdějších předpisů nebyla překročena v obou vzorcích podzemní vody nejvyšší mezná hodnota, resp. mezná hodnota ani u jednoho analyzovaného parametru (TK).

Hodnota indikátoru znečištění v obou vzorcích podzemní vody nebyla překročena ani u jednoho analyzovaného parametru (TK).

Monocyklické aromatické uhlovodíky (BTEX)

Dle Vyhlášky o požadavcích na pitnou vodu Ministerstva zdravotnictví č. č.252/2004 Sb ve znění pozdějších předpisů nebyla překročena v obou vzorcích podzemní vody nejvyšší mezná hodnota, resp. mezná hodnota ani u jednoho analyzovaného parametru (BTEX).

Hodnota indikátoru znečištění v obou vzorcích podzemní vody nebyla překročena ani u jednoho analyzovaného parametru (BTEX).

Chlorované uhlovodíky (ClU)

Dle Vyhlášky o požadavcích na pitnou vodu Ministerstva zdravotnictví č. č.252/2004 Sb ve znění pozdějších předpisů nebyla překročena v obou vzorcích podzemní vody nejvyšší mezná hodnota, resp. mezná hodnota ani u jednoho analyzovaného parametru (ClU).

Hodnota indikátoru znečištění v obou vzorcích podzemní vody nebyla překročena ani u jednoho analyzovaného parametru (ClU).

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Dle Vyhlášky o požadavcích na pitnou vodu Ministerstva zdravotnictví č. č.252/2004 Sb ve znění pozdějších předpisů byla překročena ve vzorku podzemní vody z vrtu **HV-12** nejvyšší mezná hodnota pro hodnotu benzo(a)pyren a v sumě PAU (MŽP).

Hodnota indikátoru znečištění byla překročena ve vzorku podzemní vody z vrtu **HV-12** u dvou analyzovaných parametrů: benzo(a)antracen benzo(b)fluoranten.

Celkové ropné uhlovodíky (extrahovatelné) – Suma C_{10}-C_{40}

Hodnota indikátoru znečištění v obou vzorcích podzemní vody nebyla překročena u analyzovaného parametru suma C_{10}-C_{40} (koncentrace pod mezí detekce).

Tabulka č. 2.2.2.3.1: Výsledky laboratorních analýz vzorků podzemní vody

	Vzorek	HV-12	St-1	Indikátory znečištění	Vyhl. č. 252/2004
ANALÝZY	Jednotky				
Fyzikální parametry					
konduktivita	mS/m	**260**	**204**	-	**125**
pH	-	7,41	7,84	-	**6,5-9,5**
Souhrnné parametry					
suma kationtů	$mg.l^{-1}$	511	370	-	-
suma kationtů mval/l	$mval.l^{-1}$	29,6	20,8	-	-
suma aniontů	$mg.l^{-1}$	1720	1050	-	-
suma aniontů mval/l	$mval.l^{-1}$	33	22,1	-	-
tvrdost	$mmol.l^{-1}$	**12,6**	**8,46**	-	**2 - 3,5 (dop.)**
tvrdost vápenná	$mmol.l^{-1}$	6,12	4,63	-	-
tvrdost hořečnatá	$mmol.l^{-1}$	6,46	3,83	-	-
Anorganické parametry					
amoniak a amonné ionty	$mg.l^{-1}$	**1,41**	< 0,05	-	**0,5**
amoniakální dusík	$mg.l^{-1}$	1,09	< 0,04	-	-
chloridy	$mg.l^{-1}$	**213**	**341**	-	**100**
CHSK-Mn	$mg.l^{-1}$	10,5	2,87	-	**3**
dusičnany	$mg.l^{-1}$	< 2,0	9,4	-	**50**
dusitany	$mg.l^{-1}$	0,0326	< 0,005	1,6	**0,5**
fluoridy	$mg.l^{-1}$	0,716	0,722	0,62	**1,5**
sírany jako SO4 (2-)	$mg.l^{-1}$	**519**	205	-	**250**
hydrogenuhličitany	$mg.l^{-1}$	988	490	-	-
ZNK (acidita) pH 8,3	$mmol.l^{-1}$	1,98	0,395	-	-
ZNK (acidita) pH 4,5	$mmol.l^{-1}$	< 0,15	< 0,15	-	-
KNK (alkalita) pH 4,5	$mmol.l^{-1}$	16,2	8,04	-	-
KNK (alkalita) pH 8,3	$mmol.l^{-1}$	< 0,15	< 0,15	-	-
CO_2 celkový	$mg.l^{-1}$	786	371	-	-
CO_2 volný	$mg.l^{-1}$	73,8	17,4	-	-
CO_2 agresivní	$mg.l^{-1}$	0	0	-	-
orthofosforečnany	$mg.l^{-1}$	0,405	0,104	-	-
uhličitany	$mg.l^{-1}$	0	0	-	-
dusičnanový dusík	$mg.l^{-1}$	< 0,5	2,04	-	-
dusitanový dusík	$mg.l^{-1}$	0,0099	< 0,002	-	-
rozpuštěné látky sušené (105°C)	$mg.l^{-1}$	1870	1340	-	-
Rozpuštěné kovy / hlavní kationty					
Ca	$mg.l^{-1}$	**245**	**186**	-	**40-80**
Mg	$mg.l^{-1}$	**157**	**93,2**	-	**20-30**
Na	$mg.l^{-1}$	89,6	82,9	-	**200**
K	$mg.l^{-1}$	17	8,36	-	-
Fe	$mg.l^{-1}$	0,0022	< 0,002	11	**0,2**
Mn	$mg.l^{-1}$	**0,815**	0,0105	0,32	**0,05**
As	$ug.l^{-1}$	< 0,005	< 0,005	0,00045	**10**
Cd	$mg.l^{-1}$	< 0,0004	< 0,0004	0,0069	**0,005**
Cr celk	$mg.l^{-1}$	< 0,001	< 0,001	-	**0,05**
Cu	$mg.l^{-1}$	0,0033	0,0041	0,62	**1**
Hg	$mg.l^{-1}$	< 0,00001	< 0,00001	0,00063	**0,001**
Ni	$mg.l^{-1}$	0,005	< 0,002	0,3	**0,02**

Pokračování tabulky č. 2.2.2.3.1

	Vzorek	HV-12	St-1	Indikátory znečištění	Vyhl. č. 252/2004
ANALÝZY	Jednotky				
Fyzikální parametry					
Pb	mg.l^{-1}	< 0,005	< 0,005	0,01	**0,01**
Zn	mg.l^{-1}	0,0054	0,008	4,7	-
Celkové ropné uhlovodíky (extrahovatelné)					
SUMA C_{10} - C_{40}	mg.l^{-1}	< 0,05	< 0,05	0,5	-
BTEX					
benzen	ug.l^{-1}	< 0,2	< 0,2	0,39	**1**
toluen	ug.l^{-1}	< 1	< 1	860	-
etylbenzen	ug.l^{-1}	< 0,1	< 0,1	1,3	-
p+m-xylen	ug.l^{-1}	< 0,2	< 0,2	190	-
o-xylen	ug.l^{-1}	< 0,1	< 0,1	190	-
suma BTEX	ug.l^{-1}	< 1,6	< 1,6	-	-
ClU					
1,1-DCE	ug.l^{-1}	< 0,1	< 0,1	260	-
t-1,2-DCE	ug.l^{-1}	< 0,1	< 0,1	86	-
c-1,2-DCE	ug.l^{-1}	< 0,1	0,87	28	
TCE-trichlorethen	ug.l^{-1}	< 0,1	0,14	0,44	**10**
PCE-tetrachlorethen	ug.l^{-1}	< 0,2	< 0,2	9,7	**10**
PAU					
naftalen	ug.l^{-1}	< 0,1	< 0,1	0,14	-
acenaftylen	ug.l^{-1}	< 0,01	< 0,01	-	-
acenaften	ug.l^{-1}	< 0,01	< 0,01	400	-
fluoren	ug.l^{-1}	< 0,02	< 0,02	220	-
fenanthren	ug.l^{-1}	< 0,03	< 0,03	-	-
antracen	ug.l^{-1}	< 0,02	< 0,02	1 300	-
fluoranten	ug.l^{-1}	0,046	< 0,03	630	-
pyren	ug.l^{-1}	< 0,06	< 0,06	87	-
benz(a)antracen	ug.l^{-1}	0,045	< 0,01	0,029	-
chrysen	ug.l^{-1}	0,032	< 0,01	2,9	-
benzo(b)fluoranten	ug.l^{-1}	0,037	< 0,01	0,029	-
benzo(k)fluoranten	ug.l^{-1}	0,012	< 0,01	0,290	-
benzo(a)pyren	ug.l^{-1}	**0,026**	< 0,02	0,0029	**0,01**
indeno(1,2,3-cd)pyren	ug.l^{-1}	0,023	< 0,01	0,029	-
benzo(g,h,i)perylen	ug.l^{-1}	0,021	< 0,01	-	-
dibenzo(a,h)anthracen	ug.l^{-1}	< 0,01	< 0,01	0,0029	-
suma 16 PAU	ug.l^{-1}	< 0,37	< 0,37	-	-
suma PAU (MŽP)	ug.l^{-1}	**0,200**	< 0,19	-	**0,1**
suma 6 PAU (WHO)	ug.l^{-1}	0,165	< 0,09	-	-
suma 4 PAU	ug.l^{-1}	0,093	< 0,04	-	-

2.2.2.4 Kontaminace půdního vzduchu

Výsledky chemických analýz vzorků půdního vzduchu odebraných dne 3.7.2019 (NV-13, NV-15 a NV-16) jsou uvedeny v tabulce č. 2.2.2.4.1, v níž jsou uvedeny i hodnoty Indikátorů znečištění dle MP MŽP 1/2014. Protokoly laboratorních analýz vzorků vod jsou obsahem příloze č. 12.

Hodnota indikátoru znečištění ve všech třech vzorcích půdního vzduchu nebyla překročena ani u jednoho analyzovaného parametru.

V rámci laboratorních analýz byl stanovován ve vzorcích půdního vzduchu i obsah metanu. Metan se vyskytuje na zemském povrchu zpravidla na poddolovaném území, zejména v lokalitách, kde již bylo hlubinné dobývání ukončeno, např. v okolí starých důlních děl, která nejsou větrána, kde důlní plyny pronikají skrze propustnost nadložních vrstev na zemský povrch. Methan je také součástí skládkových plynů. Problém spočívá ve skutečnosti, že směs metanu se vzduchem může vytvořit výbušnou nebo hořlavou koncentraci. Výbušná koncentrace metanu, v závislosti na obsahu plynu ve směsi se vzduchem, se pohybuje přibližně v rozmezí 5–15 %. Stavby podle ohrožení výstupem důlních plynů dělíme do následujících kategorií:
a) 1. stupeň – stavba bezpečná – naměřené koncentrace metanu v žádném místě v interiéru nepřesáhnou 0,1 %,
b) 2. stupeň – stavba ohrožená – naměřené koncentrace metanu v interiéru jsou vyšší než 0,1 %, ale nepřesahují 0,5 %,
c) 3. stupeň – stavba je nebezpečná – naměřené koncentrace metanu v interiéru jsou vyšší než 0,5 %.
Problematiku metanu vystupujícího z podloží, jehož koncentrace v půdním vzduchu se výrazně mění v závislosti na barometrickém tlaku a který proniká skrze kontaktní konstrukce (podlahy, obvodové stěny) dovnitř staveb, je nutno řešit pomocí stavebních opatření, jež radikálně omezí jeho přísun. A to tak, aby ve vnitřních prostorách staveb byla po celou dobu životnosti zajištěna koncentrace metanu pod limitní hodnotou 0,1 %, která zajišťuje jejich bezpečné užívání.

Nejvyšší koncentrace metanu (0,381 obj. %) byla zjištěna ve vzorku půdního vzduchu ze sondy NV-13 (sz. část fotbalového hřiště) a dále pak ve vzorku NV-16 (0,11 obj. %). Dle výše uvedené klasifikace spadají vzorky NV-13 a NV-16 do kategorie b) – 2. stupeň, tj. stavba ohrožená. Ve vzorku NV-15 byla detekována koncentrace pod mezí detekce. Přesto, že se nejedná o koncentrace naměřené v interiéru budov, je nutné v případě budování novostaveb v zájmovém prostoru provést podrobnější průzkum se zaměřením na výskyt metanu v podloží a dle výsledků průzkumu pak i realizovat případná následná bezpečnostní opatření.

Tabulka č. 2.2.2.4.1: Výsledky laboratorních analýz vzorků půdního vzduchu

					Indikátor znečištění	**Indikátor znečištění průmyslové využití území**
	Vzorek	**NV-13**	**NV-15**	**NV-16**	**ostatní plochy**	
ANALÝZY	Jednotky					
methan	obj. %	0,381	< 0,003	0,110	-	-
BTEX						
suma BTEX	$mg.m^{-3}$	1,030	< 0,1	< 0,1	-	-
benzen	$mg.m^{-3}$	0,232	< 0,007	< 0,007	0,310	1,600
toluen	$mg.m^{-3}$	0,101	< 0,03	< 0,03	5 200	22 000
etylbenzen	$mg.m^{-3}$	0,056	< 0,03	< 0,03	0,970	4,900
xyleny	$mg.m^{-3}$	0,645	< 0,04	< 0,04	100	440
Celkové ropné uhlovodíky (extrahovatelné)						
uhlovodíky nC_5 - C_{10}	$mg.m^{-3}$	30,9	< 0,2	< 0,2	-	-
uhlovodíky > n-C_{10}	$mg.m^{-3}$	26,7	< 0,8	< 0,8	-	-

2.2.2.5 Bilance kontaminace

Zjednodušená (orientační) bilance kontaminace byla vypočtena pouze pro vlastní těleso hliniště - skládky a do ověřené hloubky 5 m p.t. vrty HV-11, NV-13 až NV-16. Plocha tělesa skládky je odhadována na 25 000 až 30 000 m^2 a celkový objem uloženého materiálu v bývalém hliništi je odhadován na 150 000 až 200 000 m^3.

Vlastní bilance kontaminace zemin (pro těleso skládky) nebyla v rámci předběžné analýzy rizik z důvodu nízké prozkoumanosti, malého počtu vstupních dat a omezeného rozsahu analýz počítána.

2.2.3 Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění

Aktuálními průzkumnými pracemi v rámci zpracování analýzy rizik v prostoru části bývalé (Kohnovy) cihelny v Brně – Štýřicích na lokalitě Červený kopec byl předběžně ověřen rozsah kontaminace skládkovaného materiálu (prostor bývalého povrchového lomu) a podzemní vody (prostor východně od bývalého lomu, tj. ve směru proudění podzemní vody). Rozsahy znečištění zemin v zájmovém prostoru jsou zřejmé z přílohy č. 6 této zprávy. Výsledky analýz vzorků zemin a podzemní vody, realizovaných v rámci aktuálně prováděných prací, jsou uvedeny v příloze č. 7 a 12.

- Ve všech vzorcích zeminy z vrtů HV-11 až NV-17 (12 ks vzorků z různých hloubkových úrovní) byly zjištěny koncentrace arsenu (As), překračující hodnotu **indikátoru znečištění pro průmyslové využití území** (tj. vyšší i než indikátor pro ostatní plochy).
- Hodnota indikátoru znečištění dle MP MŽP pro ostatní využití území v případě uhlovodíků C_{10}-C_{40} v sušině byla těsně překročena v jednom vzorku zeminy, a to u vrtu NV-13 v hloubkové úrovni 3-6 m.
- V případě stanovení obsahů polyaromatických uhlovodíků (PAU) v sušině byla hodnota **indikátoru znečištění pro průmyslové využití** území překročena ve vzorcích zemin (směsných) v případě benzo(a)pyrenu u vrtů NV-13, NV-14 a NV-16 a u benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, dibenzo(a,h)antracenu a ideno(1,2,3-cd)pyrenu u vrtu NV-13. Hodnota ***indikátoru znečištění pro ostatní plochy*** byla překročena ve vzorcích zemin (směsných) z vrtů NV-14 a NV-16 u benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, dibenzo(a,h)antracenu a ideno(1,2,3-cd)pyrenu, z vrtu NV-13 u benzo(k)fluorantenu a z vrtu NV-17 u benzo(a)pyrenu.
- Plocha tělesa skládky je odhadována na 25 000 až 30 000 m^2 a celkový objem uloženého materiálu v bývalém hliništi je odhadován na 150 000 až 200 000 m^3.
- Odpady nelze využívat na povrchu terénu. Lze je ukládat na skládkách S-IO vyjma materiálů/odpadů z prostoru odběru vzorku NV-13 (3-6 m). Analyzované vzorky splňují požadavky pro ukládání odpadů na skládkách S-OO1, S-OO2, S-OO3 a S-NO.
- Hodnota indikátoru znečištění podzemní vody byla překročena v obou vzorcích podzemní vody v parametru fluoridy a ve vzorku z vrtu HV-12 v parametrech mangan, benzo(a)antracen a benzo(b)fluoranten.
- Dle Vyhlášky o požadavcích na pitnou vodu Ministerstva zdravotnictví č. č.252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů byla překročena ve vzorku vody z vrtu HV-12 nejvyšší mezná hodnota pro benzo(a)pyren a suma PAU (MŽP), mezná hodnota pro amonné ionty, mangan a sírany a u obou vzorků vody mezná hodnota pro chloridy, konduktivitu a doporučená hodnota pro tvrdost, vápník, hořčík.

- Vliv tělesa skládky byl zjištěn u arsenu, fluoridů, síranů, (spalování uhlí a dalších organických materiálů), PAU (mimo jiné též součást uhlí) a C_{10}-C_{40} jsou součástí řady průmyslových produktů jako je nafta nebo asfalt (přirozeně vznikají při spalování jakékoliv organické hmoty -doprava, elektrárny, průmysl, apod.)
- Ve vzorku půdního vzduchu ze sondy NV-13 (sz. část fotbalového hřiště) byla zjištěna nejvyšší koncentrace metanu (0,381 obj. %) a dále pak ve vzorku NV-16 (0,11 obj. %). Dle výše uvedené klasifikace spadají vzorky NV-13 a NV-16 do kategorie b) – 2. stupeň, tj. stavba ohrožená.

Těleso skládky je zdrojem kontaminace horninového prostředí, a to konkrétně pro As, PAU, fluoridy a C_{10}-C_{40}. Zvýšené obsahy ostatních sledovaných ukazatelů v podzemní vodě jsou přirozeného původu, popř. jejich zdrojem není těleso bývalé skládky.

2.2.4 Posouzení šíření znečištění

2.2.4.1 Šíření znečištění v nesaturované zóny

Nesaturovaná zóna je v západní a střední části zájmového území tvořena především antropogenními navážkami, ve východní části pod různě mocnou vrstvou navážek (3,5 až 16,0 m) s podložními štěrkopísky a jíly. Nesaturovaná zóna na lokalitě je tedy tvořena především skládkovanými materiály – zemina z výkopových prací, stavební suť (demolice objektů, komínů, apod.), odpad z výrobní činnosti cihelny (popel, škvára, cihelné zlomky), tuhý komunální odpad, organický odpad (tlející dřevo, aj.), popř. jiný odpad. Mocnost skládkovaného materiálu byla aktuálními vrtnými pracemi ověřena na 3,2 – 6,7 m (5 vrtů ukončeno v 6-ti m), dle archivních materiálů pak mocnost skládkovaných materiálů dosahovala v prostoru bývalého lomu až 37 m. Objem bývalého lomu - skládky byl orientačně odhadnut na 150 000 až 200 000 m^3.

Podloží skládky je většinou tvořeno kvartérními sedimenty (písčité jíly), pod nimiž byly zjištěny neogenní sedimenty v podobě ulehlých, při bázi zvodněných štěrků. Pod touto vrstvou byly zastiženy neogenní jílovité sedimenty tvořené jíly s vysokou plasticitou. Pod kvarterním popř. neogenním souvrstvím se pak nacházejí bazální klastika devonu charakteru červených slepenců. Lokalita je dále charakterizována rozsáhlými a často mocnými pokryvy spraší (v okrajových partiích zájmového prostoru).

Podzemní voda byla na lokalitě zastižena v prostoru nad západním okrajem zájmového prostoru v hloubce cca 43 m p.t. (dle údajů ČGS – GEOFONDu, r. 2009, vrt JV-1, signatura GF P130207, ID 710132), v tělese skládky (bývalém lomu) pak podzemní voda nebyla vrtným průzkumem zastižena vůbec (do hloubky 15 m p.t.), v sv. části zájmového území byla zastižena v úrovni 12,6 m p.t. (ustálena v hloubce 10,5 m p.t.) (Frýbová P., 2014), ve východní části zájmového prostoru byla aktuálním průzkumem zjištěna podzemní voda v hloubce 3,0 m a 16,8 m p.t. (ustálena v hloubce 4,01 m p.t.) a jižně od východní části zájmového prostoru ve studni St-1 se podzemní voda nacházela aktuálně v hloubce 3,61 m p.t.

Jako hlavní mechanismus šíření znečištění typu **ClU, PAU a PCB** nesaturovanou zónou je považován gravitační pohyb průlinovým horninovým prostředím v centru manipulace s těmito látkami. V zóně aerace převládá pohyb vertikální, při dosažení příp. nepropustné vrstvy dochází ke kumulaci a roztékání v horizontálním směru. Jako hlavní mechanismus šíření znečištění **NEL, BTEX a TK** nesaturovanou zónou je obecně uvažován výluh a transport srážkovou vodou. Tento transport závisí na úhrnu srážek, jejich množství, které přes pokryv

zeminy pronikne do nesaturované zóny a vlastnostech nesaturované zóny (geologické vlastnosti, pórovitost, apod.) a vlastnostech kontaminantu. V horninovém prostředí se mohou ropné látky vyskytovat dále jako adsorbované na povrchu horninových částic a ve formě pevné fáze vyplňující prostory v hornině.

Dalším možným transportem je těkání látek směrem vzhůru nesaturovanou zónou. Tento transport je uvažován v případě vyšší koncentrace těkavých látek (např. chlorovaných uhlovodíků) v podzemní vodě.

Následující odstavce jsou zaměřeny na uvedené faktory a z nich vyplývající vyhodnocení možnosti transportu kontaminace nesaturovanou zónou pro danou lokalitu.

Tok kontaminantu nesaturovanou zónou vlivem infiltrace srážek

Pro zjištění transportu kontaminace nesaturovanou zónou byl jako hlavní transportní mechanismus uvažován výluh srážkami. Infiltrace srážek je 10 % v prostoru fotbalového hřiště – místu bývalého hliniště/skládky. Tok polutantu z nesaturované zóny do podzemní vody lze vyjádřit takto:

$$G_p = Q \cdot c_1 \qquad (2.2.4.\text{-}1)$$

kde

G_p tok polutantu ($mg.s^{-1}$)

Q průtok infiltrovaného podílu srážkové vody ($l.s^{-1}$)

c_1 koncentrace polutantu ve vodě ($mg.l^{-1}$), popř. koncentrace ve vodném výluhu ($mg.l^{-1}$)

Výpočet průtoku srážkové vody vychází z rozdílu průměrného ročního úhrnu srážek (537 mm) a ročního výparu (477 mm), procentuálního množství infiltrace srážek a plochy s výskytem znečištění nesaturované zóny.

Pro hodnocení toku TK byly použity průměrné koncentrace polutantu ve vodném výluhu (viz příloha č. 7 a 12). Pro zástupce polyaromatických uhlovodíků – benzo(a)pyren, byl použit výpočet koncentrace ve vodném výluhu dle distribučního koeficientu Kd.

Výpočet předpokládá, že infiltrovaná srážková voda získává průchodem kontaminovanou nesaturovanou zónou koncentraci NEL a TK odpovídající rovnovážné koncentraci podle vztahu :

$$C_{aq} = C_{suš} / K_d \qquad (2.2.4.\text{-}2)$$

Pro anorganické látky bývá K_d stanoven výpočtem jako poměr koncentrací v pevné fázi a ve výluhu, pro organické látky lze K_d odvodit na základě vztahu 2.2.4.-3, za použití hodnoty obsahu organické hmoty v zemině (f_{oc}) následovně:

$$K_d = K_{oc} \cdot f_{oc} \qquad (2.2.4.\text{-}3)$$

kde

C_{aq} koncentrace polutantu v roztoku ($mg.l^{-1}$)

$C_{suš}$ koncentrace polutantu v zemině ($mg.kg^{-1}$) – průměrná naměřená hodnota v rámci AR

K_d distribuční koeficient

K_{oc} rozdělovací koeficient organický uhlík – voda (pro BaP $3{,}9.10^5\ l.kg^{-1}$)

f_{oc} frakce organického uhlíku v půdě (hodnota TOC 0,1%, tzn. 0,001)

Pro benzo(a)pyren byla pro danou lokalitu vypočtena hodnota Kd = $3{,}9.10^5$ x 0,001 = 390 $l.kg^{-1}$. Předpokládaná koncentrace benzo(a)pyrenu ve výluhu pak činí Caq 1,40 $mg.kg^{-1}$ /

390 $l.kg^{-1}$ = 0,00359 $mg.l^{-1}$. (Pozn.: Indikátor znečištění pro podzemní vodu udává hodnotu $2,9.10^{-6}$ $mg.l^{-1}$).

Výsledný tok kontaminantu (*C_{10}-C_{40}, TK, PAU*) z nesaturované zóny do podzemní vody (za konzervativního předpokladu neměnné koncentrace v zemině) včetně všech použitých hodnot je uveden pro jednotlivé oblasti v následujících tabulkách.

Tabulka č. 2.2.4.1.1 : Tok kontaminace jednotlivých TK a benzo(a)pyrenu do saturované zóny

Oblast	koncentrace		Plocha	Infiltrující podíl srážek	Průtok srážek	Tok kontaminace do satur. zóny	
	v zemině	ve vodn.výl.					
	$mg.kg^{-1}$	$mg.l^{-1}$	m^2	%	$l.s^{-1}$	$mg.s^{-1}$	$kg.rok^{-1}$
Chróm	47,3	0,0018	30 000	10	5,1	*0,0092*	***0,290***
Měď	141,22	0,0023	30 000	10	5,1	*0,0117*	***0,371***
Zinek	180,98	0,0107	30 000	10	5,1	*0,0546*	***1,724***
benzo(a)pyren	1,40	0,00359	30 000	10	5,1	*0,0183*	***0,578***

Vypočtený tok u benzo(a)pyrenu je cca 0,6 kg ročně. U jednotlivých sledovaných TK vykazuje nejvyšší celkový tok do saturované zóny zinek: 0,018 $mg.s^{-1}$, tj. přibližně 0,6 kg Zn za rok. Dále následuje měď (0,4 kg/rok) a chróm (0,3 kg/rok). V případě ostatních TK a C_{10}-C_{40} nebyly zjištěny v relevantním vzorku zeminy (HV-11) koncentrace ve vodném výluhu nad mezí detekce laboratorního stanovení.

Takto získané hodnoty je ale nutné považovat spíše za orientační, především z důvodu použité hodnoty K_d a dalších parametrů, jako např. podíl infiltrujících srážek, velikosti kontaminované plochy, apod. Získaná hodnota slouží pro lepší představu o dotaci kontaminace ze skládky do podloží a následně do podzemní vody.

Transport těkáním

Dalším možným transportem je v případě **chlorovaných uhlovodíků a BTEX** těkání látek směrem vzhůru nesaturovanou zónou. Tento transport je uvažován pouze v případě vyšší koncentrace těkavých látek (např. vinylchlorid a 1,2-cis-dichlorethen) v podzemní vodě, což však nebylo průzkumnými pracemi na lokalitě prokázáno.

Transport kontaminantů nesaturovanou zónou vlivem těkání z hladiny podzemní vody je vzhledem k mocnosti nesaturované zóny horninového prostředí na lokalitě a intenzitě kontaminace zanedbatelný.

Z výše uvedených údajů vyplývá, že v prostoru bývalého povrchového lomu (zavezeného hliniště skládkovým materiálem) dochází k omezené kontaminaci podzemní vody dotací z nesaturované zóny. Je to způsobeno absencí málo propustné vrstvy v nesaturované zóně, sorpcí látek na jílovitou frakci a výskytem kontaminovaných skládkovaných materiálů (zjištěna nízká úroveň kontaminace) v neuzavřeném prostoru s možností průniku srážek.

2.2.4.2 Šíření znečištění v saturované zóně

Proudění podzemní vody je nejvýznamnějším transportním mechanismem rozpuštěných kontaminantů. Látky rozpuštěné v podzemní vodě se šíří advekčně-disperzním pohybem a současně podléhají sorpčním a degradačním procesům. Pro zjištění transportu těchto látek saturovanou zónou bylo jako hlavní transportní mechanismus uvažováno proudění podzemní vody.

Podzemní voda byla na lokalitě zastižena v prostoru nad západním okrajem zájmového prostoru v hloubce cca 43 m p.t. (dle údajů ČGS – GEOFONDu, r. 2009, vrt JV-1, signatura GF P130207, ID 710132), v tělese skládky (bývalém lomu) pak podzemní voda nebyla vrtným průzkumem zastižena vůbec (do hloubky 15 m p.t.), v sv. části zájmového území byla zastižena v úrovni 12,6 m p.t. (ustálena v hloubce 10,5 m p.t.) (Frýbová P., 2014), ve východní části zájmového prostoru byla aktuálním průzkumem zjištěna podzemní voda v hloubce 3,0 m a 16,8 m p.t. (ustálena v hloubce 4,01 m p.t.) a jižně od východní části zájmového prostoru ve studni St-1 se podzemní voda nacházela aktuálně v hloubce 3,61 m p.t.

Vzhledem k poloze zájmové lokality ve svahu nad údolní nivou jsou podzemní vody studovaného prostoru dotovány srážkovými vodami, infiltrujícími i do skládkového tělesa a dále do horninového prostředí. Směr proudění podzemní vody v zájmovém prostoru lze předpokládat za konformní se směrem sklonu terénu, tj. Z-V.

Hydrogeologické poměry na lokalitě lze na základě v minulosti uskutečněných průzkumných prací klasifikovat jako jednoduché. Ve štěrkopískových akumulacích nebyla podzemní voda zastižena v žádném z provedených vrtů (vyjma vrtu HV-12), rovněž ani ve stěnách hliniště nedocházelo v minulosti k jejímu výskytu. Tyto poznatky odpovídají geologické stavbě zdejší lokality. Spraše se na jedné straně vyznačují dobrou průlinovou propustností pro srážkovou vodu, na druhé straně jsou během suchého období značně vysychavé. Poměrně velká mocnost sprašového souvrství, které představuje pokryvný útvar pro štěrkopískové akumulace a přibývající obsah jílové frakce směrem k jeho bázi, vytvářejí nepříznivé podmínky pro možnost proniknutí srážkových vod přes spraše do štěrkopísků v jejich podloží. V terasových stupních štěrkopísků se neprojevuje výskyt podzemních vody. K výronům těchto vod docházelo ve spodní části svahu jámového hliniště, kde je zvodeň vázána na bázi polohy písků na jejím styku s podložním jílem.

Ze štěrkopískových akumulací, vyskytujících se v dané lokalitě, má schopnost tvorby vododajné vrstvy jedině nejspodnější terasový stupeň, který se rozkládá pod dnešní zástavbou při ulici Strž (kolem 220 m n.m.). V tomto kolektoru je zahloubena místní studna St-1, která se nachází v sousedství objektu garáží. Mimo uváděnou zvodeň byla v několika provedených vrtech zastižena podzemní voda na bázi neogenních jemnozrnných písků, v jejichž podloží se nacházejí jíly tvořící izolátor, který má schopnost vytvořit příznivé podmínky pro akumulaci vody.

Dle orientační čerpací zkoušky na vrtu HV-12 (provedena v rámci dynamického odběru vzorků podzemní vody dne 11.7.2019) byla doporučená vydatnost odhadnuta na 0,24 $l.s^{-1}$. Z naměřených údajů pak byla dle empirických vztahů odvozena transmisivita kolektoru na hodnotu $4{,}2.10^{-5}$ $m^2.s^{-1}$ a přes výpočet specifické vydatnosti pak i hodnota koeficientu filtrace $k_f = 8.10^{-6}$ $m.s^{-1}$. Štěrkopísčité sedimenty můžeme označit za dosti slabě propustné až mírně propustné v V. až VI. třídě propustnosti (Jetel, 1982). Transmisivita prostředí v prostoru záadní části zájmového prostoru je nízká v třídě IV.

Na základě Darcyho zákona, lze vypočítat rychlost proudění podzemní vody v prostředí deluviofluviálních sedimentů pod skládkou:

$$v = -k \cdot I$$

$$v_s = v / n_e$$

kde

v - filtrační rychlost proudění podzemní vody,

k - koeficient filtrace (8.10^{-6} $m.s^{-1}$),

I - hydraulický gradient (0,04),

v_s - skutečná rychlost proudění podzemní vody,
n_e - efektivní pórovitost (odhad – n_e = 20%).

Skutečná rychlost proudění podzemní vody v západní části zájmového prostoru byla pomocí výše uvedeného vztahu vypočtena na 51 m.rok^{-1}.

Průtok podzemní vody v zájmovém prostoru nebyl stanovován vzhledem k absenci podzemní vody v prostoru skládkového tělesa (střední a západní část zájmového prostoru). Z tohoto důvodu nebyla stanovována ani rychlost šíření kontaminantů saturovanou zónou.

2.2.4.3 Šíření znečištění povrchovými vodami

Vzdálenost nejbližší vodoteče, tj. řeky Svratky je ve směru proudění podzemní vody západním směrem cca 1,5 km. Z tohoto důvodu nebyly odebírány vzorky povrchové vody, tj. počítán ani případný ředící efekt apod.

2.2.4.4 Charakteristika vývoje znečištění z hlediska procesů přirozené atenuace

Vývoj stávajícího znečištění horninového prostředí lze odhadovat na základě posouzení možností přirozené atenuace a charakteru kontaminantů, včetně jejich schopnosti atenuaci podléhat.

Mezi procesy přirozené atenuace, vedoucí ke snižování koncentrací kontaminantů v horninovém prostředí, patří jak nedestruktivní mechanismy jako např. sorpce, ředění, volatilizace, tak i destruktivní mechanismy jako např. biodegradace, abiotická oxidace, aerobní i anaerobní oxidace, hydrolýza.

Procesy přirozené atenuace závisí na typu kontaminace, a typu prostředí. V případě převládající kontaminace organického charakteru (ropné látky, polyaromatické uhlovodíky), jsou významnějšími procesy atenuace jednoznačně destruktivní mechanismy – na snižování kontaminace se budou podílet především procesy biodegradace, oxidace, reduktivní dechlorace. V případě zjištěného znečištění podzemní vody anorganickými polutanty charakteru síranů a dusičnanů bude převládajícím procesem ředění.

Posuzování možností přirozené atenuace pomocí destruktivních mechanismů je v případě anorganického znečištění nerelevantní.

Odhad podmínek přirozené atenuace je možný pouze na základě obecných principů. Dále je nutné připomenout, že se jednalo de facto pouze o jednorázový monitoring kvality podzemní vody na lokalitě, čímž je omezena její vypovídající informace.

Charakter prostředí – oxidačně redukční podmínky

Charakteristika oxidačně-redukčních podmínek je chápána s ohledem na přítomnost akceptorů a donorů elektronů, a pro účely posouzení charakteristiky daného prostředí je zjednodušena následovně:

- aerobní prostředí: O_2 > 1 mg/l Fe^{2+} < 2 mg/l
- prostředí redukující dusičnany: NO_3^- > 1 mg/l
- prostředí methanogenní/redukující sírany: CH_4 > 1 mg/l nebo přítomnost sulfidů
- prostředí redukující železo / mangan: ostatní případy

Vzhledem k výsledkům laboratorních analýz a terénním měřením lze toto prostředí charakterizovat spíše jako aerobní, kde probíhají oxidační procesy. V prostředí uvedeného charakteru lze předpokládat, že např. u ropných uhlovodíků přirozená atenuace probíhá.

Charakter kontaminace z hlediska možné atenuace :

- **ropné látky, polyaromatické uhlovodíky** – pro migraci v horninovém prostředí je rozhodující jejich měrná hmotnost, která je nižší než voda, proto se kumulují v úrovni hladiny podzemní vody. Ropné látky celkem ochotně podléhají přirozeným biodegradačním procesům. V prostředí se mohou vyskytovat v různých formách: rozpuštěné ve vodě, rozptýlené ve vodě ve formě emulze nebo tvořící samostatnou kapalnou fázi na hladině podzemní vody; mají významné adsorpční schopnosti; **přirozená biodegradace ropných látek probíhá především za aerobních podmínek**.
- **kovy –** jsou v prostředí přítomny jak v rozpuštěné, tak nerozpuštěné formě. Značná část kovů je vázána adsorpcí na nerozpuštěné látky (suspendované a koloidní). Změny v koncentraci kovů závisí na tzv. imobilizačních (alkalizace vody, oxidace, adsorpce na tuhých fázích, inkorporace do biomasy) a remobilizačních (rozpouštění, redukce, komplexace, desorpce, uvolňování z odumřelé biomasy) procesech, kterými se kovy buď vážou do tuhých fází (sedimentů), nebo se z nich naopak uvolňují. Velmi nízké pH v podzemní vodě způsobuje další mobilizaci kovů, zvyšující se pH způsobuje zvýšení adsorpce, resp. snížení mobility. Atenuaci kovy nepodléhají, snížení koncentrace je možné pouze adsorpcí nebo rozpuštěním a vyplavením.
- **ClU** – málo a pomalu podléhají biodegradačním procesům; rychle pronikají na bázi kolektoru, kde se kumulují v depresích. V západní části zájmového území nebyly ClU detekovány, ve studni St-1 (jižně od budov bývalé Kohnovy cihelny) pouze ve velmi nízkých koncentracích. Jednalo se zejména o produkt degradace ClU (1,2-cis DCE), indikující kontaminaci staršího data.
- **sloučeniny dusíku –** obecně dochází v horninovém prostředí k biochemické přeměně anorganických forem dusíku oxidací amoniakálního dusíku na dusitany až dusičnany (nitrifikace). V oxidačních podmínkách zájmového území probíhá nitrifikace poměrně snadno. Dalším významným činitelem v procesech přirozené atenuace sloučenin dusíku je vysoká rozpustnost.
- **sírany** – nejvýznamnějším procesem přirozené atenuace je vysoká rozpustnost, a s tím spojený proces ředění polutantu; za anaerobních podmínek podléhají biochemické redukci (za přítomnosti organických látek jako donorů vodíku).

Charakteristika parametrů přirozené atenuace je hodnocena na základě výsledků měření základních parametrů při čerpání podzemní vody a na základě analýz vzorků podzemní vody na stanovení parametrů základního chemického rozboru v areálu.

Pro hodnocení atenuace byly využity parametry pH, teplota, vodivost, oxidačně – redukční potenciál a koncentrace amonných iontů. Zjištěné výsledky jsou uvedeny v následující tabulce č. 2.2.4.4.1.

Tabulka č. 2.2.4.4.1: Základní parametry podzemní vody pro hodnocení atenuace

Objekt	*pH*	*teplota*	*vodivost*	*Eh*	*NH_4*
		°C	*$mS.m^{-1}$*	*mV*	*$mg.l^{-1}$*
HV-12	7,41	7,6	260	358	1,41
St-1	7,84	9,8	204	322	< 0,05

Změny pH jsou sledovány proto, že mikroorganismy jsou schopné degradovat polutant v rozmezí pH 6 – 8. Z tabulky č. 2.2.4.4.1 je zřejmé, že pH na lokalitě není kritickým parametrem. Stejně tak i teplota, protože biodegradační procesy probíhají při teplotách nad 8°C.

Parametr Eh signalizuje oxidačně / redukční charakter prostředí. V podzemní vodě západní části zájmového prostoru je převážně oxidační prostředí, které podporuje aerobní bioremediační činnost. Vodivost podzemní vody v areálu nevykazuje významných výkyvů.

Koncentrace základních nutrientů (N a P) musí být dostatečná v závislosti na podmínkách na lokalitě. Z tabulky č. 2.2.4.4.1 je zřejmé, že množství amonných iontů je v horninovém prostředí západní části zájmového prostoru poměrně vysoké.

2.2.5 Shrnutí šíření a vývoje znečištění

Shrnutí šíření a vývoje znečištění lze na základě výše uvedených údajů provést v následujících bodech:

- kontaminace nesaturované zóny na lokalitě je vázána především na skládkovaný materiál, se zvýšenými obsahy As, ojediněle pak i uhlovodíků C_{10}-C_{40} a polyaromatických uhlovodíků,
- na lokalitě byla ověřena nízká vyluhovatelnost kontaminantů srážkovou vodou. Také celkový tok do saturované zóny u kovů a PAU, resp. benzo(a)pyrenu nesaturovanou zónou je poměrně nízký (v řádu dekagramů ročně),
- vzhledem k poloze zájmové lokality ve svahu nad údolní nivou jsou podzemní vody studovaného prostoru dotovány srážkovými vodami, infiltrujícími i do skládkového tělesa a dále do horninového prostředí. V případě absence neogenních jílových sedimentů, pak podzemní vody pronikají do puklinového prostředí devonských bazálních klastik. Generelní směr proudění podzemní vody v zájmovém prostoru lze předpokládat za konformní se směrem sklonu terénu, tj. Z-V.
- zvodnělé kvartérní štěrkopískové akumulace říčního původu v západní části zájmového prostoru jsou charakterizovány koeficientem filtrace v řádu cca 8.10^{-6} $m.s^{-1}$,
- skutečná rychlost proudění podzemní vody v podloží skládky dosahuje 51 m ročně,
- recipientem a erozivní bází území je tok Svratky vzdálený ve směru proudění podzemní vody cca 1,5 km západním směrem,
- migrace kontaminace ve formě výluhů z prostoru skládky je prioritně srážkovými vodami a následným transportem podzemní vodou ve směru proudění k vodnímu toku Svratky, resp. v případě absence neogenních jílových sedimentů puklinovým systémem k místní erozivní bázi (Svratce),
- prostředí v západní části zájmového prostoru je aerobní, oxidační, přirozená atenuace ropných látek však může probíhat velmi omezeně, a to z důvodu nedostatku živin. Adsorpce kovů se se zvyšující vzdáleností od zdroje (bývalý lom/skládka), resp. zvyšujícím se pH, zvyšuje.

2.2.6 Omezení a nejistoty

Omezení a nejistoty, spojené s průzkumnými pracemi a popisem rozsahu a migrace znečištění včetně doporučení pro snížení nejistot lze definovat následovně.

Prostorová omezení – při vyhodnocení plošného a prostorového rozsahu kontaminace zemin je nutné počítat se značnou nejistotou, způsobenou heterogenitou navážek v tělese skládky.

Předpokládané šíření kontaminace - na lokalitě se uplatňuje i puklinové šíření znečištění. Z toho důvodu není možné přesně určit směr, ani rychlost šíření znečištění podzemními vodami. Dalším limitujícím faktorem je absence (přístupných) hydrogeologických objektů v zájmovém území.

Vstupní data – nejistoty při použití vstupních dat vyplývají z přesnosti laboratorních prací a použitých analytických metod. Tato nejistota je omezena použitím akreditované laboratoře.

3. HODNOCENÍ RIZIKA

Hodnocení rizika se provádí za účelem vytipování a vyhodnocení možných rizik, vyplývajících ze současného a budoucího využití lokality i jejího okolí, zjištěného typu a rozsahu kontaminace, potenciálních příjemců a dalších údajů. Hodnocení rizik se provádí ve třech krocích:

- identifikace rizik,
- hodnocení zdravotních rizik,
- hodnocení ekologických rizik.

3.1 Identifikace rizik

Po ověření aktuálního charakteru a rozsahu kontaminace, zhodnocení reálných mechanismů migrace znečištění i možností přirozené atenuace a identifikace významných transportních cest následuje upřesnění relevantních scénářů expozice potenciálně ohrožených příjemců – lidské populace i ekosystémů. Tento proces probíhá v následujících krocích:

- určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů
- základní charakteristika příjemců rizik
- shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice.

Výsledkem tohoto upřesňovacího procesu je aktualizovaný koncepční model znečištění.

3.1.1 Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů

V předchozích kapitolách byly na základě informací o dřívějším i současném využití lokality, charakteru využití, a výsledků průzkumu vytipovány následující skupiny látek potenciálního zájmu:

- ropné látky – uhlovodíky C_{10}–C_{40}
- těžké kovy – As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
- polyaromatické uhlovodíky PAU
- aromatické uhlovodíky BTEX
- chlorované uhlovodíky ClU
- anorganické ukazatele: sloučeniny N, sírany, chloridy, fluoridy, Mg, Ca, Fe
- skládkové plyny methan a těkavé organické látky

Na tyto látky potenciálního zájmu byly orientovány veškeré průzkumné práce provedené v rámci této analýzy rizika. Výsledkem jsou údaje o koncentracích uvedených škodlivin, které byly porovnány s legislativními podklady, příp. hodnotami indikátorů znečištění. Pro uvedené látky byly shromážděny veškeré dostupné údaje, počínaje jejich fyzikálně-chemickými vlastnostmi (viz příloha č. 13), přes úroveň kontaminace na lokalitě, možné způsoby šíření, toxikologické vlastnosti, expozice a potenciální příjemci.

<u>Koncentrace škodlivin a jejich porovnání s legislativními limity</u>

Uvedené látky potenciálního zájmu byly analyzovány ve vzorcích zemin, odpadů, a podzemních vod, plyny a těkavé látky i ve vzorcích vzdušnin. Výsledky analýz byly následně porovnány s legislativními kritérii. Z výsledků porovnání vyplynulo následující:

Zeminy a odpady

- Ve všech vzorcích zeminy/odpadů **byly zjištěny koncentrace arsenu, překračující hodnotu indikátoru znečištění IZ dle MP MŽP pro průmyslové využití území** (tj. vyšší i než pro ostatní plochy). Kontaminace arsenem se projevuje ve svrchní i spodní části horizontu.
- Ve většině vzorků zeminy/odpadů **byly zjištěny koncentrace PAU, překračující hodnotu indikátoru znečištění IZ dle MP MŽP pro průmyslové využití území**.
- V jednom vzorku (NV-13 v hloubkové úrovni 3-6 m) byla těsně překročena hodnota indikátoru znečištění IZ dle MP MŽP pro ostatní využití území v případě uhlovodíků **C_{10}-C_{40}**.

Podzemní vody

- Hodnota indikátoru znečištění podzemní vody IZ dle MP MŽP byla překročena ve vzorcích podzemní vody v parametrech fluoridy a mangan a benzo(a)antracen benzo(b)fluoranten.
- Dle Vyhlášky o požadavcích na pitnou vodu Ministerstva zdravotnictví č. č.252/2004 Sb ve znění pozdějších předpisů byla překročena ve vzorcích vody nejvyšší mezná hodnota pro amonné ionty, chloridy, sírany, vápník, hořčík, a z PAU pro benzo(a)pyren.

Vliv tělesa skládky byl zjištěn u arsenu, fluoridů, PAU a C_{10}-C_{40}. Ve vzorku půdního vzduchu ze sondy NV-13 (sz. část fotbalového hřiště) byla **zjištěna nejvyšší koncentrace metanu** (0,381 obj. %) a dále pak ve vzorku NV-16 (0,11 obj. %).

Zvýšené obsahy ostatních sledovaných ukazatelů v podzemní vodě jsou přirozeného původu, popř. jejich zdrojem není těleso bývalé skládky.

Překročení indikátorů znečištění IZ signalizuje možné znečištění prostředí, s potřebou dalšího posouzení / průzkumu, a příp. vyhodnocení rizik. Na tyto prioritní kontaminanty je dále zaměřeno vlastní Hodnocení rizik.

U ostatních kontaminantů, překračující parametry dané přímo platnou legislativou (odpady, vody), je další Hodnocení nerelevantní – rizikovost pro zdraví lidí a ekosystémy je dostatečně prokázána překročením legislativních parametrů (viz MP MŽP AR).

Na základě souhrnu výše uvedených údajů lze ze skupiny vytipovaných látek potenciálního zájmu jako **prioritní kontaminanty** pro další hodnocení vybrat:

- **As, benzo(a)pyren (zástupce PAU), C_{10}-C_{40} v zeminách/odpadech**
- **benzo(a)pyren (zástupce PAU), amonné ionty, chloridy, fluoridy, sírany v podzemní vodě**

Důvodem výběru je překročení legislativních parametrů u těchto ukazatelů, a dále jejich fyzikálně-chemické a toxikologické vlastnosti – kontaminanty patří do skupiny s vyšším potenciálem šíření, a mají potvrzené karcinogenní působení.

Pro kvantifikaci možných rizik byly vybrány 2 nejzávažnější prioritní kontaminanty, a to As a B(a)P v zeminách, a B(a)P ve vodách. Jejich průměrné a maximální koncentrace zjištěné na lokalitě, použité pro výpočty rizik, jsou uvedeny v kap. Kvantifikace rizik níže.

Další rizikové faktory

Na lokalitě byl jako další rizikový faktor při místním šetření zjištěn **vyšší obsah methanu ve vzdušnině**, výskyt 1,2-cis-DCE v podzemní vodě studny St-1 (zřejmě pozůstatek ojedinělé bodové kontaminace v prostoru studny), a zvýšené parametry pitné vody charakterizující její vyšší tvrdost a chemický typ (sírany, vápník, hořčík).

Oblast stávajícího fotbalového hřiště může být zatížena vyšší prašností.

3.1.2 Základní charakteristika příjemců rizik

V rámci předběžného koncepčního modelu znečištění (PKMZ) byly vytipovány následující skupiny příjemců:

- stavební dělníci plánované výstavby (pohyb na lokalitě, skrývka zeminy, výkopové práce)
- budoucí obyvatelé plánované bytové zástavby (pobyt na lokalitě, a méně pravděpodobné využití podzemní vody)
- ekosystémy poblíž lokality (únik znečištění podzemní vodou)

Při místním šetření a vzhledem k plánovanému budoucímu využití lokality pro výstavbu obytných domů byly potvrzeny jako příjmové skupiny především stavební dělníci, a dále budoucí obyvatelé a osoby využívající lokalitu pro její stávající účely. Nebylo zjištěno současné nebo plánované využití podzemních vod.

Ekosystémy vzhledem k minimálnímu šíření znečištění nejsou lokalitou dotčeny.

Stavební dělníci

Za předpokladu realizace výstavby obytných domů bude na lokalitě, především v části stávajícího fotbalového hřiště, prováděna stavební činnost většího rozsahu. Předpokládá se skrývka povrchové vrstvy, výkopové práce, i terénní úpravy.

Z tohoto předpokladu vyplývá expozice kontaminantům v zeminách, příp. podzemní vodě, a to dermálním kontaktem, inhalací prachu, i náhodným požitím.

Budoucí obyvatelé, osoby využívající lokalitu

Za stejného předpokladu výstavby domů je další příjmovou skupinou na lokalitě budoucí obyvatelstvo. U této skupiny lze předpokládat volný pohyb na lokalitě, v případě rodinných domů též využívání pozemků pro rekreační, příp. i zahrádkářské účely. Využití podzemní vody ze zdrojů na lokalitě se nepředpokládá.

Jedná se tak o stejný typ expozice, jako u předchozí skupiny stavebních dělníků, i když ve výrazně menším rozsahu, a s výjimkou kontakt s podzemní vodou.

Ekosystémy

Poblíž lokality se nenachází žádná povrchová vodoteč dotčená případným šířením znečištění z lokality. Uváděné chráněné přírodní památky nejsou v bezprostředním okolí s potenciálním vlivem lokality.

Z toho důvodu lze tuto skupinu příjemců rizik z hodnocení vyloučit.

Jako příjmové skupiny lze tedy pro další hodnocení možno potvrdit <u>Stavební dělníky</u> a <u>Budoucí obyvatele</u> plánované výstavby.

3.1.3 Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice

Z vytipovaných látek potenciálního zájmu byly na lokalitě pro Hodnocení rizik potvrzeny jako prioritní kontaminanty As, PAU, C10-C40 a fluoridy. **Pro Kvantifikaci rizik byly vybrány As a benzo(a)pyren**, jako nejvýraznější zástupci prioritních kontaminantů. Nebylo potvrzeno šíření z lokality, ani využití podzemních vod.

Z vytipovaných příjmových skupin byly jako **potenciální příjemci rizik potvrzeni Stavební dělníci a Budoucí obyvatelé plánované výstavby**. Uvažovanou expozicí jsou stavební práce, a pohyb na lokalitě a v jejím okolí. Vyloučena byla příjmová skupina Ekosystémy, z důvodu nezjištěného šíření znečištění mimo lokalitu.

<u>Pro hodnocení možných zdravotních rizik</u> pro obě výše uvedené skupiny příjemců jsou dále shrnuty expoziční cesty a expoziční scénáře: Stavební práce a Pohyb na lokalitě. Ty zahrnují následující typy expozice:

- Kontakt se zeminou/prachem na lokalitě: dermální, inhalační a orální expozice (náhodné požití)
- Kontakt s podzemní vodou: dermální expozice (pouze u skupiny Stavební dělníci).

Závěrem výše uvedeného postupu je aktualizace koncepčního modelu znečištění (AKMZ). Výsledky provedených šetření a vylučovacího procesu jsou shrnuty dále, v Aktualizovaném koncepčním modelu znečištění (AKMZ).

Tabulka č. 3.1.3.1: Aktualizovaný koncepční model znečištění

Expozice č.	***Prioritní kontaminant***	***Transportní cesta***	***Příjemce rizik***	***Poznámka***
1	anorganické látky: **fluoridy** ropné látky: **C_{10}-C_{40}** těžké kovy TK: **As** PAU: **benzo(a)pyren**	Kontaminace uložených materiálů	**Stavební dělníci**, (inhalace, dermální kontakt)	běžný pohyb na lokalitě, výkopové práce, skrývka zeminy **POTVRZENO**
2		Kontaminace uložených materiálů	**Budoucí obyvatelé** (inhalace, dermální kontakt)	běžný pohyb na lokalitě, zahrádky **POTVRZENO**
3		*Únik do podzemní vody – transport mimo území*	*Obyvatelé, využívající podzemní vodu*	domovní studny v okolí využívané na zálivku **VYLOUČENO**
4		*Únik do podzemní vody – transport mimo území*	*Ekosystémy v území*	NPP Červený kopec, VKP Kohnova cihelna **VYLOUČENO**

3.2 Hodnocení zdravotních rizik

Hodnocení zdravotních rizik se nemusí provádět u látek, jejichž koncentrace při průzkumných pracích prokazatelně přesáhly závazné limity dle platných právních předpisů. Již tato skutečnost je dostatečným dokladem o závažných zdravotních rizicích a prokazuje existenci závadného stavu, který je nezbytné urychleně řešit.

Na lokalitě bylo prokázáno překročení hodnot Vyhlášek č. 294/2005 Sb. (odpady), č. 252/2004 Sb. a č. 5/2011 Sb. (podzemní vody), a Indikátorů znečištění dle MP 1/2014 (zeminy a podzemní vody). Z toho důvodu lze označit lokalitu za rizikovou s nutností řešení závadného stavu (MP MŽP 3/2011). Dále uvedené hodnocení zdravotních rizik u vybraných prioritních kontaminantů je pouze doplněním celkového hodnocení rizikovosti lokality.

Hodnocení reálných rizik působení prioritních kontaminantů na zdraví lidí se provádí na základě zjištěných reálných scénářů expozice. Hodnocení zdravotních rizik se provádí v následujících krocích:

- Vyhodnocení vztahu dávka - účinek
- Vyhodnocení expozice
- Charakterizace rizika.

3.2.1 Vyhodnocení vztahu dávka – účinek

Vyhodnocení vztahu dávka - účinek spočívá v porovnání množství škodlivé látky (dávky) podané organismu, a vyvolaným nežádoucím jevem (účinkem). Při vyhodnocování tohoto vztahu je nezbytné rozlišovat dva hlavní způsoby toxického působení, karcinogenní a nekarcinogenní (prahový účinek). Dále se rozlišuje, zda organismus přijímá škodlivinu dlouhodobě (chronické působení), nebo jednorázově (akutní působení), a o jaký způsob příjmu se jedná (požití - orální kontakt, dermální kontakt, inhalace).

Pro nekarcinogenní (prahové) působení toxické látky jsou stanovovány referenční dávky (RfD) nebo referenční koncentrace (RfC), což jsou dávky, resp. koncentrace škodliviny, které ještě nevyvolají nežádoucí účinek. Pro karcinogenní působení se určují lineární závislosti mezi dávkou toxické látky a počtem výskytu nádorových onemocnění. Směrnice této lineární závislosti (směrnice karcinogenity - SF) slouží pro vyhodnocení vztahu dávka - účinek pro karcinogenní působení. V případě, že nejsou tyto hodnoty (RfD, RfC, SF) určeny, používají se k vyhodnocení rizikovosti další, dostupné údaje, např. maximální přípustné koncentrace, přijatelné dávky apod.

Na lokalitě byly jako prioritní kontaminanty pro hodnocení rizik vytipovány As a benzo(a)pyren. U obou kontaminantů jsou prokázány toxické i karcinogenní účinky. Fyzikálně chemické a toxikologické vlastnosti prioritních kontaminantů, tak jak byly dohledány v databázích ATSDR, U. S. EPA, IRIS, NIOSH a RiskWorkbench, jsou uvedeny v příloze č. 13, a shrnuty v tabulce dále:

Tabulka č. 3.2.1.1:Souhrn faktorů vyjadřujících vztah dávka - účinek pro různé cesty expozice

		As	BaP
Požití	RfD	$3{,}0.10^{-4}$	$3{,}0.10^{-2}$
	SF	1,5	7,3
Inhalace	RfD	$3{,}0.10^{-4}$	$3{,}0.10^{-2}$
	SF	15	$6{,}1.10^{-3}$
Dermální kontakt	RfD	$3{,}0.10^{-4}$	$3{,}0.10^{-2}$
	SF	1,5	0,73

3.2.2 Vyhodnocení expozice

Vyhodnocení expozice je proces posouzení intenzity, četnosti, a trvání možné expozice škodlivým látkám vyskytujících se na lokalitě. Posouzení spočívá především ve:

- vytipování možných expozičních cest, exponované populace a expozičních scénářů pro danou lokalitu a škodlivinu,
- kvantifikaci expozice.

Výsledkem je určení denních příjmů škodlivých látek (ADD - Acceptable Daily Dose a LADD – Lifelong Acceptable Daily Dose), vyvolávajících nežádoucí efekty a způsobujících tak riziko ohrožení zdraví. Denní příjmy se počítají pro látky s prahovým působením (ADD) a pro látky karcinogenní (LADD).

Vytipování expozičních scénářů

Na základě způsobů využití lokality a okolí, výsledků provedeného průzkumu znečištění a dalších údajů, které byly pro zpracování rizikové analýzy k dispozici, byly v rámci aktualizace koncepčního modelu znečištění určeny 1 expoziční scénáře ohrožení zdraví lidí:

- Stavební práce
- Pobyt na lokalitě

Expoziční scénář ***Stavební práce*** popisuje činnosti stavebních dělníků při plánované výstavbě a pohybu na lokalitě, tj. skrývku zeminy, výkopové práce a terénní práce. Expoziční scénář zahrnuje expozici inhalací prachu, dermálním kontaktem se zeminou, náhodným požitím zeminy a dermálním kontaktem s podzemní vodou.

Expoziční scénář ***Pobyt na lokalitě*** je určen pro budoucí obyvatele obytných domů, zahrnuje totožné expozice s výjimkou kontaktu s podzemní vodou, a popisuje běžný pobyt na lokalitě a v případě rodinných domů i využívání zahrádek.

Kvantifikace expozice

V této části analýzy rizik je uveden způsob výpočtu příjmu škodlivin - dávky pro odhad průměrné denní expozice (ADD) nekarcinogenních a celoživotní průměrné denní expozice (LADD) karcinogenních prioritních kontaminantů. Při výpočtu se uvažují průměrné a maximální hodnoty koncentrací kontaminantů i některých jiných parametrů. Hodnoty parametrů dosazovaných do výpočtových rovnic jsou popsány v následujícím textu.

Při výpočtu denních dávek (ADD/LADD) byly použity dále uvedené výpočtové rovnice pro výpočet expozice inhalací prachu, dermálním kontaktem se stavebními materiály, a náhodným požitím prachu, vč. hodnot jednotlivých parametrů, uvedených dle MP MŽP 3/2011.

Parametry expozičního scénáře ***Stavební práce*** odpovídají pohybu stavebních dělníků na lokalitě 4 až 8 hod denně, 5xtýdně, po dobu 3 až 6 měsíců, maximálně však 1 roku.

Parametry expozičního scénáře ***Pobyt na lokalitě*** odpovídají pobytu obyvatel na lokalitě, 0,5 až 2 hod denně, 7xtýdně, případně pouze po dobu sezóny (zahrádky), po dobu 10 až 30 let.

Inhalace prachu CDI = CS*FP*IR*EF*ED*ET / (BW*AT)

Parametr	Stavební práce		Pobyt na lokalitě		Jednotky	Vysvětlivka
CS					mg/kg	koncentrace kontaminantu v prachu
FP	30	300	30	300	ug/m^3	frakce prachu v ovzduší
IR	2,5	2,5	2,5	2,5	m3/hod	objem vzduchu
ET	4	8	0,5	2	hod/den	doba expozice
EF	60	120	240	365	den/rok	frekvence expozice
ED	1	1	10	30	rok	doba trvání expozice
BW	70	70	70	70	kg	tělesná hmotnost
AT	365	365	3650	10950	dní	doba průměrování (nekarcin. působení)
AT karc.	25550	25550	25550	25550	dní	doba průměrování (karcinogenní působení)

Dermální kontakt ADD/LADD = (CS*SA*AF*ABS*EF*ED) / (BW*AT)

Parametr	Stavební práce		Pobyt na lokalitě		Jednotky	Vysvětlivka
CS					mg/kg	koncentrace kontaminantu v prachu
SA	1400	1730	1400	1730	cm2/den	exponovaný povrch kůže
AF	0,2	0,2	0,2	0,2	mg/cm2	adherenční faktor
ABS					-	dermální absorpční faktor
EF	60	120	60	120	den/rok	frekvence expozice
ED	1	1	10	30	rok	doba trvání expozice
BW	70	70	70	70	kg	tělesná hmotnost
AT	365	365	3650	10950	dní	doba průměrování (nekarcin. působení)
AT karc.	25550	25550	25550	25550	dní	doba průměrování (karcinogenní působení)

Náhodné požití prachu CDI = (CS*IR*FI*EF*ED) / (BW*AT)

Parametr	Stavební práce		Pobyt na lokalitě		Jednotky	Vysvětlivka
CS					mg/kg	koncentrace kontaminantu v prachu
IR	100	100	100	100	mg/den	množství náhodně požitého prachu
FI	1	1	1	1	-	podíl kontaminovaného materiálu v prachu
EF	60	120	60	120	den/rok	frekvence expozice
ED	1	125	10	30	rok	doba trvání expozice
BW	70	70	70	70	kg	tělesná hmotnost
AT	365	365	3650	10950	dní	doba průměrování (nekarcin. působení)
AT karc.	25550	25550	25550	25550	dní	doba průměrování (karcinogenní působení)

Dermální kontakt s vodou ADD/LADD = (C*Kp*SA*EF*ED*ET) / (BW*AT)

Pouze Stavební práce

Caq			mg/l	koncentrace kontaminantu v podzemní vodě
SA	1000	1300	cm2/den	exponovaný povrch kůže předloktí
Kp			cm/hod	koeficient permeability
EF	60	120	den/rok	frekvence expozice
ED	1	1	rok	doba trvání expozice
ET	1	2	hod/den	doba expozice
BW	70	70	kg	tělesná hmotnost
AT	365	365	dní	doba průměrování (nekarcin. působení)
AT karc.	25550	25550	dní	doba průměrování (karcinogenní působení)

Hodnoty uváděných parametrů viz MP MŽP 3/2011.

Jako hodnoty CS byly použity průměrné a maximální hodnoty koncentrací prioritních kontaminantů zjištěných v uložených materiálech, viz tabulka níže:

		As	BaP
Zeminy mg/kg	prům	13,8	0,95
	max	27,2	5,04
Podzemní voda µg/l	prům	-	0,018
	max	-	0,026

Výsledky výpočtu denních dávek

Podle výše uvedených rovnic byly po dosazení uvedených parametrů a koncentrací kontaminantů vypočteny denní dávky chemických látek (ADD) a celoživotní expozice (LADD). Výsledné hodnoty ADD a LADD prioritních kontaminantů byly použity pro všechny typy expozice pro oba expoziční scénáře (hodnocení prům. a max.) – výpočty hodnot HQ a ELCR v následující kapitole.

3.2.3 Charakterizace rizika

Tato část charakterizuje potenciální nekarcinogenní a karcinogenní rizika pro lidské zdraví vyplývající z expozičních scénářů. Rizika ohrožení zdraví lidí se určují porovnáním vypočtených expozičních dávek (ADD pro nekarcinogenní působení, LADD pro karcinogenní působení) s referenčními hodnotami (RfD pro nekarcinogenní působení, SF pro karcinogenní působení).

Charakterizace nekarcinogenních rizik

Nekarcinogenní účinky pro lidské zdraví jsou obvykle charakterizovány použitím tzv. "koeficientu nebezpečnosti" (HQ – Hazard Quocient) a "indexu nebezpečnosti" (HI – Hazard Index). Koeficient nebezpečnosti HQ je odvozen jako poměr vypočtené průměrné denní dávky ADD nekarcinogenu k jeho referenční dávce (RfD).

$$HQ = \frac{ADD}{RfD}$$

kde:

HQ = Koeficient nebezpečnosti;

ADD = Průměrná denní dávka ($mg.kg^{-1}.den^{-1}$);

RfD = Referenční dávka ($mg.kg^{-1}.den^{-1}$).

V případě, že při jedné činnosti dochází k více různým expozicím a pro každou je stanoven koeficient nebezpečnosti, stanovuje se též Index nebezpečnosti, který se rovná součtu jednotlivých koeficientů nebezpečnosti:

$$HI = \sum HQ$$

Koeficienty HQ (nebo součet těchto koeficientů- index nebezpečnosti HI při vícenásobné expozici) vyšší než 1 naznačují možné riziko ohrožení zdraví lidí a případnou potřebu dalších podrobnějších hodnocení expozice a toxicity, k následnému podrobnému posouzení, zda k ohrožení zdraví skutečně dochází.

Charakterizace karcinogenních rizik

Teoretické riziko karcinogenních účinků na lidské zdraví spojených s expozicí látek identifikovaných jako karcinogeny je vypočteno jako součin konzervativní hodnoty průměrné celoživotní expozice (tj. LADD) a faktorem směrnice karcinogenity (tj. SF). Faktor směrnice karcinogenity SF je odvozen z extrapolace výsledků toxikologických studií, a vyjadřuje směrnici lineární závislosti mezi expozicí určité koncentraci látky a jejímu karcinogennímu působení. Pro výpočet nadměrného celoživotního karcinogenního rizika ELCR (Excess Lifetime Cancer Risk) lze použít rovnici

$$ELCR = LADD \times SF \quad \text{resp.} \quad ELCR = CDI \times SF$$

Hodnota ELCR je vyjádřením pravděpodobnosti, se kterou dojde k výskytu karcinogenního onemocnění (např. hodnota ELCR = 10^{-6} vyjadřuje možnost výskytu karcinogenního onemocnění v 1 případě z 1.10^{6} osob).

kde

ELCR = Riziko karcinogenity;

LADD = Průměrná celoživotní expozice ($mg.kg^{-1}.den^{-1}$);

SF = Směrnice karcinogenity ($1 / mg.kg^{-1}.den^{-1}$).

Za přijatelnou míru rizika jsou považovány tyto hodnoty:

1.10^{-6} pro hodnocení regionálních vlivů, počet ohrožených osob nad 100

1.10^{-5} pro hodnocení lokálních vlivů, počet ohrožených osob od 10 do 100

1.10^{-4} pro hodnocení jednotlivců, do 10 osob.

Riziko karcinogenity ELCR vyšší než uvedené hodnoty znamená možnost rizika ohrožení zdraví lidí a případnou potřebu dalších, podrobnějších hodnocení expozice a toxicity k následnému podrobnému posouzení, zda skutečně dochází k ohrožení zdraví.

Z prioritních kontaminantů vytipovaných na lokalitě je karcinogenní působení potvrzeno a výpočty karcinogenních rizik provedeny pro karcinogenní prioritní kontaminanty As, a Cr.

Výsledky charakterizace rizik

Podle výše uvedených vzorců byly vypočteny hodnoty nekarcinogenních (HI) a karcinogenních (ELCR) rizik. Souhrnné hodnoty pro všechny kontaminanty a expozice jsou uvedeny v následující tabulce č. 3.2.3.1.

Tabulka č. 3.2.3.1: Výsledné hodnoty charakterizace rizik

Stavební práce

		zeminy/prach						*voda*		*CELKEM*	
		inhalace		*dermální*		*požití*		*dermální*			
		HQ	*ELCR*	*HQ*	*ELCR*	*HQ*	*ELCR*	*HQ*	*ELCR*	*HI*	*ELCR*
As	prům	3,25E-05	2,09E-09	9,09E-04	5,84E-09	1,08E-02	6,96E-08	1,96E-08	1,26E-13	1,18E-02	7,75E-08
	max	2,55E-03	1,64E-07	4,42E-03	2,84E-08	4,26E-02	2,74E-07	1,02E-07	6,54E-13	4,96E-02	4,66E-07
BaP	prům	2,23E-08	5,84E-14	2,08E-05	6,52E-09	7,44E-06	2,33E-08	1,54E-06	4,82E-10	2,98E-05	3,03E-08
	max	4,73E-06	1,24E-11	2,73E-04	8,54E-08	7,89E-05	2,47E-07	1,16E-05	3,62E-09	3,68E-04	3,36E-07

Pobyt na lokalitě

		zeminy/prach						*voda*		*CELKEM*	
		inhalace		*dermální*		*požití*		*dermální*			
		HQ	*ELCR*	*HQ*	*ELCR*	*HQ*	*ELCR*	*HQ*	*ELCR*	*HI*	*ELCR*
As	prům	1,62E-05	1,04E-08	9,09E-04	5,84E-08	5,41E-04	3,48E-08			1,47E-03	1,04E-07
	max	1,94E-03	**3,75E-06**	4,42E-03	8,52E-07	4,26E-03	8,21E-07			1,06E-02	**5,42E-06**
BaP	prům	1,12E-08	2,92E-13	2,08E-05	6,52E-08	3,72E-07	1,16E-08			2,12E-05	7,68E-08
	max	3,60E-06	2,82E-10	2,73E-04	**2,56E-06**	7,89E-06	7,41E-07			2,84E-04	**3,30E-06**

Expoziční scénář Stavební práce

Pro navržený expoziční scénář byla rizika hodnocena pro kontaminanty As a BaP v uloženém materiálu, tj. zeminách/prachu, a v podzemní vodě. Součty rizik byly z důvodu rozdílného působení provedeny pro oba kontaminanty zvlášť.

Celkové hodnoty HI, resp. ELCR **nepřekračují koeficienty nebezpečnosti**, HI = 1, resp. ELCR = 1.10^{-6}, a to ani pro arsen, ani pro benzo(a)pyren.

Expozice kontaminaci na lokalitě v rámci Stavebních prací tak nebyla zjištěna jako riziková. Důvodem je, přes vyšší obsahy obou kontaminantů, poměrně krátká doba expozice (3 až 6 měsíců).

Expoziční scénář Pobyt na lokalitě

Pro navržený expoziční scénář byla rizika hodnocena pro kontaminanty As a BaP v uloženém materiálu, tj. zeminách/prachu. Podzemní voda byla z expozice vyloučena. Součty rizik byly z důvodu rozdílného působení provedeny pro oba kontaminanty zvlášť.

Celkové hodnoty HI koeficient nebezpečnosti HI = 1 nepřekračují, bylo však zjištěno překročení bezpečných hodnot ukazatele ELCR, v případě hodnocení maximální varianty, a to pro oba kontaminanty, arsen i benzo(a)pyren. Expoziční scénář potvrdil karcinogenní rizika vyplývající z kontaminace na lokalitě. Pro arsen je nejrizikovější inhalace prachu, u benzo(a)pyrenu je to dermální kontakt se zeminou/odpady.

Expozice kontaminaci na lokalitě v rámci Pobytu na lokalitě tak byla zjištěna jako riziková. Důvodem je zřejmě dlouhodobá expozice až 30 let.

Na lokalitě tak bylo potvrzeno zdravotní riziko pro budoucí obyvatele, vyplývající ze stávající zátěže arsenem a benzo(a)pyrenem.

3.2.4 Shrnutí hodnocení zdravotních rizik

Hodnocení zdravotních rizik bylo na lokalitě provedeno jako doplnění celkového hodnocení lokality. Její rizikovost byla dostatečně prokázána vzhledem k překročení právně závazných limitů.

- hodnocení zdravotních rizik bylo provedeno pro vybrané kontaminanty As a benzo(a)pyren v zeminách/prachu a podzemní vodě,
- byly navrženy 2 expoziční scénáře, a to ***Stavební práce*** pro stavební dělníky, a ***Pobyt na lokalitě*** pro budoucí obyvatele, plánované výstavby obytných domů.
- hodnocená expozice zahrnovala inhalaci prachu, dermální kontakt i případné náhodné požití zemin/odpadů, a dermální kontakt s podzemní vodou při stavebních pracích

- expoziční scénář ***Stavební práce*** byl **vyhodnocen jako bezrizikový**
- vyhodnocením expozičního scénáře ***Pobyt na lokalitě*** **bylo zjištěno karcinogenní riziko u As i benzo(a)pyrenu,** pro dlouhodobou expozici 30let

Na lokalitě tak bylo potvrzeno zdravotní riziko pro budoucí obyvatele, vyplývající ze stávající zátěže arsenem a benzo(a)pyrenem.

3.3 Hodnocení ekologických rizik

Vzhledem k vyloučení ekosystémů v okolí lokality ze skupiny příjemců rizik, lze **označit ekologické riziko za zanedbatelné.**

V případě nezabezpečení zjištěné kontaminace na lokalitě však může dojít k jejich budoucímu ohrožení, v důsledku případného šíření znečištění.

3.4 Shrnutí celkového rizika

Hodnocení rizik se neprovádí na lokalitě, kdy koncentrace kontaminantů při průzkumných pracích přesáhly závazné limity dle platných právních předpisů. Již tato skutečnost je dostatečným dokladem o závažných ekologických rizicích, a dokládá existenci závadného stavu, který je nezbytné urychleně řešit. (MP MŽP 3/2011).

Na lokalitě bylo prokázáno překročení hodnot Vyhlášek č. 294/2005 Sb. (odpady), č. 252/2004 Sb. a č. 5/2011 Sb. (podzemní vody), a Indikátorů znečištění dle MP 1/2014 (zeminy a podzemní vody) a překročení legislativních limitů – normy environmentální kvality NEK dle NV č.23/2011 Sb. v povrchové vodě. Z toho důvodu lze označit lokalitu za rizikovou s nutností řešení závadného stavu (MP MŽ 3/2011).

Hodnocení zdravotních rizik bylo na lokalitě provedeno jako doplnění celkového hodnocení lokality. Její rizikovost byla dostatečně prokázána vzhledem k překročení právně závazných limitů.

- hodnocení zdravotních rizik bylo provedeno pro vybrané kontaminanty As a benzo(a)pyren v zeminách/prachu a podzemní vodě,
- byly navrženy 2 expoziční scénáře, a to ***Stavební práce*** pro stavební dělníky a ***Pobyt na lokalitě*** pro budoucí obyvatele, plánované výstavby obytných domů.
- hodnocená expozice zahrnovala inhalaci prachu, dermální kontakt i případné náhodné požití zemin/odpadů, a dermální kontakt s podzemní vodou při stavebních pracích
- expoziční scénář ***Stavební práce*** byl **vyhodnocen jako bezrizikový**
- vyhodnocením expozičního scénáře ***Pobyt na lokalitě*** **bylo zjištěno karcinogenní riziko u As i benzo(a)pyrenu,** pro dlouhodobou expozici 30let.

Na lokalitě <u>bylo potvrzeno zdravotní riziko pro budoucí obyvatele</u>, vyplývající ze stávající zátěže arsenem a benzo(a)pyrenem a dlouhodobé expozice.

Vzhledem k vyloučení ekosystémů v okolí lokality ze skupiny příjemců rizik, lze **označit ekologické riziko za zanedbatelné.**

3.5 Omezení a nejistoty

Kvalita zpracování Hodnocení rizik závisí na kvalitě a hodnověrnosti podkladů. Jedná se především o daný stupeň neurčitosti ve znalostech popisu využití lokality, přírodních poměrů, analytických měření. Určitý stupeň nejistoty je také ve stanovení expozičních parametrů a jejich vlivu na hodnocené subjekty, které může být ovlivněno subjektivním hodnocením zpracovatele.

- nejistoty spojené s podmíněností expozičních cest – pro eliminaci těchto nejistot byly k hodnocení vybrány pouze možné expoziční scénáře. Nebyla např. hodnocena rizikovost využití podzemních vod k pitným účelům – tato expozice nebyla na lokalitě ani v okolí zjištěna.
- nejistoty spojené s odvozením expozičních koncentrací - při hodnocení byly využity koncentrace látek v zeminách a podzemních vodách zjištěných laboratorními rozbory, i dopočítávané hodnoty dle rovnovážných konstant. Nejistota tak může být spojena s použitím tabulkových hodnot rovnovážných koeficientů. Z toho důvodu byly pro výpočty využívány i maximální hodnoty, tyto nejistoty omezující.
- nejistoty týkající se vztahu dávka a účinek – pro vybrané kontaminanty byly použity toxikologické hodnoty oficiálních databází, podložené odbornými studiemi, a nejistoty spojené s jejich využitím jsou tak minimální.
- nejistoty spojené s hodnocením synergických účinků různých látek či kombinace dalších rizikových faktorů - vzhledem k rozdílným účinkům hodnocených kontaminantů se nepředpokládá.
- nejistoty týkající se ohrožení ekosystémů – vzhledem k jejich vyloučení ze skupiny příjemců se nepředpokládá, v budoucnu však může nastat vlivem šíření znečištění.

4. DOPORUČENÍ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

Návrh nápravných opatření je výstupem (předběžné) analýzy rizik, a slouží jako odborný podklad pro rozhodování o nutnosti, rozsahu a způsobu sanace. V rámci této části PAR se stanoví:

- **cíle nápravných opatření**
- **reálné způsoby dosažení těchto cílů.**

Při zpracovávání návrhu nápravných opatření byly vzaty v úvahu veškeré informace a data o charakteru, závažnosti, rozsahu a šíření kontaminace, možnostech přirozené atenuace, potenciálních a především reálných rizicích, a stávajícím a budoucím využití lokality a okolí.

V případě, kdy jsou analýzou rizik na lokalitě zjištěny takové expozice škodlivým látkám, při kterých dochází k ohrožení zdraví lidí nebo ekosystému, nebo kdy byla průzkumem znečištění zjištěna na posuzovaném území kontaminace převyšující hodnoty MP MŽP, je nezbytné posoudit nutnost provedení sanačního zásahu vedoucího k odstranění ekologické zátěže. Z toho vyplývá i potřeba stanovit cíle sanace, příp. i cílové parametry - koncentrace látek, na jejichž úroveň je nutné provést sanační zásah. Posuzuje se též vhodnost „nulové varianty“, spočívající v ponechání území bez sanačního zásahu.

Doporučení nápravných opatření vychází z následujících faktů:

- lokalita se nachází v prostoru části bývalé (Kohnovy) cihelny v Brně – Štýřicích na lokalitě Červený kopec, kde se v minulosti nacházel povrchový lom, který byl zavezen v 60. letech 20. stol. různorodým odpadem včetně komunálního odpadu,
- kontaminace nesaturované zóny na lokalitě je vázána především na skládkovaný materiál, se zvýšenými obsahy As, ojediněle pak i uhlovodíků C_{10}-C_{40} a polyaromatických uhlovodíků,
- na lokalitě byla ověřena nízká vyluhovatelnost kontaminantů srážkovou vodou. Také celkový tok do saturované zóny u kovů a PAU, resp. benzo(a)pyrenu nesaturovanou zónou je poměrně nízký (v řádu dekagramů ročně),
- vzhledem k poloze zájmové lokality ve svahu nad údolní nivou jsou podzemní vody studovaného prostoru dotovány srážkovými vodami, infiltrujícími i do skládkového tělesa a dále do horninového prostředí. V případě absence neogenních jílových sedimentů, pak podzemní vody pronikají do puklinového prostředí devonských bazálních klastik. Generelní směr proudění podzemní vody v zájmovém prostoru lze předpokládat za konformní se směrem sklonu terénu, tj. Z-V.
- zvodnělé kvartérní štěrkopískové akumulace říčního původu v západní části zájmového prostoru jsou charakterizovány koeficientem filtrace v řádu cca 8.10^{-6} $m.s^{-1}$,
- skutečná rychlost proudění podzemní vody v podloží skládky dosahuje 51 m ročně,
- recipientem a erozivní bází území je tok Svratky vzdálený ve směru proudění podzemní vody cca 1,5 km západním směrem,
- migrace kontaminace ve formě výluhů z prostoru skládky je prioritně srážkovými vodami a následným transportem podzemní vodou ve směru proudění k vodnímu toku Svratky, resp. v případě absence neogenních jílových sedimentů puklinovým systémem k místní erozivní bázi (Svratce),
- prostředí v západní části zájmového prostoru je aerobní, oxidační, přirozená atenuace ropných látek však může probíhat velmi omezeně, a to z důvodu nedostatku živin. Adsorpce kovů se se zvyšující vzdáleností od zdroje (bývalý lom/skládka), resp. zvyšujícím se pH, zvyšuje.
- Na lokalitě bylo prokázáno překročení hodnot Vyhlášek č. 294/2005 Sb. (odpady), č. 252/2004 Sb. (podzemní vody) a Indikátorů znečištění dle MP 1/2014 (zeminy a podzemní vody). Z toho důvodu lze označit lokalitu za rizikovou s nutností řešení závadného stavu (MP MŽ 3/2011),
- Hodnocení zdravotních rizik bylo provedeno pro vybrané kontaminanty As a benzo(a)pyren v zeminách/odpadech a podzemní vodě, pro 2 expoziční scénáře ***Stavební práce*** pro stavební dělníky, a ***Pobyt na lokalitě*** pro budoucí obyvatele plánované výstavby obytných domů. Hodnocená expozice zahrnovala inhalaci prachu, dermální kontakt i případné náhodné požití zemin/odpadů, a dermální kontakt s podzemní vodou při stavebních pracích
- **Na lokalitě bylo potvrzeno zdravotní riziko pro budoucí obyvatele (**expoziční scénář ***Pobyt na lokalitě*****), vyplývající ze stávající zátěže arsenem a benzo(a)pyrenem a dlouhodobé expozice.**
- Vzhledem k vyloučení ekosystémů v okolí lokality ze skupiny příjemců rizik, lze označit **ekologické riziko za zanedbatelné**.

- Zeminy a materiály (odpady) nacházející se na lokalitě **nelze využívat na povrchu terénu**. **Lze je ukládat na skládkách S-IO,** vyjma materiálů/odpadů z prostoru odběru vzorku NV-13 (3-6 m). Analyzované vzorky splňují požadavky pro ukládání odpadů na skládkách S-OO1, S-OO2, S-OO3 a S-NO.
- Na lokalitě byl zjištěn vývin methanu kategorie b) – 2. stupeň, tj. stavba ohrožená.

Nutnost nápravných opatření vyplývá z těchto zjištěných skutečností:

- **lokalita je kontaminována nad závazné limity platných právních předpisů,**
- **na lokalitě jsou uloženy materiály (odpady) patřící na zabezpečenou skládku S-IO,**
- **na lokalitě bylo zjištěno riziko pro zdraví lidí.**

4.1 Doporučení cílových parametrů nápravných opatření

Cílový stav eliminace negativních vlivů znečištění je možno stanovit ve dvou rovinách:

- stanovení a zdůvodnění cílů nápravných opatření,
- odvození cílových parametrů.

V prvním případě se jedná o stanovení kvalitativních cílů, tzn. např. vlastní odstranění zdrojů kontaminace, zamezení šíření, omezení expozice apod. V druhém případě, používaném především při zjištění reálných rizik nebo při nedodržení legislativních požadavků, následuje kvantifikace cílů nápravných opatření, tzn. stanovení cílových limitů – "bezpečné" úrovně koncentrace škodlivin.

4.1.1 Stanovení a zdůvodnění cílů nápravných opatření

Na lokalitě byla zjištěna kontaminace uložených materiálů, zemin i podzemních vod, překračující hodnoty legislativních parametrů, indikátorů znečištění dle MP MŽP. Hodnocení rizik potvrdilo karcinogenní rizika ohrožení zdraví.

Zeminy/odpady nesplňují podmínky pro volné uložení na terén.

Z těchto důvodů byly cíle nápravných opatření stanoveny za účelem zlepšení nevyhovujícího stavu na lokalitě, zabránění dalšímu šíření znečištění a vyloučení expozice kontaminantům.

Jako cíle nápravných opatření na lokalitě lze stanovit:

- odstranění zdrojů kontaminace s rizikovou expozicí, eliminace nevhodného způsobu uložení odpadů
- omezení/vyloučení rizikové expozice dalším kontaminovaným materiálům,
- kontrolu dalšího vývoje a příp. šíření stávajícího znečištění.

Odstranění zdrojů kontaminace

Průzkumy bylo prokázáno znečištění uložených materiálů, zemin, i podzemních vod. Navíc se jedná o původně odpadní materiál, jehož kvality nesplňují podmínku volného uložení na terén, zde bez funkční spodní i svrchní izolační vrstvy. Odstranění kontaminace, alespoň té části, která způsobuje rizikovou expozici, se tak jeví jako jedna z možností pro další postupy nápravných opatření. Toto opatření lze uskutečnit např. vymístěním kontaminovaných materiálů a jejich uložením na vhodný a zabezpečený typ skládky.

Vyloučení rizikové expozice

Vzhledem k přítomnosti kontaminovaných materiálů a potvrzení zdravotních rizik z ní vyplývajících, je nezbytné této expozici zabránit. Zabránění expozice je možné technickou rekultivací dotčených pozemků, vyloučením rizikových expozic, příp. snížením úrovně kontaminace.

Kontrola dalšího vývoje znečištění

Na lokalitě bylo potvrzeno znečištění, zatím bez většího rozsahu šíření. Z toho důvodu je další informovanost o poměrech a jejich změně na lokalitě žádoucí, a kontrola dalšího vývoje znečištění, a jeho případného šíření nezbytná. Toto opatření je snadno realizovatelné a může spočívat např. v kontrolním monitoringu kvality podzemních vod.

4.1.2 Odvození cílových parametrů

Na lokalitě byla zjištěna karcinogenní zdravotní rizika v případě expozice materiálům kontaminovaným nad přijatelnou míru. Obecně lze těmto rizikům zabránit snížením úrovně kontaminace na přijatelnou hodnotu, tj. na koncentraci kontaminantu, která již rizika nevyvolává, tzv. cílového parametru.

Způsobem zpětného výpočtu, tj. porovnáním zjištěného rizika a stávající koncentrace kontaminantu, se hledá „bezpečná“ koncentrace kontaminantu, která toto riziko ještě nezpůsobí.

Pro zvolený expoziční scénář ***Pobyt na lokalitě*** bylo zjištěno karcinogenní riziko pro As $5{,}4.10^{-6}$, a pro benzo(a)pyren $3{,}3.10^{-6}$. Z toho důvodu byla vypočtena bezpečná koncentrace, ve srovnání s udávanou hodnotou 1.10^{-6}. Dodržení takto vypočtené koncentrace pak zaručí minimalizaci karcinogenního rizika na lokalitě.

Tabulka č. 4.1.2.1 uvádí vypočtenou “bezpečnou“ koncentraci As a benzo(a)pyrenu jako návrh CPS a jejich porovnání s hodnotami zjištěnými na lokalitě, a legislativně danými hodnotami.

Tabulka č. 4.1.2.1: Navržené cílové parametry sanace (CPS) pro As v zemině v mg/kg

Ukazatel	*Průměr zeminy*	*Maximum zeminy*	*Vypočtená bezpečná koncentrace*	*Navržené CPS*	*Vyhl.294/2005 Tab. 10.1.*	*IZ MP MŽP 1/2014*
As	14	27	5	**5**	10	2,4
Benzo(a)pyren	0,95	5,04	2	**2**	6	0,21

Zdůvodnění navržených CPS:

Vzhledem k vysoké rizikovosti karcinogenních kontaminantů odpovídá navržený CPS vypočtené bezpečné koncentraci.

Navržené CPS lze doporučit jako hodnoty pro zahájení/ukončení sanačních prací, příp. jako bezpečné hodnoty kontaminace na lokalitě, ve smyslu expozičního scénáře *Pobyt na lokalitě*, pro budoucí obyvatele.

Dále je nutné, ve smyslu expozičního scénáře *Stavební práce*, požadovat používání ochranných prostředků a pracovních pomůcek stavebními dělníky na lokalitě.

4.2 Doporučení postupu nápravných opatření

Pro splnění výše uvedených cílů nápravných opatření lze na lokalitě obecně využít dvě metody. Jedním z přístupů je aktivní sanační zásah, který bude zahrnovat odstranění kontaminace z lokality, tzn. sanace území např. odtěžbou kontaminovaného materiálu a jeho přepracováním, případně uložením na jiném, vhodně zabezpečeném místě.

Další možností je zabránění expozici kontaminovaným materiálům, doplněné o kontrolu dalšího vývoje znečištění na lokalitě.

V rámci doporučení nápravných opatření se vždy uvažuje i tzv. Nulová varianta – varianta ponechání lokality bez dalšího zásahu. Po posouzení vhodnosti použití Nulové varianty případně následuje návrh vlastních nápravných opatření.

4.2.1 Nulová varianta

„Nulová varianta“ představuje ponechání stávajícího stavu na lokalitě bez zásahu. V případě zjištěné kontaminace, která překračuje legislativní parametry nebo při které bylo zjištěno riziko pro zdraví lidí nebo ekosystémy, použití této varianty není vhodné. Při její realizaci zůstává stav na lokalitě beze změn, s potenciálním nebezpečím dalšího uvolňování a šíření znečištění, vč. přetrvávajících rizik.

V případě lokality Červený kopec se kromě obou výše uvedených skutečností navíc jedná o nevhodné uložení odpadů na volný terén, bez dalšího zabezpečení.

Nulová varianta nesplňuje žádný ze stanovených cílů nápravných opatření uvedených výše. Další nevýhodou této varianty je ponechání kontaminace na pozemcích vlastníků, což představuje snížení hodnoty jejich majetku, a omezení jakéhokoliv využití podzemních vod v budoucnu. Stejně tak je nevýhodou nulová informovanost o dalším vývoji znečištění.

Odhadované náklady: 0 Kč

Časový rozsah: žádný

Výhody metody:

- varianta bez investičních nákladů.

Nevýhody metody:

- metoda neřeší zjištěnou kontaminaci,
- nelze předpokládat úspěšné zamezení rizika ohrožení zdraví lidí v důsledku expozice toxickým i karcinogenním kontaminantů,
- nelze předpokládat úspěšné dosažení navržených cílových parametrů nápravných opatření,
- omezení vlastníka i okolních obyvatel ve využití lokality.

Z těchto důvodů byla Nulová varianta odmítnuta a dále jsou posuzovány další možnosti nápravných opatření.

4.2.2. Aktivní sanační zásah

Tato varianta spočívá v kompletním odstranění kontaminovaného materiálu uloženého na lokalitě, doplněným o případné sanační čerpání kontaminovaných podzemních vod. Varianta tak zahrnuje následující postupy:

- odtěžba kontaminovaného materiálu, resp. odstranění nevhodně umístěných odpadů,
- likvidace odtěženého materiálu na skládce vhodného zabezpečení,
- závoz výkopu inertním materiálem, hutnění a úprava terénu,
- sanační čerpání a čištění podzemních vod.

Kontaminace na lokalitě byla zjištěna na poměrně rozsáhlé ploše, a v hloubce až cca 10 m (uložení materiálu je ve vrstvě až 35 m, celkový objem uloženého materiálu v bývalém hliništi je odhadován na 150 000 až 200 000 m^3). Jedná se tak o značný objem historicky uložených a ve stávající době již částečně zhutnělých, odpadů. Nebylo potvrzeno výraznější šíření znečištění z lokality. Obtížná by byla nejen odtěžba a přeprava odpadů, ale též zavezení inertním materiálem, jeho hutnění a úprava terénu do stávající podoby. Uvažovaná výstavba obytných domů by byla obtížnější, vzhledem k neukotvení podloží.

S variantou jsou spojena i další případná rizika (prašnost při přepravě). Varianta sice řeší všechny uvedené cíle nápravných opatření, ale je značně neekonomická, a tím i neefektivní. K variantě je nutné doplnit i vhodný monitorovací systém umožňující sledování dalšího vývoje a šíření případného zbytkového znečištění.

Odhadované náklady: 200 - 400 mil. Kč

Časový rozsah: cca 2-3 roky + monitoring

Výhody metody:

- varianta řeší všechny uvedené nápravné cíle – kontaminaci lokality, vymístění odpadů, zabránění expozici (omezení rizik).

Nevýhody metody:

- realizace varianty přináší další rizika a nároky na zajištěné míst uložení kontaminovaného materiálu,
- jednoznačná neefektivnost z ekonomického hlediska.

Varianta aktivního sanačního zásahu byla odmítnuta, především vzhledem k její neefektivnosti, a technické, finanční a časové náročnosti. Dále jsou posuzovány další možnosti nápravných opatření.

4.2.3 Omezení expozice kontaminovaným materiálům

Zjištěná riziková expozice kontaminovaným zeminám/odpadům na lokalitě vyplývá z potvrzené kontaminace. Kromě celkového vymístění kontaminovaného materiálu, lze uvažovat i s variantou zabránění expozice. V případě skládek bez dalšího využití se volí překrytí a izolace tělesa skládky. Na lokalitě Červený kopec s plánovaným obytným využitím varianta omezení expozice spočívá v odstranění příslušné vrstvy kontaminovaného materiálu v takovém rozsahu, aby k expozici již nedocházelo.

Varianta předpokládá též náhradu odtěžených zemin vhodnějším materiálem, čímž dojde ke stabilizaci plochy a zamezení výraznějšímu pronikání srážek do tělesa skládky.

Tato varianta nápravných opatření má jako hlavní cíl omezení rizikové expozice, a částečně řeší i nevhodné uložení odpadů v terénu. Nápravná opatření této varianty by zahrnovala:

- odtěžbu svrchní vrstvy uložených materiálů,

- technické zabezpečení pro omezení průniku srážek,
- náhrada odtěžených zemin vhodnějším materiálem, úprava a vytvarování terénu.

Kromě odtěžené vrstvy zůstává kontaminovaný materiál sice na lokalitě, je však natolik zabezpečen, že budou zcela eliminována rizika s ním spojená.

K variantě je nutné doplnit vhodný monitorovací systém pro kontrolu provedených opatření, a sledování vývoje rozsahu a šíření zbytkového znečištění.

Odhadované náklady: 20 - 40 mil. Kč

Časový rozsah: cca 1/2 roku + monitoring

Výhody metody:

- varianta řeší 2 z výše uvedených nápravných cílů – nevhodné umístění odpadů a omezení rizikové expozice,
- realizace varianty nepřináší jiná výraznější rizika a nároky na zajištěné míst uložení kontaminovaného materiálu,

Varianta je realizovatelná v rámci plánované výstavby.

Nevýhody metody:

- kromě odstranění svrchní vrstvy, na lokalitě zůstává kontaminovaný materiál,
- je nutné dlouhodobé sledování lokality,
- částečné omezení vlastníka i okolních obyvatel ve využití lokality (dle rozsahu svrchní odtěžby).

Varianta omezení expozice představuje kompromisní řešení, splňující vytyčené cíle nápravných opatření s akceptovatelnými technickými, finančními i časovými nároky. Podmínkou je její dostatečný rozsah, a navazující monitoring vývoje znečištění a jeho šíření na lokalitě.

K realizaci stanovených cílů nápravných opatření doporučujeme Variantu omezení expozice, vč. navazujícího monitoringu znečištění.

4.3 Návrh rozsahu vybrané varianty a kontrolního monitoringu

Z výše uvedených variant byla jako vhodná k realizaci vybrána Varianta Omezení expozice. Varianta zahrnuje odtěžbu svrchní části zemin/odpadů, technické zabezpečení pro omezení průniku srážek, náhradu odtěžených zemin vhodnějším materiálem, úpravu a vytvarování terénu, a následný kontrolní monitoring.

Navržená Varianta omezení expozice předpokládá odstranění svrchní vrstvy materiálů v dostatečném rozsahu. Dle plánované výstavby a obytného využití území, doporučujeme odstranění minimálně 1m vrstvy materiálů, nejlépe 2 – 3 m, též dle modelace terénu. Takto mocná vrstva zabezpečí, že při běžném pobytu na lokalitě, vč. využití pozemků např. jako zahrad, nedojde k rizikové expozici.

Následně je nutné, jak v místě plošné odtěžby, tak v místě zakládání budov, provést taková technická opatření, aby nedocházelo k šíření kontaminace přes následně navezenou vrstvu inertního materiálu/ornice, resp. do základů budov.

Teprve po provedení těchto technických opatření lze na odtěžené plochy navést vhodný materiál, překrytý v poslední vrstvě ornicí. Tím bude zajištěna jak izolace od kontaminace, tak bezpečné využívání pozemků.

Bez výše uvedených opatření zůstává lokalita kontaminovanou a rizikovou, způsobující ohrožení zdraví lidí vlivem toxického i karcinogenního působení zjištěných kontaminantů.

Odtěžené zeminy/odpady budou roztříděny a budou odstraněny v příslušném zařízení pro nakládání s odpady. Je nutná jejich průběžná laboratorní analýza a porovnání s příslušnou odpadovou legislativou, pro určení způsobu jejich další likvidace (zabezpečené skládky).

Stavební dělníci provádějící jak technické práce, tak vlastní výstavbu obytných domů a infrastruktury a terénní úpravy, budou bezpodmínečně vybaveni ochrannými prostředky a pomůckami, především proti prašnosti a dermálnímu kontaktu, též proti výskytu methanu.

V průběhu realizace odtěžby, terénních úprav, i výstavby, doporučujeme provádět pravidelný monitoring kvality podzemní vody s četností 1 x 2 měsíce. Monitoring kvality podzemní vody navrhujeme provádět na stávajících vrtech a studnách, příp. i na dalších doplněných objektech. Monitoring podzemní vody bude prováděn minimálně na stanovení obsahů As, polyaromatických uhlovodíků PAU, uhlovodíků C_{10}-C_{40}, amonných iontů, fluoridů a chloridů.

V navrženém monitoringu doporučujeme pokračovat i v následujícím období po výstavbě a obydlení lokality. Celková délka sledování lokality se bude odvíjet od dosahovaných výsledků a jejich vyhodnocení. V případě nepotvrzeného šíření znečištění lze rozsah monitoringu postupně snižovat.

V rámci využití lokality je nezbytný zákaz čerpání a využívání podzemních vod z oblasti, a také omezení výkopových nebo terénních prací s ohledem na ponechané kontaminované materiály. Je nutné provést i opatření proti pronikání methanu.

Toto doporučujeme zakotvit do právního rámce města, např. v Územním plánu/Rozvojové studii oblasti. Budoucí uživatelé a majitelé pozemků v této oblastí by měli být o daných skutečnostech předem informováni.

5. ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Předmětem předložené práce bylo ověření aktuálního stavu kontaminace horninového prostředí a předběžné hodnocení rizika lokality v prostoru části bývalé (Kohnovy) cihelny v Brně – Štýřicích na lokalitě Červený kopec, kde se v minulosti nacházel povrchový lom, který byl zavezen různorodým odpadem včetně komunálního odpadu.

Pro zpracování předběžné analýzy rizika byly na lokalitě vybudovány 2 ks vystrojených hydrogeologických vrtů (do hloubky 12,0 až 20,0 m p.t.) a 5 ks nevystrojených vrtů (do hloubky 6,0 m p.t.).

Zhodnocení aktuálního stavu kontaminace horninového prostředí bylo výchozím podkladem pro hodnocení rizik, které bylo provedeno podle platného Metodického pokynu odboru ekologických škod MŽP – Analýza rizik kontaminovaného území z března 2011.

Těleso skládky je zdrojem kontaminace horninového prostředí, a to konkrétně arsenem, polyaromatickými uhlovodíky a ropnými uhlovodíky C_{10}-C_{40}. Na lokalitě byla zjištěna nízká vyluhovatelnost kontaminantů, především síranů srážkovou vodou do saturované zóny. Recipientem a erozivní bází území je tok řeky Svratky. Vzhledem k poloze zájmové lokality

ve svahu nad údolní nivou jsou podzemní vody studovaného prostoru dotovány srážkovými vodami, infiltrujícími i do skládkového tělesa a dále do horninového prostředí. V případě absence neogenních jílových sedimentů, pak podzemní vody pronikají do puklinového prostředí devonských bazálních klastik. Generelní směr proudění podzemní vody v zájmovém prostoru lze předpokládat za konformní se směrem sklonu terénu, tj. Z-V. Prostředí na lokalitě je aerobní, oxidační, přirozená atenuace ropných látek však může probíhat velmi omezeně, a to z důvodu nedostatku živin.

Na lokalitě bylo prokázáno překročení hodnot Vyhlášek č. 294/2005 Sb. (odpady), č. 252/2004 Sb. (podzemní vody) a Indikátorů znečištění dle MP 1/2014 (zeminy a podzemní vody). Z toho důvodu lze označit lokalitu za rizikovou s nutností řešení závadného stavu (MP MŽ 3/2011). Zeminy a materiály (odpady) nacházející se na lokalitě nelze využívat na povrchu terénu. Lze je ukládat na skládkách S-IO, vyjma materiálů/odpadů z prostoru odběru vzorku NV-13 (3-6 m). Analyzované vzorky splňují požadavky pro ukládání odpadů na skládkách S-OO1, S-OO2, S-OO3 a S-NO. Na lokalitě byl zjištěn vývin methanu kategorie b) – 2. stupeň, tj. stavba ohrožená.

Hodnocení rizik bylo provedeno pro vybrané kontaminanty As a benzo(a)pyren v zeminách/odpadech a podzemní vodě, pro 2 expoziční scénáře ***Stavební práce*** pro stavební dělníky, a ***Pobyt na lokalitě*** pro budoucí obyvatele plánované výstavby obytných domů. Hodnocená expozice zahrnovala inhalaci prachu, dermální kontakt i případné náhodné požití zemin/odpadů, a dermální kontakt s podzemní vodou při stavebních pracích.

Na lokalitě bylo potvrzeno zdravotní riziko pro budoucí obyvatele (expoziční scénář ***Pobyt na lokalitě*****), vyplývající ze stávající zátěže arsenem a benzo(a)pyrenem a dlouhodobé expozice.** Vzhledem k vyloučení ekosystémů v okolí lokality ze skupiny příjemců rizik, lze označit **ekologické riziko za zanedbatelné**.

Jako cíle nápravných opatření byly na lokalitě stanoveny: odstranění zdrojů kontaminace s rizikovou expozicí, eliminace nevhodného způsobu uložení odpadů, omezení/vyloučení rizikové expozice dalším kontaminovaným materiálům, a kontrola dalšího vývoje a příp. šíření stávajícího znečištění.

Způsobem zpětného výpočtu, tj. porovnáním zjištěného rizika a stávající koncentrace kontaminantu, byla orientačně zjištěna „bezpečná“ koncentrace kontaminantu, která toto riziko ještě nezpůsobí. Pro As s prům. obsahy na lokalitě 14 mg/kg a maximy 27 mg/kg tak byla určena hodnota 5 mg/kg, pro benzo(a)pyren s prům. obsahy na lokalitě 0,9 mg/kg a maximy 5 mg/kg to jsou 2 mg/kg.

Pro splnění výše uvedených cílů nápravných opatření byly na lokalitě navrženy a **prověřeny 3 Varianty řešení nápravných opatření: Aktivní sanační zásah, Omezení expozice, a Nulová varianta**. Nulová varianta byla vyloučena z důvodu nesplnění žádného z uvedených cílů nápravných opatření. Varianta aktivního sanačního zásahu, spočívající v odtěžbě a vymístění celého tělesa bývalé skládky a plochy po cihelně, byla vyloučena z důvodu neefektivnosti, a technické, časové i finanční náročnosti.

Jako **doporučená varianta byla zvolena Varianta omezení expozice**. Tato varianta nápravných opatření má jako hlavní cíl omezení rizikové expozice, a částečně řeší i nevhodné uložení odpadů v terénu. **Nápravná opatření této varianty by zahrnovala odtěžbu svrchní vrstvy uložených materiálů, technické zabezpečení pro omezení průniku srážek a šíření znečištění, likvidaci odtěžených materiálů odpovídajícím způsobem skládkování, náhradu odtěžených zemin vhodnějším materiálem, úpravu a vytvarování terénu.**

K variantě je nutné doplnit vhodný monitorovací systém pro kontrolu provedených opatření, a sledování vývoje rozsahu a šíření zbytkového znečištění.

Podmínkou výstavby na lokalitě jsou i další technická a správní opatření. Stavební dělníci provádějící jak technické práce, tak vlastní výstavbu obytných domů a infrastruktury a terénní úpravy, budou bezpodmínečně vybavení ochrannými prostředky a pomůckami, především proti prašnosti a dermálnímu kontaktu, též proti výskytu methanu.

V rámci využití lokality je nezbytný zákaz čerpání a využívání podzemních vod z oblasti, a také omezení výkopových nebo terénních prací s ohledem na ponechané kontaminované materiály v hlubších vrstvách. Je nutné provést i opatření proti pronikání methanu.

Toto doporučujeme zakotvit do právního rámce města, např. v Územním plánu/Rozvojové studii oblasti. Budoucí uživatelé a majitelé pozemků v této oblastí by měli být o daných skutečnostech předem informováni.

POUŽITÁ LITERATURA

Demek J., Mackovčin P. eds a kol.: Zeměpisný lexikon ČR. Hory a nížiny. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Brno, 2006.

Frýbová P. a kol.: IG a GF průzkum na lokalitě Červený kopec.- VENTIMIGLIA s.r.o., Brno, 2014

Jetel J.: Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech Ústřední ústav geologický, Praha, 1982.

Kalous J.: Lokalita Kejbaly a bývalá Kohnova cihelna – Územně plánovací podklad z hlediska ekologických zátěží a podklad pro generel průmyslu.- SEPARA-EKO spol. s r.o. Brno, září 1999.

Krásný J.: Klasifikace transmisivity a její použití.- Geologický průzkum, Praha, 1986.

Pelčák a partner architekti: Územní studie Červený kopec – část II, XI/2017

Pitter P. : Hydrochemie.- SNTL, Praha, 1981.

Quitt E.: Klimatické oblasti ČSSR.- Stud. geographica, Brno, 1971

Tolasz R. a kol.: Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav Praha, Univerzita Palackého v Olomouci, 2007.

Valtr V. : Brno – Bohunice – Kohnova cihelna – Zpráva o geofyzikálním průzkumu oblasti divoké skládky TKO.- Geofyzika Brno, 1998.

Zajíček R.: Brněnské cihelny – Štýřice – ekologický posudek.- ENVI-AQUA, s.r.o., Brno, leden 2000.

Věstník MŽP č. 9/2005: Metodický pokyn č. 13 MŽP pro průzkum kontaminovaného území.

Věstník MŽP č. 2/2007: Metodický pokyn MŽP Vzorkovací práce v sanační geologii.

Věstník MŽP č. 3/2008: Metodický pokyn č. 3 Odboru ekologických škod MŽP k řešení problematiky stanovení indikátoru možného znečištění ropnými látkami při sanacích kontaminovaných míst.

Věstník MŽP č.1/2014: Metodický pokyn č. 1 MŽP Indikátory znečištění.

Věstník MŽP č.3/2011: Metodický pokyn č. 1 Analýza rizik kontaminovaného území.

Vyhláška č. 18/2009 Sb. kterou se mění vyhláška č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek.

Vyhl. MZd č. 252/2004 Sb., ve znění 187/2005 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Vyhláška č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění

Vyhláška MZd č. 252/2004 Sb., ve znění 187/2005 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Vyhláška č. 5/2011 Sb. o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 185/2001 Sb. - Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Archiv Geofond www.geology.cz

Mapové servery www.geology.cz, www.vuv.cz, www.cuzk.cz

CENIA a Ministerstvo životního prostředí

wikipedie.cz

www.brno.cz

www.irz.cz

www.epa.gov

arnika.org/fluoridy

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

AAR	aktualizovaná analýza rizik
AKMZ	aktualizovaný koncepční model znečištění
AR	analýza rizik
BaP	benzo(a)pyren
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
Bpv	Balt po vyrovnání
BTEX	aromatické uhlovodíky (benzen, toluen, ethylbenzen, xyleny)
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČIA	Český institut pro akreditaci
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ClU	chlorované uhlovodíky
CN^-	kyanidy
CPS	cílový parametr sanace
ČSN	Česká státní norma
DCE	dichlorethylen (popř. 1,2-cis DCE)
EPNO	evidence přepravy nebezpečných odpadů
FN	fenoly
GPS	globální souřadnicový systém
HPV	hladina podzemní vody
CHOPAV	Chráněná oblast přirozené akumulace vod
IZ	indikátor znečištění
KÚ	krajský úřad
MF	Ministerstvo financí
MP	metodický pokyn
MZd	Ministerstvo zdravotnictví
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NEK	norma environmentální kvality
NEL	nepolární extrahovatelné látky
NO	nebezpečný (odpad)
NPP	národní přírodní památka
NV	nařízení vlády
OI	oblastní inspektorát
OkÚ	okresní úřad
OOP	osobní ochranné prostředky
OOV	oddělení ochrany vod
pAR	předběžná analýza rizik
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
PCE	perchlorethylen (tetrachlorethylen, tetrachlorethen)
PHO	pásmo hygienické ochrany
PK	prioritní kontaminanty
PKMZ	předběžný koncepční model znečištění
RL	ropné látky (ropa a její destilační frakce)
RU	ropné uhlovodíky (bez rozlišení)
SEKM	systém evidence kontaminovaných míst
S-JTSK	systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SOP	standardní operační postup
TCE	trichlorethylen
TK	stopové (těžké) kovy
ÚPmB	územní plán města Brna
ÚSES	územní systém ekologické stability

VCE	vinylchlorid
VKP	významný krajinný prvek
ZCHR	základní chemický rozbor
ZPO	základní popis odpadu