OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ | EVROPSKÁ UNIE Fond soudržnosti | Pro vodu, vzduch a přírodu

EKOMONITOR

MĚSTO KOPŘIVNICE

Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici

Analýza rizik

Lokalita 1 – U Benčáku

(Zakázkové číslo: 4542 10 013)

Výtisk č. 1 / 7

Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.

září 2011

Základní údaje:

Smlouva o dílo č. 4/2010/OŽP

Zakázkové číslo zhotovitele: **4542 10 013**

Název akce: **Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici**

Lokalita 1 – U Benčáku

Objednatel: **město Kopřivnice**
Štefánikova 1163
742 21 Kopřivnice

IČO: 00298077
DIČ: CZ00298077

Odpovědný zástupce : Ing. Josef Jalůvka
starosta města

Kontaktní osoba : Ing. Hynek Rulíšek
vedoucí odboru životního prostředí

Telefonní spojení : +420 556 879 780
E-mail: ziv.prostredi@koprivnice.cz

Zhotovitel : **Sdružení „Kopřivnice (II)“**

(Sdružení firem Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., BIOANALYTIKA CZ, s.r.o. a Josef Kroutil)
Zastoupené vedoucím účastníkem sdružení Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.

Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.
Píšťovy 820, 537 01 Chrudim III.

zapsaná v obchodním rejstříku ve vložce C

č. 1036 Krajského soudu v Hradci Králové

IČO : 15053695
DIČ : CZ15053695

Bankovní spojení: ČSOB Chrudim
Číslo účtu: 272199033/0300

Zástupce ve věcech smluvních a technických: Mgr. Pavel Vančura
mobilní tel. : +420 602 460 994
e-mail : vancura@ekomonitor.cz

Odpovědný řešitel: Ing. Josef Drahokoupil
mobilní tel. : +420 602 460 991
E-mail : drahokoupil@ekomonitor.cz

Koordinátor projektu:	Ing. Petr Kubizňák mobilní tel. : +420 602 121 308 e-mail : kubiznak@ekomonitor.cz
Řešitelé:	Mgr. Vojtěch Dobiáš Ing. Petr Kubizňák Mgr. Lucie Potočárová Mgr. Zuzana Trojanová Ing. Dagmar Bartošová
Telefonní spojení společnosti :	+420 469 682 303-5
Faxové spojení společnosti :	+420 469 682 310
E-mail:	ekomonitor@ekomonitor.cz

Datum: **15. 9. 2011**

Ing. Josef Drahokoupil
odpovědný řešitel

Vodní zdroje Ekomonitor
spol. s r.o.
Píšťovy 820, 537 01 Chrudim III
tel.: 469 682 303-5 fax: 469 682 3
IČO: 150 53 695 DIČ: CZ150536

Mgr. Pavel Vančura
statutární zástupce

Rozdělovník :

Výtisk č. 1 až 6:	město Kopřivnice
Výtisk č. 7:	Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.

Seznam příloh: **7**
Úvod **9**
1. Údaje o území **11**
1. 1. Všeobecné údaje 11
1.1.1. Geografické vymezení území 11
1.1.2. Stávající a plánované využití území 11
1.1.3. Základní charakterizace obydlenosti území 13
1.1.4. Majetkoprávní vztahy 13
1. 2. Přírodní poměry zájmového území 14
1.2.1. Geomorfologické a klimatické poměry 14
1.2.2. Geologické poměry 14
1.2.3. Hydrogeologické poměry 16
1.2.4. Hydrologické poměry 17
1.2.5. Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě 17
2. Průzkumné práce **19**
2.1. Dosavadní prozkoumanost území 19
2.1.1. Základní výsledky dřívějších průzkumných prací na lokalitě 19
2.1.2. Přehled zdrojů znečištění 22
2.1.3. Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů 22
2.1.4. Předběžný koncepční model znečištěni 22
2.2. Aktuální průzkumné práce 23
2.2.1. Metodika a rozsah průzkumných a analytických prací 23
2.2.1.1. Geofyzikální průzkum 24
2.2.1.3. Vzorkařské práce 27
2.2.1.4. Metodika a rozsah laboratorních analýz 30
2.2.1.5. Hydrodynamické expresní zkoušky 32
2.2.1.5.1. Základní údaje, cíle HDZ 32
2.2.1.5.2. Specifikace objektů pro HDZ 32
2.2.1.5.3. Technické podmínky realizace HDZ 33
2.2.1.5.4. Postup realizace HDZ 33
2.2.1.5.5. Kontrolní činnost 33
2.2.2. Výsledky průzkumných prací 34
2.2.2.1. Interpretace geofyzikálních měření 34
2.2.2.2. Provedené vrtné práce 36
2.2.2.3. Výsledky laboratorních analýz 39
2.2.2.5. Geodetické zaměření 48
2.2.3. Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění 48
2.2.4. Posouzení šíření znečištění 52
2.2.4.1. Šíření znečištění v nesaturované zóně 52
2.2.4.2. Šíření znečištění v saturované zóně 55
2.2.4.3. Šíření znečištění povrchovými vodami 59
2.2.4.4. Charakteristika vývoje znečištění z hlediska procesů přirozené atenuace 59
2.2.5. Shrnutí šíření a vývoje znečištění 62
2.2.6. Omezení a nejistoty 63
3. Hodnocení rizika **64**
3.1. Identifikace rizik 64
3.1.1. Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů 64
3.1.2. Základní charakteristika příjemců rizik 64
3.1.3. Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice (aktualizovaný koncepční model) 65
3.1.3.1 Výčet reálných expozičních scénářů 65
3.1.3.2 Výpočet expozičních koncentrací podle jednotlivých expozičních cest 66
3.2. Hodnocení zdravotních rizik 67
3.2.1. Hodnocení expozice 67
3.2.2. Odhad zdravotních rizik 71

3.3. Hodnocení ekologických rizik 76
3.4. Shrnutí celkového rizika 77
3.5. Omezení a nejistoty 77
4. Doporučení nápravných opatření 79
4.1. Doporučení cílových parametrů nápravných opatření 79
4.2. Doporučení postupu nápravných opatření 79
5. Závěr a doporučení 82
Použitá literatura 85

Seznam příloh:

Příloha č. 1: Situace zájmového území
Příloha č. 2: Geologické poměry
Příloha č. 3: Vodohospodářské poměry
Příloha č. 4: Situace zájmové lokality na podkladě základní mapy 1 : 10 000
Příloha č. 5: Majetkové poměry
Příloha č. 6: Situace vrtných a průzkumných prací na podkladě leteckého snímku
Příloha č. 7.1: Situace magnetometrických měření na podkladě leteckého snímku
Příloha č. 7.2: Seismické hloubkové a rychlostní řezy na profilech P1, P300 (Z-V) a P300 (J-S)
Příloha č. 7.3: Výsledky odporové tomografie na profilech P300 (J-S) a P300 (Z-V)
Příloha č. 7.4: Výsledky odporové tomografie na profilu P200 (Z-V)
Příloha č. 8: Geologická dokumentace vrtných prací
Příloha č. 9.1.1: Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin
Příloha č. 9.1.2: Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin
Příloha č. 9.1.3: Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin
Příloha č. 9.2: Výsledky laboratorních analýz vzorků podzemních vod
Příloha č. 9.3: Odběr vzorků podzemních vod a terénní měření
Příloha č. 9.4: Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchových vod
Příloha č. 9.5: Výsledky laboratorních stanovení třídy vyluhovatelnosti
Příloha č. 9.6: Výsledky laboratorního stanovení ekotoxicity
Příloha č. 9.7: Výsledky laboratorního stanovení sušiny a TOC
Příloha č. 9.8: Výsledky laboratorního stanovení obsahu pesticidů
Příloha č. 9.9: Odběr vzorku povrchové vody
Příloha č. 9.10: Přehledná situace výsledků laboratorních analýz na podkladě leteckého snímku
Příloha č. 10: Digitální model terénu na podkladě leteckého snímku
Příloha č. 11: Situace proudového pole podzemní vody v kvartérním kolektoru
Příloha č. 12: Model mocnosti navážky v metrech od terénu
Příloha č. 13: Územní plán města Kopřivnice - výřez zájmové oblasti
Příloha č. 14: Variantní řešení pro monitoring podzemních vod
Příloha č. 15: Vyhodnocení hydrodynamických zkoušek na hydrogeologickém vrtu HG1-4
Příloha č. 16: Evidenční list geologických prací
Příloha č. 17: Toxikologické vlastnosti prioritních kontaminantů
Příloha č. 18: Protokol o geodetickém zaměření objektů
Příloha č. 19: Fotodokumentace
Příloha č. 20: Doklady o odstranění odpadů vzniklých v rámci průzkumných prací
Příloha č. 21: Certifikáty laboratorních analýz

Přehled použitých zkratek:

Σ	suma
ClU	těkavé chlorované alifatické uhlovodíky
TOL	těkavé organické látky
BTEX	monocyklické aromatické uhlovodíky nehalogenované - benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny
Uhlovodíky C_{10}–C_{40}	uhlovodíky obsahující 10 až 40 uhlíkových atomů v molekule
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
TOC	celkový organický uhlík
Cl^-	chloridy
NO_2^-	dusitany
NH_4^+	amonné ionty
Fe, Fe^{2+}, Fe^{3+}	železo, železo dvojmocné, železo trojmocné
Mn^{2+}	mangan dvojmocný
$CHSK_{Mn}$	chemická spotřeba kyslíku - manganistanová metoda
TK	těžké kovy
As	arsen
Cd	kadmium
Cr_{celk}	chrom celkový
Cr^{6+}	chrom šestimocný
Cu	měď
Hg	rtuť
Ni	nikl
Pb	olovo
Zn	zinek
V	vanad
MP	metodický pokyn
HDZ	hydrodynamické zkoušky
ČZ	čerpací zkouška
SZ	stoupací zkouška
OEŠ	odbor ekologických škod
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
LV	list vlastnictví
U.S. EPA	agentura životního prostředí USA

Úvod

Nástin problematiky, předmět zakázky

Na základě smlouvy o dílo č. 4/2010/OŽP na zpracování projektu města Kopřivnice „Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici“ mezi objednatelem, městem Kopřivnice, a zhotovitelem, Sdružením „Kopřivnice (II)“ (Sdružení firem Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., BIOANALYTIKA CZ, s.r.o. a Josef Kroutil, zastoupeném vedoucím účastníkem sdružení Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.), zpracoval jmenovaný zhotovitel předloženou analýzu rizik.

Metodika průzkumných prací vycházela z projektové dokumentace zpracované společností UNIGEO a.s., Ostrava ze srpna 2008. Předmětem průzkumných prací byl podrobný geologický průzkum lokality, zaměřený na určení rozsahu tělesa skládky a jeho složení a analýza rizik, jejíž součástí je posouzení vlivu deponovaných materiálů na životní prostředí a zdraví obyvatel.

Riziková analýza byla zpracována v souladu se Zadávací dokumentací, podmínkami Operačního programu Životní prostředí, Oblast podpory 4.2 – Odstraňování starých ekologických zátěží a v souladu se závazným stanoviskem, vydaným dne 17.9.2008 pod č.j.: 60402/ENV/08. Analýza rizik byla dále vypracována ve smyslu Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí České republiky č. 12 ze září 2005 (Metodický pokyn MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území).

Předmětem díla, které bylo technicky definováno zpracovanými podklady a podrobněji vymezeno podmínkami v textové části zadávací dokumentace a výkazem výměr bylo:

- Zpracování prováděcí projektové dokumentace.
  K prováděcí projektové dokumentaci bylo dne 6.8.2010 vydáno souhlasné stanovisko OEŠ MŽP pod č.j. 67574/ENV/10.
- Geofyzikální průzkum.
- Vrtné práce.
- Vzorkařské a terénní práce.
- Laboratorní analýzy.
- Geodetické práce.
- Zpracování analýzy rizik pro dané území.

Realizační tým zhotovitele, přehled subdodavatelů

Pro řešení zakázky v rozsahu byl zhotovitelem sestaven následující realizační tým:

Vodní zdroje Ekomonitor spol. spol. s r.o.

Odpovědný (statutární) zástupce:	Mgr. Pavel Vančura Ing. Miloš Čmelík Ing. Jiří Vala Ing. Josef Drahokoupil
Koordinátor projektu :	Ing. Petr Kubizňák

Řešitelé: Mgr. Vojtěch Dobiáš
Ing. Petr Kubizňák
Ing. Dagmar Bartošová
Mgr. Zuzana Trojanová
Mgr. Lucie Potočárová

Nositel odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oborech hydrogeologie a geologické práce – sanace (odpovědný řešitel):
Ing. Josef Drahokoupil

Vzorkovací a měřičské práce: kolektiv pracovníků pod vedením Bc. Jaromíra Hrachoviny – vedoucího vzorkovací skupiny

BIOANALYTIKA CZ, s.r.o.

Laboratorní analýzy:

Kolektiv pracovníků pod vedením Ing. Evy Novotné, vedoucí zkušební laboratoře a jednatelky společnosti

Josef Kroutil

Vrtné práce:

Kolektiv pracovníků pod vedením p. Josefa Kroutila, majitele firmy.

Na plnění předmětu zakázky se dále podílely i další pracovníci výše uvedených společností.

V rámci zpracování analýzy rizik byly zhotovitelem k subdodavatelským pracím využity subjekty uvedené v následující tabulce.

Tabulka č. 1: Přehled subdodavatelů

Pořadové číslo subdodavatele	Subdodavatel (obchodní firma nebo název/ obchodní firma nebo jméno a příjmení)	IČ (identifikační číslo)	Věcný podíl subdodavatele na plnění veřejné zakázky
1	GEONIKA, s.r.o.	48111767	Geofyzikální práce
2	Laboratoř M O R AV A s.r.o.	25399951	Akreditované laboratorní analýzy dle příslušných platných norem
3	Geodézie Krkonoše s.r.o.	49813081	Geodetické práce
4	GEOSTAR spol. s r.o.	13690337	Geologické práce a laboratorní analýzy dle příslušných platných norem

V rámci prováděných geologických prací byly provedené práce na předmětné lokalitě zaevidovány u České geologické služby – Geofondu ČR pod č. **2112/2010**.

Na základě zpracované analýzy rizik byla tato lokalita v databázi **SEKM** zaevidována pod **identifikačním číslem 6939011**.

1. Údaje o území

1. 1. Všeobecné údaje

1.1.1. Geografické vymezení území

Na základě geofyzikálního průzkumu na lokalitě č. 1 - U Benčáku bylo v srpnu 2010 zjištěno, že se skládkové těleso na místě, určeném zadávací dokumentací, nenachází. Z výsledků měření totálního vektoru magnetického pole byla tato lokalita označena jako rostlý terén. Při orientačním měření směrem k silnici spojující Kopřivnici – Štramberk byly identickou metodou naměřeny výrazné magnetické anomálie. Tato nová plocha, vzdálená od původně vymezené lokality, byla následně systematicky proměřena. Bylo zjištěno, že se jedná o plochu minimálně 8krát rozlehlejší než původně vymezené zájmové území (4 200 m^2 vs. 36 000 m^2). Na základě výsledků vrtných prací a korelace s výsledky geofyzikálního průzkumu byla tato plocha dále navýšena na výsledných 56 200 m^2.

Tato nově vymezená zájmová lokalita se nachází v západní části katastrálního území města Kopřivnice, přesněji 1,6 km severozápadně od kostela sv. Bartoloměje v centru města a cca 0,8 km severně od vrcholu Bílé hory.

Skládka je situována na poli v bezprostřední blízkosti silnice spojující Kopřivnici se Štramberkem na sz. okraji města, přičemž od komunikace se rozkládá ve směru k obci Závišice. Terén se na lokalitě obecně svažuje k SZ. Na vzdálenosti 250 m nadmořská výška klesá z 350 m n. m. na úrovni silnice na hodnotu okolo 330 m n. m. na sz. cípu předpokládaného rozsahu skládky. Při pohledu na lokalitu z odstupu je zřejmá mírná elevace, kterou skládkový materiál a navezená ornice tvoří. Ač je vyvýšení materiálů mírné a plynulé, způsobuje, že od silnice není volný průhled na SZ do údolí.

Situace zájmového území je graficky znázorněna **v přílohách č. 1** a **č. 4.** Fotodokumentace je součástí **přílohy č. 19**.

Správní zařazení zájmového území je uvedeno v tabulce č. 2:

Tabulka č. 2: Správní zařazení zájmového území

Kraj	Moravskoslezský
Okres	Nový Jičín
Obec s rozšířenou působností	Kopřivnice
Obec s pověřeným obecním úřadem	Kopřivnice

1.1.2. Stávající a plánované využití území

Územní plán města Kopřivnice byl vydán Zastupitelstvem města Kopřivnice na jeho 21. zasedání, konaném dne 17. 9. 2009, usnesením č. 437, účinnosti nabyl 6. 10. 2009 (pod č. jedn.:19/2009/SÚP&51852/2009/kvito). Podle výše uvedeného územního plánu jsou pozemky zahrnující prostor bývalé skládky zařazeny do plochy NZ (neurbanizované -

zemědělské pozemky). Změna funkčního využití předmětných pozemků se do budoucna nepředpokládá.

Severní cíp skládky sousedí s jejím původním vymezením v zadávací dokumentaci. Na severozápad od skládky se nachází pozemky zařazené do plochy NS (neurbanizované-smíšené) a NZ (neurbanizované-lesní) – les zvaný Benčák. Tento les je zároveň klasifikován jako lokální prvek ÚSES – lokální biocentrum Kopřivnice 3. Jižní část skládky zasahuje do plochy ZO (zeleň-ochranná), která se táhne v šířce několika málo m podél pravé strany komunikace Kopřivnice-Štramberk. Za touto komunikací jižně až jihovýchodně je plocha určená k rekreačním účelům (RZ – rekreace individuální –zahrádky). V těsné blízkosti východního cípu skládky jsou pozemky určené pro výstavbu individuálního bydlení v rodinných domech příměstského až městského typu (zastavitelná plocha Z32, 5,95 ha). Tyto pozemky se však stejně jako pozemky se zahrádkami nacházejí proti směru proudění podzemních vod od posuzované lokality. V oblasti zahrádek se nachází studna ST-1, která je využívaná pro závlahu.

Výřez hlavního výkresu územního plánu je uveden v **příloze č. 13**.

Přehled stávajícího a plánovaného využití kontaminovaného území a přilehlého okolí

Pozemky zahrnující vlastní plochu skládky jsou v současné době využívány k pěstování kulturních plodin (v roce 2010 byl využit k pěstování kukuřice). Změna využití těchto pozemků se do budoucna nepředpokládá. Jižně a jihovýchodně od skládky, za silnicí Kopřivnice-Štramberk jsou zahrádkářské kolonie (které ovšem nejsou migrací kontaminace ze skládky ohroženy, nacházejí se proti směru proudění podzemních vod), stejně jako nová obytná zástavba východně od posuzované lokality. Ve směru proudění podzemních vod se nejbližší souvislá obytná zástavba nachází cca 1,5 km severozápadně (obec Závišice), vzhledem k morfologii terénu však tato zástavba také není ohrožena. Ostatní okolní pozemky jsou využívány k zemědělským účelům, severozápadním směrem se nachází les Benčák.

Ochrana přírody a krajiny

Nejbližším velkoplošným chráněným územím je CHKO Beskydy, jejíž hranice se nachází necelých 8 km jižně až jihovýchodně od zájmové lokality. Nejbližšími maloplošně chráněnými územími jsou NPP Šipka (vápencové skalky s archeologickými nálezy ve Štramberku), PP Váňův kámen na úbočí Bílé hory a PP Travertinová kaskáda v Tiché.

Jižní a částečně východní a západní část lokality je součástí přírodního parku Podbeskydí (jeho území o rozloze 12 800 ha pokrývá dřívější tzv. oblasti klidu Červený kámen a Kojetín).

Na území Kopřivnice byly nařízením vlády č. 371/2009 Sb. zařazeny do seznamu Evropsky významných lokalit soustavy NATURA 2000 dvě lokality. Jedná se o lokalitu Červený kámen, která zahrnuje území vrchu „Pískovna“ a části lesních komplexů severního svahu Červeného kamene a dále o lokalitu Štramberk, která mimo jiné zahrnuje území Bílé hory.

Zhruba 50 m severozápadně od severního cípu lokality se nachází lokální prvek ÚSES – lokální biocentrum Kopřivnice 3 (funkční, rozloha 8,2 ha, druh pozemku-lesní, v severní části smrky, borovice, v jižní části dub, jasan, lípa, klen, mléč).

Ochrana vodních zdrojů

Lokalita nezasahuje do ochranných pásem vodních zdrojů ani se v její blízkosti ochranná pásma vodních zdrojů nevyskytují.

1.1.3. Základní charakterizace obydlenosti území

Kopřivnice se nachází v Moravskoslezském kraji, okrese Nový Jičín. V Kopřivnici bylo k datu 31. 12. 2010 evidováno 22 892 obyvatel, z čehož bylo 49,18 % mužů (11 259) a 50,82 % žen (11 633). Průměrný věk obyvatelstva je 38,6 let (muži 37,4 let, ženy 39,7 let).

Město Kopřivnice zahrnuje Kopřivnici a 3 místní části - Lubina, Mniší a Vlčovice, do správního obvodu města Kopřivnice jako obce s rozšířenou působností dále patří města Štramberk a Příbor a obce Kateřinice, Mošnov, Petřvald, Skotnice, Trnávka, Závišice a Ženklava.

Lokalita je volně přístupná, je zde tedy možný volný pohyb osob, nicméně těleso skládky není v současnosti v terénu jasně patrné s výjimkou výnosu odpadů na povrch terénu vlivem zemědělského obdělávání pozemků, pohyb osob na vlastní ploše skládky lze označit pouze za nahodilý (náhodní návštěvníci, případně obsluha zemědělských strojů při obdělávání pozemků). Nejbližší souvislá obytná zástavba ve směru proudění podzemních vod se nachází více než 1 500 m severozápadním směrem (obec Závišice).

1.1.4. Majetkoprávní vztahy

V následující tabulce č. 3 jsou uvedeny majetkoprávní vztahy pozemků v předmětném území. Všechny pozemky se nacházejí v katastrálním území 669393 Kopřivnice.

Tabulka č. 3: Majetkoprávní vztahy

Parcelní číslo	Výměra (m^2)	Druh pozemku	LV	Vlastník	Adresa
3371/20	1 450	Ostatní plocha	10001	Město Kopřivnice	Štefánikova 1163/12, Kopřivnice, 742 21
3384/21	14 378	Orná půda	802	Milada Hrčková	Sedlákova 516/37, Brno, Stránice, 602 00
3397/3	19 078	Orná půda	802	Milada Hrčková	Sedlákova 516/37, Brno, Stránice, 602 00
3397/5	12 333	Orná půda	2997	Karel Váňa 1/3 Ing. Karel Váňa 1/3 Helena Váňová 1/3	Zauličí 417, Štramberk, 742 66 Zauličí 189, Štramberk, 742 66 Zauličí 417, Štramberk, 742 66
3397/6	11 014	Orná půda	2954	Karel Drlík	Javorová 764/3, Kopřivnice, 742 21
3397/7	1 483	Orná půda	3545	Svatopluk Klimeš	Novojičínská 967, Štramberk, 742 66
3397/8	1 496	Orná půda	3545	Svatopluk Klimeš	Novojičínská 967, Štramberk, 742 66
3397/9	4 189	Orná půda	3545	Svatopluk Klimeš	Novojičínská 967, Štramberk, 742 66
3397/10	9 215	Orná půda	402	Eduard Pustka	Ženklava 41, Ženklava, 742 67
3397/30	6 404	Orná půda	5150	Ing. Jana Kanderková	Vlčovice 6, Kopřivnice, Vlčovice, 742 21
3397/31	6 125	Orná půda	6125	Milan Špaček	Boženy Němcové 969, Kopřivnice, 742 21
3397/32	2 319	Orná půda	811	Jana Debnárová 1/3 Jaromír Najvar 1/3 Zdeňka Seibertová 1/3	Zauličí 343, Štramberk, 742 66 Kopec 47, Štramberk, 742 66 Dělnická 520/53, Kopřivnice, 742 21
3397/33	4 192	Orná půda	811	Jana Debnárová 1/3 Jaromír Najvar 1/3 Zdeňka Seibertová 1/3	Zauličí 343, Štramberk, 742 66 Kopec 47, Štramberk, 742 66 Dělnická 520/53, Kopřivnice, 742 21

Parcelní číslo	Výměra (m^2)	Druh pozemku	LV	Vlastník	Adresa
3397/34	2 484	Orná půda	5150	Ing. Jana Kanderková	Vlčovice 6, Kopřivnice, Vlčovice, 742 21

Katastrální mapa zájmového území na podkladu leteckého snímku je uvedena v **příloze č. 5.**

1. 2. Přírodní poměry zájmového území

1.2.1. Geomorfologické a klimatické poměry

Zájmová lokalita je podle Demka **[1]** součástí geomorfologického okrsku Libhošťská pahorkatina, která spadá do podcelku Příborská pahorkatina, celku Podbeskydská pahorkatina, která je součástí oblasti Západobeskydské podhůří v subprovincii Vnější Západní Karpaty a provincii Západní Karpaty. Regionálně spadá území do Alpsko-himalájského systému. Libhošťská pahorkatina se nachází ve střední části Příborské pahorkatiny. Jedná se o plochou pahorkatinu úpatního typu. Vyskytují se zde flyšové jílovce, jíly, pískovce slezského a žďánicko-podslezského příkrovu, dále pak vyvřeliny těšínitů, miocenní sedimenty a glacilakustrinní sedimenty sálského zalednění. Oblast je charakteristická svým erozně denudačním reliéfem s výraznými suky na odolnějších horninách, periglaciálními tvary, říčními terasami a širokými údolními nivami. Typická je také nízká míra zalesnění v tomto geomorfologickém okrsku, mezi lesními porosty pak převažují smrkové kultury.

Podle Quitta **[2]** je zájmová lokalita součástí mírně teplé klimatické oblasti MT9. Průměrná červencová teplota dosahuje 17–18 °C, průměrná lednová teplota je −3 až −4 °C. Po období 140–160 dní v roce se průměrná denní teplota vyskytuje nad hodnotou 10 °C, 110–130 dní je teplota pod bodem mrazu. Sněhová pokrývka se v průměru drží na zemském povrchu po dobu 60–80 dní v roce. Úhrn srážek dosahuje hodnoty 650–750 mm/rok, přičemž většina srážek spadne ve vegetačním období (400–450 mm), v zimním období spadne v průměru 250–300 mm.

1.2.2. Geologické poměry

Zájmová oblast se z pohledu regionální geologie nachází ve flyšovém pásmu Vnějších Západních Karpat. Horniny flyšového pásma jsou tvořeny příkrovy slezské a podslezské jednotky, které jsou nasunuty na autochtonní výplň miocenní předhlubně a dále na varijské podloží, které je tvořeno horninami Českého masívu.

Varijské podloží je tvořeno hrušovickými vrstvami (namur A) svrchního karbonu v ostravském souvrství. Povrch těchto sedimentů (pískovce) se nalézá na úrovni cca 300 m n. m. Karbonské horniny jsou překryty horninami vněkarpatských příkrovů.

Vněkarpatské příkrovy jsou zastoupeny frýdeckými vrstvami stupně turon–maastricht (svrchní křída) spadající do podslezské jednotky a dále souvrstvím bašským (stupeň apt–alb spodní křídy) a těšínsko-hradišťským (chlebovické vrstvy; apt–alb spodní křídy), které jsou součástí slezské jednotky.

Frýdecké vrstvy jsou zastoupeny šedými vápnitými jílovci a občasným výskytem pískovců a slepenců. Bašské souvrství tvoří převážně pískovce, silicity, vápence a jílovce, přičemž horninami těšínsko-hradišťských vrstev jsou jílovce, pískovce, slepence a vápence.

Jihozápadně od města Kopřivnice se nachází oblast štramberských vápenců - blokové akumulace vápenců, která spadá do svrchní jury až spodní křídy.

Mezozoické horniny vycházejí místy na povrch ve formě výchozů v oblastech elevací, většinou však zůstávají překryty kvartérním pokryvem, který dosahuje proměnlivé mocnosti.

Kvartérní pokryv je reprezentován glacifluviálními písky a štěrky sálského zalednění (střední pleistocén) na většině plochy intravilánu města Kopřivnice, ke kterým se na S přidávají eolické sprašové hlíny svrchního pleistocénu. Na V a SV od města se ve směru JJV-SSZ táhne pruh střednopleistocenních proluviálních štěrků, které jsou místy překryty eolickými sedimenty. Severozápadně od obydlené části města Kopřivnice směrem k obci Závišice a severovýchodně od obce Větřkovice se rozkládá oblast glacilakustrinních a lakustrinních sedimentů středního pleistocénu, zastoupená především šedými jíly, místy s příměsí písku. Zbývající typy kvartérních uloženin doplňují deluviální sedimenty (hlína, kameny), nejvíce zastoupené východně od města na svazích za řekou Lubinou a dále fluviální sedimenty vázané na genezi koryta řeky Lubiny a jejích přítoků. Jedná se především o nivní hlíny, písky a štěrky.

Přirozený vrstevní sled sedimentů je místy narušen antropogenní aktivitou ve formě deponace navážek, což je případ skládky U Benčáku. Zájmová lokalita se nachází v oblasti glacifluviálních písků a štěrků středního pleistocénu, částečně svým sz. cípem zasahuje také do lakustrinních písků a jílů. S ohledem na současné zemědělské využití plochy nebylo možné v měsíci září 2010 vybudovat na lokalitě nevystrojený závrt, který měl sloužit pro korelaci geofyzikálního měření. Z tohoto důvodu byly veškeré vrtné práce odloženy na měsíc říjen 2010. Pro aproximaci geologického profilu byly využity údaje o mapovacím vrtu 12 (primární dokumentace Geofondu GF V039727, rok 1969), který byl situován cca 230 m sv. směrem od předpokládaného středu skládky. Hloubka vrtu byla 14 m a geologický profil vrtu je uveden v následujícím výčtu:

0,0–0,4	kvartér	ornice, barva hnědá
0,4–2,7	kvartér	ulehlá hlína, morénová, barva rezavá, hnědá, šedá
2,7–3,9	kvartér	jílovitá hlína, barva šedá, příměs štěrku
3,9–12,0	kvartér	hlinito-jílovitý až písčitý sediment, skvrnitý, barva hnědošedá, příměs štěrku
12,0–14,0	kvartér	jílovitá hlína, vápnitá, barva šedá, příměs štěrku

Upřesnění lokálních geologických poměrů zájmové lokality na základě výsledků provedených průzkumných prací

Geologický profil průzkumných nevystrojených sond a vystrojených hydrogeologických vrtů je v nejsvrchnějších partiích (max. do 0,5 m) tvořen humózní vrstvou a hlínou. V hydrogeologických vrtech je pod humózní vrstvou navážka, kromě hydrogeologického vrtu HG1-4, kde je kvartérní jíl s vysokou plasticitou. Pod těmito vrstvami byl zastižen křídový, mírně zvětralý jílovec.

V nevystrojených sondách S1-1 až S1-11 byla pod humózní vrstvou zastižena antropogenní navážka, která měla největší mocnost 12,1 m v nevystrojené sondě S1-1. Tato navážka je tvořená černými slévárenskými písky a odlitky, zbytky plechových forem a stavební sutí. V ostatních nevystrojených sondách byla mocnost navážky max. 8,9 m. Pod navážkou byl povětšinou zastižen kvartérní jíl s vysokou plasticitou a pod ním křídový jílovec.

V ručních závrtech S1-12 a S1-13, které zasahují do 2 m, byla pod humózní vrstvou (0,25 m) zastižena hlína se střední plasticitou.

Geologické poměry v oblasti města Kopřivnice jsou znázorněny v **příloze č. 2,** geologická dokumentace včetně geologického řezu lokalitou jsou součástí **přílohy č. 8**.

1.2.3. Hydrogeologické poměry

Z hydrogeologického hlediska spadá oblast Kopřivnice a jejího blízkého okolí do hydrogeologického rajonu 3213 – Flyš v mezipovodí Odry a rajónu 1510 – Fluviální a glacigenní sedimenty v povodí Odry **[3]**. Zatímco jižní část je z hydrogeologického hlediska vázaná spíše na flyšové sedimenty s průlino-puklinovou propustností, severní oblast vytváří kolektory vázané na kvartérní sedimenty fluviálního až glacifluviálního původu.

V nivě řeky Lubiny se vyskytuje průlinový kolektor holocenních fluviálních sedimentů údolních niv. Jsou to písčité hlíny a štěrky Lubiny s nízkou až střední hodnotou transmisivity ($2{,}2.10^{-5}$–$2{,}3.10^{-4}$ m^2/s). Kvartérní glacigenní sedimentace glacifluviálních písků, písčitých štěrků a písčitých tillů bazální morény vytváří lokální kolektory. Koeficient transmisivity se pro tyto kolektory pohybuje v řádu 1.10^{-5}–1.10^{-4} m^2/s. Sprašové hlíny, které jsou v nadloží, vykazují velmi nízké až nízké hodnoty transmisivity (s hodnotami 1.10^{-5}–1.10^{-4} m^2/s). Regionální izolátor (T 1.10^{-6}–1.10^{-5} m^2/s) v oblasti tvoří frýdecké vrstvy, které vyplňují centrální část a oblast okolo obce Mniší. Na jv. a jz. oblasti tvoří horské části převážně bašské souvrství a chlebovické vrstvy, které vykazují velmi nízké až nízké hodnoty transmisivity (s hodnotami 1.10^{-5}–1.10^{-4} m^2/s).

Navážky a skládky vytvářejí lokální kolektory, které zřídka komunikují s okolními přirozenými kolektory.

Chemický typ podzemní vody je v oblasti Ca-HCO_3 a celková mineralizace se pohybuje v rozmezí hodnot 0,3–1 g/l. Předpokládaný směr lokálního proudění podzemních vod na lokalitě U Benčáku je k SZ.

23. 9. 2010 byla při shromáždění majitelů zahrádek situovaných jihovýchodně od skládky. zaměřena studna na pozemku č. p. 2915/17. Studna je 4,5 m hluboká, přičemž hladina podzemní vody byla ustálena na úrovni okolo 2,5 m od terénu. Odměrný bod je vyvýšen nad terén o cca 10 cm. Existence jiných studen v oblasti není známa.

Lokalita nezasahuje do ochranných pásem vodních zdrojů ani se v její blízkosti ochranná pásma vodních zdrojů nevyskytují.

Upřesnění lokálních hydrogeologických poměrů zájmové lokality na základě výsledků provedených průzkumných prací

V hydrogeologickém vrtu HG1-1 byla hladina podzemní vody naražená v navážce, v hloubce 1,2 m, ve vrtu HG1-2 byla naražená hladina pod úrovní navážky v hloubce 2,7 m. Ve vrtu HG1-3 byla naražená hladina v hloubce 6,4 m, ve vrtu HG1-4 v hloubce 4,5 m a ve vrtu HG1-5 v hloubce 2,5 m. Navážka byla zastižena ve všech vrtech, kromě HG1-4. Pod vrstvou navážky se vyskytuje jíl buď štěrkovitý, nebo písčitý, s vysokou plasticitou. Ve vrtu HG1-3 byl zastižen i křídový, mírně navětralý jílovec.

Hydrodynamické zkoušky byly prováděny na vrtu HG1-4 a výsledný koeficient filtrace byl 1.10^{-4} m/s a transmisivita $3{,}7.10^{-4}$ m^2/s. Podle Jetela (1980) jsou okolní horniny mírně propustné. Depresní kužel (potenciální ovlivnění výšky hladiny) dosahuje vzdálenosti 15 m.

Situace proudového pole je znázorněna v **příloze č. 11**.

1.2.4. Hydrologické poměry

Zájmové území se nachází v povodí toku Sedlnice 2-01-01-109, celkově oblast spadá do povodí Odry (2-01-01-001) a k jejímu toku na S také drénuje povrchové vody v rámci povodí. Lubina a Sedlnice jsou toky II. řádu, Lubinka a Kopřivnička toky III. řádu. Předmětná lokalita se nachází poblíž rozvodnice mezi povodím Kopřivničky 2-01-01-138 na východě a Sedlnice na západě. Specifický odtok je podle mapy 1:500 000 Regiony povrchových vod v ČSR (Vlček, 1971) v rozmezí 10–15 l/s/km^2. Oblast spadá do regionu III-A-4-d, který představuje region středně vodný, s velmi malou retenční schopností a vysokým koeficientem odtoku. Lokalita se podle Základní vodohospodářské mapy ČR 1:50 000, list 25-21 Nový Jičín nevyskytuje v blízkosti ochranných pásem vodních zdrojů.

Vodohospodářské poměry zobrazuje **příloha č. 3**.

1.2.5. Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě

Z výsledků chemických analýz prováděných v rámci předkládané analýzy rizik náleží podzemní vody, odebrané z objektů na lokalitě, k chemickému typu: Ca-Mg-HCO_3[1]. Vodivost podzemních vod se pohybuje v rozmezí 344–724 µS/cm, hodnoty pH odpovídají jak neutrálním podmínkám, tak slabě alkalickým podmínkám (validují od 7,1 do 7,5), ve vrtu HG1-2 byly zjištěny více alkalické podmínky s pH 9,6. Hodnoty oxidačně-redukčního potenciálu podzemních vod se pohybují od redukčních (hodnota Eh: −92,5 mV) k oxidačním (hodnota Eh: +119,9 mV. V oblasti skládky je ověřený výskyt naražené hladiny podzemní vody soustředěný v hloubce 1,2–6,4 m pod úrovní terénu. Směr proudění podzemní vody je k SZ. Drenážní bází je bezejmenný pravostranný přítok říčky Sedlnice.

V nadloží skládkového materiálu se vyskytuje humózní vrstva, která zasahuje do hloubky prvních desítek centimetrů, případně tato vrstva chybí a je nahrazena navážkovým materiálem. Průzkumnými vrty a sondami, které se vyskytovaly v tělese skládky, bylo prokázáno, že pod humózní vrstvou je deponována antropogenní navážka, jejíž mocnost validuje v rozmezí od 0 do 12,1 m. Antropogenní navážka je v mnoha případech tvořená

[1] *ionty reprezentující chemický typ vody byly určeny na základě překročení 20 % ekvivalentu jejich koncentrace*

hlínou, jílovitým, případně jílovotopísčitým materiálem s opracovanými valouny, kusy igelitů, kusů skla, hadrů apod. i přes ornici, která byla na skládku navezena. Podloží skládky tvoří vrstvy plastického jílu a místy jílovce.

2. Průzkumné práce

2.1. Dosavadní prozkoumanost území

2.1.1. Základní výsledky dřívějších průzkumných prací na lokalitě

Dle dostupných historických údajů nebyly na lokalitě do doby zpracování předložené analýzy rizik prováděny žádné průzkumné práce.

Ze studia dostupných podkladů (historické letecké snímky z roku 1955, vojenské mapování v letech 1957–1971) je zřejmé, že skládkový materiál na lokalitě č. 1 – U Benčáku byl deponován v období po roce 1957 do cca 300 m dlouhého údolí, jehož nejhlubší část (dnes zakrytá navážkou) se zařezává oproti okolnímu terénu o min. 7 výškových metrů. Nejhlubší část údolí se nachází cca 100 m severně od středu pozemku, vedeném v katastru nemovitostí pod parcelním číslem 3408. Hluboký úsek údolí o délce cca 150 m je od tohoto místa protáhlý ve směru na S, ke konci se mírně stáčí k SSZ.

Na rastrové mapě Základní mapy ČR 1:10 000[2] (**příloha č. 4**) je směrem k SZ od pozemku p. č. 3408 ve vzdálenosti 120 m evidentní obdobné údolí, jehož nejhlubší část (cca 4 m oproti okolnímu terénu; v současné době zakrytá navážkou) se nachází ve vzdálenosti 180–220 m od jmenovaného pozemku. V této oblasti byly geofyzikálním průzkumem rovněž identifikovány anomálie v magnetickém poli a oblast byla označena za skládku.

Zhruba 145 m ssv. od sz. cípu předpokládaného rozsahu skládky pramení bezejmenná vodoteč, která je pravostranným přítokem říčky Sedlnice. Při rekognoskaci skládky bylo dále objeveno místo, kde pramení dosud neznámá bezejmenná vodoteč. Pramen se nalézá v severní části pozemku p. č. 3397/9, cca 135 m ssz. směrem od středu pozemku, vedeném v katastru nemovitostí pod parcelním číslem 3408[3], následně odtéká na SSZ do údolí, kde ústí do zmíněné bezejmenné vodoteče. Pramen je označen jako PV1-3 v **přílohách č. 6 a 7.1**.

V rámci přípravných prací byl povrch skládky U Benčáku pečlivě prostudován. Místy je patrná přítomnost cizorodých materiálů – igelitů, kusů skla, hadrů apod. i přes ornici, která byla na skládku navezena. Vzhledem k aktivnímu využívání pozemků nad uloženým skládkovým materiálem k produkci zemědělských plodin dochází při orání k promíchávání nejen navezené vrstvy ornice, ale i k postupnému výzdvihu skládkového materiálu na povrch.

Jak již bylo zmíněno, dvě výše zmíněná údolí nejsou, vzhledem k jejich zaplnění skládkovým materiálem, v současném reliéfu patrná. Porovnáním rozdílů výškopisné složky rastrové mapy ZM 1:10 000 s výškopisnou složkou ZABAGED byl vytvořen model změny reliéfu.

V době úvodní rekognoskace terénu (srpen-září 2010) na nové lokalizaci skládky U Benčáku byla na lokalitě vzrostlá kukuřice, jejíž sklizeň byla plánována na poslední týden v září. Po domluvě s pronajímatelem zemědělských ploch bylo upuštěno od budování prvního

[2] výšková složka i topologie rastrové ZM ČR 1:10 000 vychází z měření mezi roky 1957–1971 v rámci tvorby vojenských topografických map; od té doby nedošlo k její aktualizaci; od roku 1992 je zpracovávána Základní báze geografických dat (ZABAGED), která polohopis i výškopis rastrové ZM 1:10 000 aktualizuje

[3] pozemek katastru nemovitostí č. p. 3408 v k. ú. Kopřivnice byl určen jako referenční pozemek, od jehož středu bude udávána vzdálenost a směr pro jednodušší orientaci na mapové ploše

nevystrojeného závrtu v průběhu září 2010 vzhledem k tomu, že jeho lokalizace byla navrhována cca 90 m sz. od silnice, v oblasti předpokládané maximální mocnosti skládkového tělesa. Škodu na plodinách, kterou by vrtná souprava způsobila při průjezdu na určené místo, by bylo nutné kompenzovat. Termín provedení průzkumných prací byl tedy posunut na říjen 2010.

Výsledky geofyzikálních prací (viz kapitola 2.2.2.1), provedených firmou GEONIKA, s.r.o. na lokalitě, do značné míry korelují s modelem změny reliéfu (vytvořeného porovnáním rozdílů výškopisné složky rastrové mapy ZM 1:10 000 s výškopisnou složkou ZABAGED). Pro srovnání byly vybrány profily **P300 Z–V a P300 J–S (viz příloha č. 6**), konkrétně interpretace výsledků z měření mělké refrakční seismiky (MRS), která byla porovnávána s modelem změny reliéfu mezi obdobím 50.–70.let a 90. léty 20. století.

Pro účely zmapování reliéfu podloží byla použita geofyzikální metoda mělké refrakční seismiky, která zaznamená rozdíly v seismických rychlostech. Vzhledem k tomu, že jsou seismické rychlosti v kvartérních sedimentech a navážce podobné a naopak několikanásobně nižší než v podloží, je obtížné touto metodou rozhraní mezi těmito dvěma jednotkami určit.

Obrázky č. 1 a **č. 2** reprezentují v případě metody MRS mocnosti skládkových materiálů a kvartérních sedimentů, v případě modelu změny terénu se jedná o mocnost samotné skládky.

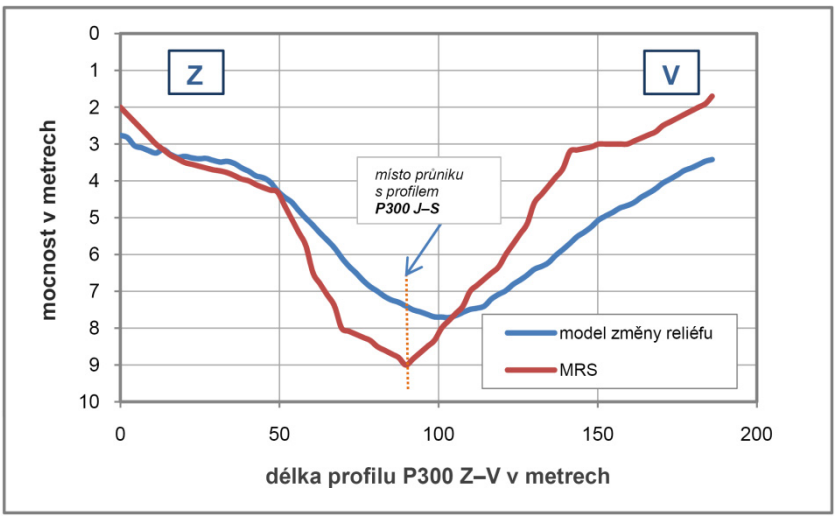
I na pohled je zřejmé, že výsledky u profilu P300 Z–V vykazují vyšší míru korelace. Ze statistického hlediska ukazují rostoucí hodnoty mocnosti ve směru osy X na uspokojivou hodnotu Pearsonova korelačního koeficientu R = 0,99 a klesající hodnoty mocnosti dosahují korelačního koeficientu R = 0,93. Obě tyto hodnoty ukazují na vysokou míru korelace, a to i přes to, že se lokálně vyskytují absolutní rozdíly až 2 m mocnosti.

Profil P300 J-S takto vysokou míru korelace nevykazuje. Zatímco u severní, klesající části (nárůst mocnosti) činí korelační koeficient R = 0,93, jižní část nevykazuje výraznou závislost sledovaných proměnných (R = 0,77). Tento profil pravděpodobně vykazuje nižší stupeň korelace vzhledem k tomu, že profil není veden napříč přes zavezené údolí, jak tomu je u profilu P300 Z-V (úhel vůči průběhu údolí 80°), nýbrž jeho průběh s údolím svírá úhel přibližně 25°.

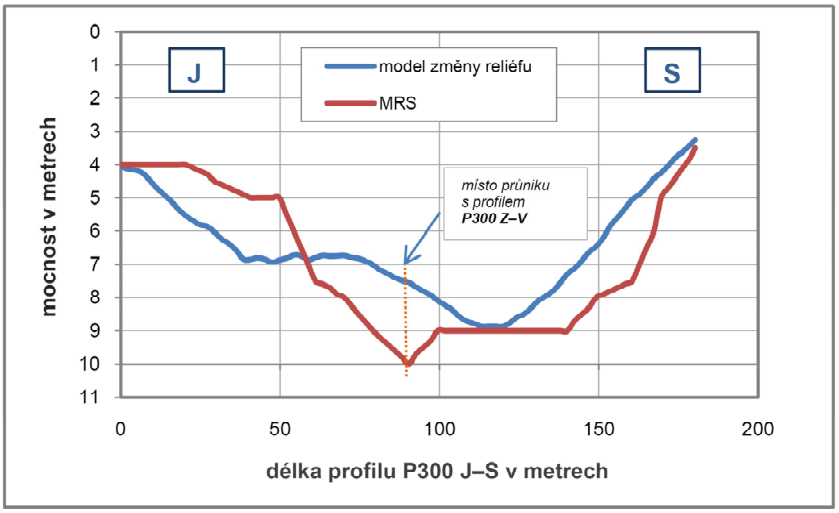
Obecně by hodnoty mocnosti navážky z interpretace metody MRS měly vycházet vyšší než z modelu změny reliéfu, a to vzhledem k zahrnutí hloubky kvartérních sedimentů. Na profilu P300 J-S však mocnosti z MRS vykazují nižší mocnosti a obdobnou situaci lze sledovat na východní části profilu P300 Z-V. Za těmito nesrovnalostmi může stát hned několik příčin. Jednou z nich může být nedostatečná přesnost tvorby vrstevnic při jejich užití pro tvorbu modelu změny reliéfu, dále se může jednat o mírnou nepřesnost v umístění profilu do mapy, kdy i mírné otočení profilu v souřadnicovém systému způsobí přes údolní část veliký rozdíl pozorovaných hodnot, apod.

Ačkoliv se místy, podle výsledků geofyzikálního měření, nalézá rozhraní podloží-kvartér až na úrovni 9–10 m, při aproximaci mocnosti kvartérních sedimentů 2 m získáváme hodnotu 7–8 m navážky v maximální mocnosti skládky. Pro kvantifikaci ploch, které odpovídají následným jednotlivým mocnostem, byl využit model změn reliéfu. Následující výčet uvádí orientační hodnoty, které byly použity pro porovnání s výsledky vrtných prací:

mocnost	plocha
≥ 7 m	1 400 m^2
6–(7) m	4 800 m^2
5–(6) m	7 300 m^2
4–(5) m	17 000 m^2



Obrázek č. 1: Porovnání mocnosti skládkových materiálů na řezu profilu P300 Z–V



Obrázek č. 2: Porovnání mocnosti skládkových materiálů na řezu profilu P300 J–S

Pokud by na základě těchto výsledků nebyla uvažována mocnost skládky nižší než 4 m navezených materiálů, jednalos se v sumě o 143 100 m^3 skládkových materiálů.

Na základě výsledků průzkumných prací realizovaných v rámci předkládané analýzy rizik (2010–2011) byl dále vytvořen model mocnosti navážky. Jeho tvorba byla realizována interpolací (metoda simple kriging) mocností skládkového materiálu z jednotlivých objektů průzkumu v roce 2010. Celková mocnost skládkovaných materiálů byla tímto modelem upřesněna na 167 400 m^3 (podrobněji viz kapitola 2.2.3. a **příloha č. 12**)

Se změnou lokalizace skládky U Benčáku došlo oproti prováděcí projektové dokumentaci k zásadní změně rozsahu průzkumných prací. Zároveň došlo i k upřesnění koncepčního modelu, do kterého byli jako příjemci rizik zahrnuti i majitelé zahrádek. Tyto pozemky se nachází v jv. směru od skládkového tělesa, bezprostředně nad silnicí spojující Kopřivnici se Štramberkem. Cílem změny koncepčního modelu bylo posoudit, zda dochází ke kontaminaci podzemní vody a zeminy ze skládky U Benčáku.

2.1.2. Přehled zdrojů znečištění

Vznik ekologické zátěže na lokalitě 1 – U Benčáku, pravděpodobně souvisí zejména s ukládáním tuhých komunálních odpadů města Kopřivnice a činností podniku TATRA Kopřivnice. Jediným zdrojem kontaminace skládky je vlastní neodborné ukládání komunálních, stavebních a demoličních a v menší míře slévárenských odpadů. K největšímu ukládání odpadů na lokalitě 1 – U Benčáku docházelo přibližně v 70. letech 20. století. Jedná se převážně o komunální odpady (PVC fólie, gumy, textilie, sklo, plechovky apod.) o písčité kaly s příměsí stavebního odpadu (cihly, beton, železo, keramika) a netříděné stavební a demoliční odpady.

2.1.3. Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů

Sestavení seznamu látek potencionálního zájmu vycházelo zejména z informací od pamětníků a správních orgánů uvedených v zadávací dokumentaci.

Hlavními kontaminanty, podle výsledků aktuálních průzkumných prací přesahující úroveň přirozeného pozadí na lokalitě, jsou zejména uhlovodíky C_{10}–C_{40}, polycyklické aromatické uhlovodíky, BTEX a některé těžké kovy.

V rámci průzkumných prací byly dále sledovány obsahy řady dalších látek (chlorované alifatické uhlovodíky, kyanidy, PCB) a prováděna terénní měření. Dále rozšířená stanovení v podzemních vodách sloužila k posouzení průběhu atenuačních procesů na lokalitě a na zjištění základních fyzikálně-chemických vlastností podzemních vod na lokalitě.

Fyzikálně-chemické charakteristiky látek potenciálního zájmu jsou uvedeny **v příloze č. 17.**

2.1.4. Předběžný koncepční model znečištěni

V rámci zpracování analýzy rizik byly zvažovány možné transportní cesty a expoziční scénáře, které připadají v úvahu při hodnocení rizika pro posuzovanou lokalitu. Následující tabulka obsahuje soupis všech uvažovaných expozičních cest, pro které byl uvažován rozsah prací v analýze rizik. Místem možného úniku kontaminantů je bývalá skládka. Cílovým bodem průniku je mělký kvartérní kolektor podzemní vody a dvě vodoteče, z nichž jedna přímo vyvěrá na ploše skládky. Zhruba 145 m od sz. cípu skládkového tělesa pramení bezejmenná vodoteč, která je pravostranným přítokem říčky Sedlnice a do níž ústí vodoteč ze skládky. Předpokládanými migračními cestami byly zejména vymývání kontaminantů ze znečištěné nesaturované zóny (skládkového tělesa) do půdní a podzemní vody, jejich následná migrace mělkým kvartérním kolektorem a případná infiltrace kontaminace ze znečištěných podzemních vod do vod povrchových. Potenciálními příjemci rizik zde byly

lesní a vodní ekosystémy, náhodní návštěvníci lokality, zemědělské plodiny pěstované přímo na ploše skládky. Mezi potenciální příjemce rizik patřili také majitelé zahrádek (expoziční cesta č. 1), kteří využívají podzemní vodu mělkého kvartérního kolektoru.

Základem předběžného koncepčního modelu je tabulka č. 4 se soupisem všech uvažovaných expozičních cest, které byly uvažovány v rámci analýzy rizik.

Tabulka č. 4: Předběžný koncepční model

Expoziční cesta	Ohnisko znečištění	Transportní cesta	Příjemce rizik	Poznámka
1	Skládka	Průsaky srážkové vody, výluhy ze skládky a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → jímání vod studněmi, vrty→zavlažování zemědělských plodin	Obyvatelstvo - pitná a užitková voda – expozice ingescí, dermální a inhalační Konzumenti plodin – expozice ingescí	Bezprostředně nad skládkou se nachází zahrádkářská kolonie
2	Skládka	Průsaky srážkové vody, výluhy ze skládky a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → infiltrace do povrchové vody, vodní ekosystémy	Povrchový tok, lesní a vodní ekosystémy	V navážce přímo vyvěrá malá vodoteč, která se vlévá do pravostranného přítoku říčky Sedlnice – oba toky jsou potenciálními příjemci kontaminace
3	Skládka	Emise plynů a prachu → splachy → lesní a vodní ekosystémy	Povrchový tok, vodní ekosystémy, poškození vegetačního krytu, dále lidé a zvířata pohybující se v prostoru bývalé skládky - expozice ingescí, dermální a inhalační	

2.2. Aktuální průzkumné práce

2.2.1. Metodika a rozsah průzkumných a analytických prací

Cílem aktuálních průzkumných prací bylo zdokumentovat stávající úroveň kontaminace nesaturované a saturované zóny horninového prostředí na lokalitě a identifikovat transportní cesty, jimiž se kontaminace může z ohniska znečištění šířit do okolí.

Souhrnně byl průzkum zaměřen zejména na tyto polutanty:

V nesaturované zóně

uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX ClU, těžké kovy (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn), kyanidy, PCB

V saturované zóně

uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX ClU, těžké kovy (As, Cd, Cr, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), kyanidy

V podzemních vodách byl u vybraných vzorků dále proveden „kompletní“ chemický rozbor pro stanovení základních parametrů pro posouzení míry atenuačních procesů a zjištění základních chemických ukazatelů kvality podzemních vod v rozsahu sírany, dusičnany, Fe (celkové, dvojmocné, trojmocné), Mn, Ca, Mg, K, Na, $KNK_{4,5}$, $ZNK_{8,3}$, fosforečnany, tvrdost, barva, zákal, hydrogenuhličitany, CO_2 volný, TOC, $CHSK_{Mn}$. Z vybraných vzorků podzemních vod byl rovněž stanoven obsah pesticidů.

Při odběrech podzemních vod bylo před ukončením čerpání z každého objektu provedeno terénní měření ukazatelů pH, teploty, oxidačně-redukčního potenciálu (Eh), rozpuštěného O_2 a vodivosti.

Výběr sledovaných polutantů byl proveden na základě identifikace možných zdrojů kontaminace a zadávací dokumentace.

V rámci průzkumných prací byly provedeny následující práce a činnosti:

- Podrobná rešerše dostupných archivních materiálů a terénní rekognoskace (podklady od objednatele, Geofondu ČR apod.)
- Zpracování a schválení prováděcí projektové dokumentace
- Geofyzikální průzkum
- Vrtné práce
- Odběry vzorků zemin, podzemních a povrchových vod, odpadů
- Laboratorní analýzy odebraných vzorků
- Expresní hydrodynamické zkoušky
- Geodetické zaměření nových a stávajících HG objektů a profilů povrchové vody

Veškeré vzorkovací, měřičské a analytické práce byly provedeny podle vnitřních metodických pokynů zpracovatele, které vycházejí z obecně platných předpisů a norem, známých znalostí a zkušeností a běžně používaných postupů v ČR. Analytická stanovení byla provedena ve státem akreditované laboratoři Bioanalytika CZ, s.r.o., v Laboratoři Morava, s.r.o. a Geostar spol. s.r.o. (zrnitost), dle obecně platných předpisů, uvedených na protokolech laboratorních rozborů.

2.2.1.1. Geofyzikální průzkum

2.2.1.1.1. Metodika geofyzikálního průzkumu

V souladu s realizační dokumentací byl geofyzikální průzkum proveden firmou GEONIKA, s.r.o. v červenci a srpnu 2010. Komplex použitých geofyzikálních metod vycházel z požadavku zjistit zejména

- plošný rozsah skládky,

- v profilech P1, P200 (Z-V), P300 (Z-V) a P300 (J–S) určit mocnost a charakter skládkového materiálu.

Pozn.: tato metodika se již vztahuje na konečné vymezení zájmové lokality, viz kapitola 2.2.2.1.

MAGNETOMETRIE (MG)

Magnetometrie citlivě reaguje na přítomnost magnetizovaných materiálů. V případě skládek má každý cizorodý materiál, který je navezen na původní terén, odlišné magnetické vlastnosti než okolní horniny. Pomocí magnetometrie je tak jednoznačně zjištěn plošný rozsah skládky.

Měřeno bylo protonovým magnetometrem OMNI PLUS kanadské firmy Scintrex s krokem 10 m na profilech vzdálených 10 m v původně vymezené ploše a 25 m na nové ploše. Na bodech profilů byla změřena hodnota totálního magnetického pole T [nT] a vertikálního gradientu mezi dvěma senzory 1 m nad sebou.

Celkem bylo změřeno 99 bodů na původní ploše a 271 bodů na nové ploše, tj. celkem 370 bodů. Výsledky magnetometrie na nově vymezené lokalitě jsou prezentovány formou mapy totálního vektoru magnetického pole T v **příloze č. 7.1**, magnetometrická měření na původním vymezení zájmové lokality jsou uvedena na **obrázku č. 1** v kap. 2.2.2.1.

MĚLKÁ REFRAKČNÍ SEISMIKA (MRS)

Úkolem mělké refrakční seismiky je sledovat reliéf podloží, rozložení seismických rychlosti v pokryvu a podloží a odlišit horniny na základě jejich pevnosti – v případě skládek je skládkový materiál charakterizován velmi nízkými seismickými rychlostmi. Při měření MRS byla použita 24-kanálová aparatura TERRALOC Mk6 (Švédsko), seismická energie byla vzbuzována údery kladiva. Byla použita modifikace vstřícných úderů s přístřely, středovým úderem a údery ve čtvrtinách roztažení, tj. na seismickém roztažení byla provedena registrace ze sedmi bodů. Seismický signál byl snímán geofony SM-4 vzdálenými vzájemně od sebe 4 m, maximální délka jednoho seismického roztažení činila 92 m. Celkem bylo na profilech P1, P300 (Z–V) a P300 (J–S) změřeno 460 m.

Při interpretaci seismických refrakčních měření byla použita metoda T0 pro gradientový model prostředí, neboť se na změřených hodochronách[4] projevovala sbíhavost jako důsledek postupného nárůstu rychlosti v podloží s hloubkou. Pro gradientový model prostředí s lineárním vertikálním gradientem rychlosti v podloží je výstupem interpretace v každém měřeném bodě hloubka seismického refrakčního rozhraní, seismická rychlost v pokryvu a seismická rychlost na povrchu interpretovaného rozhraní. V tzv. hloubce maximálního průniku seismického paprsku byla vypočtena v několika bodech rychlost šíření seismických vln v této hloubce. Tyto body dovolují sestavit rychlostní řez.

Hloubkový a rychlostní seismický řez umožňuje získat základní přehled o mělké geologické stavbě. Materiál skládky a kvartérní sedimenty mají nízké seismické rychlosti (řádově stovky m/s), podložní horniny mají vyšší seismické rychlosti 1 200–2 200 m/s. Seismické řezy jsou prezentovány v **příloze č. 7.2** v měřítku 1:1 250/620.

[4] křivka udávající závislost doby šíření seismické vlny určitého typu na vzdálenosti od epicentra

ODPOROVÁ TOMOGRAFIE (OT)

Multielektrodové odporové uspořádání neboli odporová tomografie (OT) je moderní geoelektrická metoda, která kombinuje poloautomatickým způsobem elektrické sondování a profilování. Při terénním měření je položen speciální kabel a připojen k velkému počtu elektrod. Řídící jednotka se pak podle zvolené metody automaticky připojuje postupně k elektrodám a na vybraných párech elektrod měří el. napětí a proud. Tak proměří všechny možné páry a rozestupy zvolené metody a data uloží do paměti přístroje. V tomto případě bylo měřeno systémem Schlumberger, citlivým na subhorizontální struktury – skládka a kvartérní sedimenty. Pro měření byla použita aparatura ARES firmy GF Instruments (Česká republika, Brno). Bylo měřeno na profilech P300 (Z–V), P300 (J–S) a P200 (Z–V), vzdálenost sousedních elektrod byla 5,5 m. Celkem bylo změřeno 461 m profilů.

Měřená data byla převedena do počítače a zpracována softwarem RES2DINV (Geotomo Software, Malaysia). Pomocí tohoto programu se jednak provádí editace dat, jednak řeší inverzní úloha v 2D prostoru. Vzniká tak vertikální odporový řez (viz **přílohy č. 7.3 a 7.4**), který ukazuje rozložení měrných odporů pod povrchem. Nejdříve byly zkonstruovány odporové řezy bez znalosti údajů z vrtů, po odvrtání průzkumných vrtů byly odporové řezy zpřesněny tak, že byly v některých bodech řezu zafixovány mocnosti skládky. Tak byly odporové řezy zpřesněny částečnou eliminaci tzv. principu ekvivalence. Podle tohoto principu, platného v geoelektrických metodách, lze v jistých mezích hodnot odporů a hloubek nalézt vzájemně odlišné odporové modely, které všechny budou odpovídat měřeným datům. Uvedené odporové řezy poskytují rozložení měrných odporů pod proměřenými profily, z něhož lze přibližně odvodit litologické složení hornin.

2.2.1.2. Vrtné práce

Za účelem vymezení rozsahu skládky a získání bližších informací o geologickém podloží skládky bylo vyhotoveno třináct průzkumných sond řady S1.

Pro získání údajů o úrovni podzemní vody a ověření míry kontaminace saturované zóny horninového prostředí bylo vybudováno pět vystrojených hydrogeologických vrtů HG1.

Jednotlivé vrty byly situovány na základě výsledků geofyzikálního průzkumu a posouzení hydrogeologických podmínek na lokalitě, přičemž jednotlivé objekty byly situovány především v bezprostředním okolí ohniska a ve směru proudění podzemních vod.

Přehled veškerých vrtných prací je uveden v tabulce č. 5. Geologická dokumentace je součástí **přílohy č. 8** a Evidenční list geologických prací je uveden v **příloze č. 16**.

Tabulka č. 5: Přehled vrtných prací

Označení vrtu	Typ vrtu	Hloubka vrtu (m p.ú.t.)	Vrtný průměr (mm)	Výstroj vrtu (materiál/průměr mm)
HG1-1	hydrogeologický	4,2	195/175	PVC 110/2,2 mm
HG1-2	hydrogeologický	6	195/175	PVC 110/2,2 mm
HG1-3	hydrogeologický	10	195/175	PVC 110/2,2 mm
HG1-4	hydrogeologický	8	195/175	PVC 110/2,2 mm

Označení vrtu	Typ vrtu	Hloubka vrtu (m p.ú.t.)	Vrtný průměr (mm)	Výstroj vrtu (materiál/průměr mm)
HG1-5	hydrogeologický	6	195/175	PVC 110/2,2 mm
S1-1	nevystrojený	13	195/175	-
S1-2	nevystrojený	9,4	195/175	-
S1-3	nevystrojený	7	195/175	-
S1-4	nevystrojený	6	195/175	-
S1-5	nevystrojený	6,5	195/175	-
S1-6	nevystrojený	3	195	-
S1-7	nevystrojený	3,5	195/175	-
S1-8	nevystrojený	6,5	195/175	-
S1-9	nevystrojený	3	195	-
S1-10	nevystrojený	5,5	195/175	-
S1-11	nevystrojený	5,5	195/175	-
S1-12	ruční nevystrojený závrt	2	50	-
S1-13	ruční nevystrojený závrt	2	50	-

2.2.1.3. Vzorkařské práce

V rámci průzkumných prací byly odebrány vzorky zemin, podzemních a povrchových vod a vzorky ukládaných odpadů.

Veškeré vzorkařské práce byly prováděny v souladu s metodickým pokynem MŽP – Vzorkovací práce v sanační geologii (prosinec 2006).

2.2.1.3.1. Metodika a rozsah odběrů vzorků zemin

Pro účely identifikace plošného a hloubkového rozsahu znečištění tělesa a okolí skládky byly realizovány odběry vzorků zemin z předem vytyčených nevystrojených sond a vystrojených hydrogeologických vrtů. Dle organoleptických vlastností zemin byly vzorky odebrány bodově z určité hloubkové etáže z vrtného jádra.

Ze čtyř nevystrojených sond bylo odebráno po jednom vzorku zeminy, u dalších devíti sond bylo odebráno po dvou vzorcích z vrstvy navážek a z podložní vrstvy. Odběry byly přizpůsobeny litologii a senzorickým vjemům, indikující znečištění. Vzorky zemin byly analyzovány na vybrané organické a anorganické parametry (viz následující kapitola). Pro tyto účely bylo odebráno celkem 22 ks vzorků zemin.

Ze dvou vybraných sond (S1-3 a S1-11), které byly umístěny přímo v tělese skládky, byl navíc proveden odběr vzorků zemin na stanovení třídy vyluhovatelnosti (dle vyhl. č. 294/2005 Sb.) a TOC v sušině z důvodu možnosti posouzení uložení odpadů na skládku S – ostatní odpad. Z uvedených sond bylo odebráno po 2 vzorcích zemin – první přímo z tělesa skládky, druhý z horizontu pod ním. Vzorek z podložního horizontu byl odebrán z důvodu posouzení vlivu znečištění, pocházejícího ze skládky, na navazující horninové prostředí. Celkem byly pro tyto účely odebrány 4 ks vzorků zemin.

Dále byl z tělesa skládky odebrán 1 vzorek ze sondy S1-3 (3,5–6,8 m) a 1 směsný vzorek S1 (směsný vzorek z celého profilu obou ručních nevystrojených závrtů) na stanovení testu ekotoxicity z důvodu posouzení nebezpečnosti uložených odpadů a jejich možného vlivu na

rostliny, rostoucí na vrstvě zemin, které překrývají uložené odpady (u vzorku S1 nebyly odpady zastiženy). Celkem byly pro tyto účely odebrány 2 vzorky zemin.

Ze tří vystrojených hydrogeologických vrtů bylo odebráno po 2 vzorcích zemin ze 2 horizontů, ze dvou vystrojených hydrogeologických vrtů bylo odebráno po 1 vzorku zeminy. Celkem bylo pro tyto účely odebráno 8 vzorků zemin. Odběry byly přizpůsobeny litologii a senzorickým vjemům, indikujícím případné znečištění. Vzorky zemin byly analyzovány na vybrané organické a anorganické parametry (viz následující kapitola). Dále byly u vystrojených vrtů odebrány 4 vzorky zemin z horizontu kolektoru podzemní vody a nadložní vrstvy pro provedení zrnitostních rozborů pro orientační stanovení hydraulických parametrů zemin.

V rámci lokality bylo analyzováno celkem 30 ks vzorků zemin na chemické parametry (anorganické a organické). Z toho 30 vzorků zemin bylo analyzováno v rozsahu uhlovodíky C_{10}–C_{40}, těžké kovy (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn), 14 vzorků zemin bylo analyzováno na stanovení obsahu PAU, kyanidů a 11 vzorků zemin bylo analyzováno na stanovení obsahu BTEX a ClU.

U dalších 4 vzorků zemin byly provedeny analýzy na stanovení třídy vyluhovatelnosti, TOC v sušině a ze 2 vzorků zemin bylo stanovováno PCB v sušině (vzorky pouze z tělesa skládky). U 2 vzorků zeminy byl proveden test ekotoxicity. U 4 vzorků zemin z vystrojených vrtů byla provedena granulometrická analýza.

Tabulka č. 6: Celkový rozsah vrtných prací a odběrů zemin

Aktivita	Množství
Nevystrojené sondy	základní síť – 13 ks (označení S1-1 až S1-13)
Hloubka sond / celková metráž	2–13 m / 72,9 bm
Počet vzorků zemin	30
Rozsah analýz	30 – Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, TK; 9–PAU, CN^-, 6–BTEX, ClU; 4 – vyluhovatelnost II. tř., TOC, 2- PCB; 2 – ekotoxicita
Vystrojené vrty	5 ks (označení HG1-1 až HG1-5)
Hloubka vrtů / celková metráž	4,2–10 m / 34,2 bm
Počet vzorků zemin	8
Rozsah analýz	8– Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, TK; 5 – CN^-, PAU, BTEX, ClU; 4 – granulometrie

Vzorkovnice byly plněny zeminou tak, až byly zcela zaplněny. Manipulace se vzorkovnicemi byla omezena na minimální technologicky nezbytnou dobu mimo dosah vnějších zdrojů kontaminace. Vzorky zemin byly dobře uzavřeny a chráněny před účinky světla a tepla v chladicím boxu (2–5°C) a následně dopraveny do zpracovatelské laboratoře.

Odebrané vzorky byly opatřeny štítkem, na kterém byla napsána lokalita, označení vzorku a čas odběru. Do laboratoře byly vzorky předány s předávacím protokolem a s protokolem o odběru vzorků, ve kterém byl vyplněn název lokality, číslo zakázky, důvod odběru vzorků, označení vzorku, čas odběru, popis místa odběru, způsob odběru vzorků, popis odběrového objektu, průměr vzorkovaného objektu, hloubka objektu, hloubka odběru vzorků, měření

na místě (geologický popis, pach, barva), konzervace vzorku při odběru, použité měřidlo, kdo odebral vzorek, způsob uložení vzorků a doprava, datum a osoba při předání do laboratoře.

2.2.1.3.2. Metodika a rozsah odběrů vzorků podzemních vod

Z každého vystrojeného vrtu (HG1-1 až HG1-5) bylo odebráno po jednom vzorku podzemní vody, ze studny ST1-1 byly provedeny celkem 3 odběry podzemní vody na stanovení obsahu vybraných organických a anorganických parametrů (viz následující kapitola). Celkem bylo odebráno 8 ks vzorků podzemní vody na laboratorní analýzy.

Vzorky podzemní vody byly odebrány v dynamickém stavu (po odčerpání tří objemů vodního sloupce vrtu). Odběr vzorků podzemní vody z dynamické hladiny byl proveden pomocí ponorného čerpadla Gigant a ponorného in-line čerpadla Whale od firmy Eijkelkamp. Doba čerpání podzemní vody pro zajištění dynamického stavu objektu před vlastním odběrem byla odvislá od objemu vody v monitorovaném objektu a od ustálení vodivosti, teploty a pH v čerpané podzemní vodě. Hloubka zapuštění čerpadla byla pro všechny ukazatel s výjimkou ropných uhlovodíků určena na úrovni cca 0,5 m nad dnem vzorkovaného objektu. V případě vzorkování parametru ropných uhlovodíků skupiny C_{10}–C_{40} bylo čerpadlo vyzvednuto cca 0,5 m pod úroveň hladiny podzemní vody. Při odběru 2 kontrolních vzorků podzemních vod ze studny ST1-1 (v únoru 2011) byl jeden vzorek odebrán staticky z hladiny a druhý dynamicky.

Zároveň s odběrem vzorků podzemní vody byla zaměřena hladina podzemní vody ve vrtech pro stanovení režimu podzemních vod a ověření směru proudění. Při vzorkování byly polními přístroji měřeny základní fyzikálně-chemické parametry podzemní vody (pH, teplota, měrná elektrická vodivost, oxidačně-redukční potenciál a rozpuštěný kyslík).

Tabulka č. 7: Celkový rozsah odběrů vzorků podzemních vod

Aktivita	Množství
Studna	ST1-1
Počet vzorků vod	3
Rozsah analýz	3 – Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, 1–TK, CN^-, NH_4^+, NO_2^-, Cl^-, PAU, BTEX, ClU, pesticidy
Vystrojené vrty	5 ks (označení HG1-1 až HG1-5)
Počet vzorků vod	5
Rozsah analýz	5 – Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, TK, CN^-, NH_4^+, NO_2^-, Cl^-, PAU, BTEX, ClU; 2 – kompletní chemický rozbor; 1 - pesticidy

V rámci monitoringu bylo odebráno 8 ks vzorků podzemních vod. Bylo provedeno 8 rozborů v rozsahu: uhlovodíky C_{10}–C_{40}, 6 rozborů v rozsahu těžké kovy (As, Cd, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), PAU, kyanidy, amonné ionty, dusitany, chloridy, BTEX a ClU. U dvou vystrojených vrtů byl proveden kompletní chemický rozbor vody.

Vzorky podzemní vody byly odebírány do skleněných vzorkovnic s teflonovým těsněním a podřízeny požadavkům laboratoře. Manipulace se vzorkovnicemi byla omezena na minimální technologicky nezbytnou dobu mimo dosah vnějších zdrojů kontaminace. Vzorky

vod byly dobře uzavřeny a chráněny před účinky světla a tepla v chladicím boxu (2–5°C) a následně dopraveny k analýze do laboratoře.

Odebrané vzorky byly opatřeny štítkem s popisem lokality, označením vzorku a času odběru. Do laboratoře byly vzorky předány s předávacím protokolem a s protokolem o odběru vzorků, ve kterém byl vyplněn název lokality, číslo zakázky, důvod odběru vzorků, označení vzorku, charakteristika objektu, hladina vody před čerpáním od o.b.,hloubka objektu od o.b., výška odměrného bodu, průměr výstroje objektu, odčerpaný objem před odběrem, způsob odběru, hladina vody při odběru od o.b., čas odběru, doba čerpání, typ čerpadla, terénní měření (pach, barva, zákal, teplota, pH, konduktivita, kyslík, redox, aj.), konzervace, použité měřidlo, kdo odebral vzorek, způsob uložení vzorků a doprava, datum a osoba při předání do laboratoře.

Na základě takto provedených prací bylo možno zjistit současný stav kontaminace podzemní vody.

2.2.1.3.3. Metodika a rozsah odběrů vzorků povrchových vod

Pro zjištění míry kontaminace povrchových vod byl proveden odběr 2 vzorků povrchové vody s označením PV1-1 a PV1-2 z pravostranného přítoku říčky Sedlnice, který pramení cca 140 m sz. od lokality. Dále byl realizován odběr z vodoteče pramenící přímo na skládce s označením PV1-3. Tato vodoteč pramení v severní části pozemku p. č. 3397/9, cca 135 m ssz. směrem od středu pozemku, vedeném v katastru nemovitostí pod parcelním číslem 3408, následně odtéká na SSZ do údolí, kde ústí do výše zmíněné bezejmenné vodoteče, která je přítokem Sedlnice. Místa odběrů jsou znázorněna na mapě v **příloze č. 6**. Vzorky povrchových vod byly odebrány přímo do vzorkovnice, případně vzorkovačem těsně pod hladinou, do skleněných vzorkovnic s teflonovým těsněním. Způsob odběru byl podřízen požadavkům laboratoře. Manipulace se vzorkovnicemi byla omezena na minimální technologicky nezbytnou dobu mimo dosah vnějších zdrojů kontaminace. Vzorky vod byly dobře uzavřeny a chráněny před účinky světla a tepla v chladicím boxu (2–5°C) a následně dopraveny k analýze do laboratoře.

2.2.1.4. Metodika a rozsah laboratorních analýz

Metodika prováděných laboratorních analýz je uvedena v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8: Metodika laboratorních analýz

Matrice	Stanovení	Metoda
zemina	**C_{10}–C_{40} v sušině**	Plynová chromatografie
	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn v suš.	Atomová absorpční spektrometrie
	Kyanidy v sušině	Spektrofotometrie
	PAU v sušině	HPLC s fluorescenční detekcí
	ClU, BTEX v sušině	Plynová chromatografie (head space)
	PCB v sušině	Plynová chromatografie s ECD detekcí
	TOC v sušině	Stanovení celkového organického uhlíku (TOC)

Matrice	Stanovení	Metoda
		metodou infračervené spektrometrie
	podle tab. 2.1. Vyhl.294/05 Sb.	
	fenolový index	Spektrofotometrie
	chloridy	Argentometrická titrace
	fluoridy	Iontově selektivní elektroda
	sírany	Titrace dusičnanem olovnatým
	As, Ba, Cd, Cr, Cu,Ni, Pb, Sb, Se, Zn, Mo, Hg	Atomová absorpční spektrometrie
	rozpuštěné látky	Gravimetrie
	pH	Přímá potenciometrie
	Test ekotoxicity	Dle metodiky uvedené ve Vyhl. 294/05 Sb.
	Zrnitost	Dle příslušných norem
voda	**C_{10}–C_{40}**	Plynová chromatografie
	As, Cd, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	Atomová absorpční spektrometrie
	Kyanidy, NH_4^+, NO_2^-	Spektrofotometrie
	Cl^-	Argentometrická titrace
	PAU	HPLC s fluorescenční detekcí
	ClU, BTEX	Plynová chromatografie (head space)
	Pesticidy	GC, GC-MS, HPLC
	$CHSK_{Mn}$	Titračně (manganometrie)
	Fe^{2+}	Spektrofotometrie
	Fe^{3+}	Výpočtem z obsahu Fe celk. a Fe(II)
	Mn^{2+}	Spektrofotometrie
	chloridy	Titračně (argentometrie)
	amonné ionty	Spektrofotometrie
	dusitany	Spektrofotometrie
	dusičnany	Spektrofotometrie
	sírany	Titrace dusičnanem olovnatým
	fosforečnany	Spektrofotometrie
	konduktivita	Konduktometrie
	pH	Přímá potenciometrie

Rozsah laboratorní analýzy vzorků zemin

V rámci laboratorních zkoušek vzorků zemin bylo zpracováno:

- 30 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení uhlovodíků C_{10}–C_{40}, As, Cd, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn v sušině
- 14 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení obsahu kyanidů, PAU v sušině

- 11 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení obsahu BTEX a ClU
- 4 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení vyluhovatelnosti (dle II. třídy) a TOC v sušině
- 2 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení PCB v sušině
- 2 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem provedení testu ekotoxicity
- 4 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem provedení granulometrických analýz

Rozsah laboratorní analýzy vzorků podzemních vod

V rámci laboratorních zkoušek vzorků podzemních vod bylo zpracováno:

- 8 ks vzorků podzemních vod pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení uhlovodíků C_{10}–C_{40}
- 6 ks vzorků podzemních vod pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení As, Cd, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, kyanidů, amonných iontů, dusitanů, chloridů, PAU, BTEX a ClU
- 2 ks vzorků podzemních vod pro účely laboratorního zpracování za účelem provedení kompletního chemického rozboru a stanovení obsahu pesticidů

Rozsah laboratorní analýzy vzorků povrchových vod

V rámci laboratorních zkoušek povrchových vod byly zpracovány:

- 3 ks vzorku povrchové vody k laboratornímu zpracování za účelem stanovení uhlovodíků C_{10}–C_{40} a těžkých kovů (As, Cd, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)

2.2.1.5. Hydrodynamické expresní zkoušky

2.2.1.5.1. Základní údaje, cíle HDZ

Na hydrogeologickém objektu HG1-4 byla z důvodu ověření filtračních parametrů horninového prostředí realizována hydrodynamická zkouška (dále HDZ). HDZ byla provedena formou ověřovací čerpací a stoupací zkoušky a formou neustáleného proudění s konstantní vydatností. Čerpaná voda byla vypouštěna po spádu terénu v dostatečné vzdálenosti, aby nedošlo k ovlivnění čerpací zkoušky (min 30 m), čerpaná voda byla přečištěna v mobilní sanační technologii. Výsledky hydrodynamických zkoušek jsou uvedeny v **příloze č. 15.**

2.2.1.5.2. Specifikace objektů pro HDZ

Hydrodynamická zkouška byla realizována na hydrogeologickém vrtu uvedeném v následující tabulce č. 9.

Tabulka č. 9: Hydrogeologický objekt pro realizaci hydrodynamických zkoušek

Označení vrtu	Hloubka vrtu (m p.ú.t.)	Výstroj vrtu (materiál/průměr v mm)	ČZ (hod)	SZ (hod)
HG1-4	8	PVC 110/2,2 mm	0,36	2

2.2.1.5.3. Technické podmínky realizace HDZ

Parametry hydrodynamické zkoušky jsou uvedeny v následujícím přehledu:

- Fáze prací – po vystrojení
- Délka ČZ – 0,36 hod
- Čerpadlo – ponorné čerpadlo GIGANT, Q = 0,1 l/s
- Zapuštění čerpadla – 1,0 m od dna vrtu
- Odměrný bod – hrana výstroje
- Způsob čerpání – na plný výkon čerpadla
- Intervaly měření – dle formuláře pro neustálené proudění, sledované veličiny s a Q
- Pozorované objekty – okolní vrty
- Čerpaná voda byla vypouštěna po spádu terénu v dostatečné vzdálenosti, aby nedošlo k ovlivnění čerpací zkoušky a byla přečištěna v mobilní sanační technologii
- Stoupací zkouška – 2 hod
- Intervaly měření při stoupací zkoušce – dle formuláře pro neustálené proudění, sledované veličiny **s**

2.2.1.5.4. Postup realizace HDZ

Sled prací při realizaci HDZ je uveden v následujícím přehledu:

- zaměření hladin PV ve všech hydrogeologických objektech na lokalitě (ustálený stav)
- zapuštění čerpadla do vrtu (1,0 m nad úrovní dna vrtu), instalace mobilní sanační technologie na výtoku
- spuštění čerpadla – čerpáno konstantní vydatností na plný výkon čerpadla, zapisovány hladiny PV v čerpaném vrtu a sledovaných vrtech dle formuláře pro neustálené proudění, měřena vydatnost čerpání dle kalibrované nádoby
- po ukončení čerpání byla provedena stoupací zkouška, při níž byly měřeny hladiny PV v čerpaném vrtu a okolních sledovaných objektech dle formuláře pro neustálené proudění
- po ukončení SZ byla provedena demontáž čerpací techniky

2.2.1.5.5. Kontrolní činnost

Při realizaci HDZ bylo postupováno dle interních předpisů firmy. Práce byly odborně, cíleně a efektivně řízeny při dodržení veškerých dotčených v současnosti platných legislativních norem a předpisů a za použití postupů běžně používaných v ČR.

2.2.2. Výsledky průzkumných prací

2.2.2.1. Interpretace geofyzikálních měření

Komplex geofyzikálních metod vycházel z požadavku

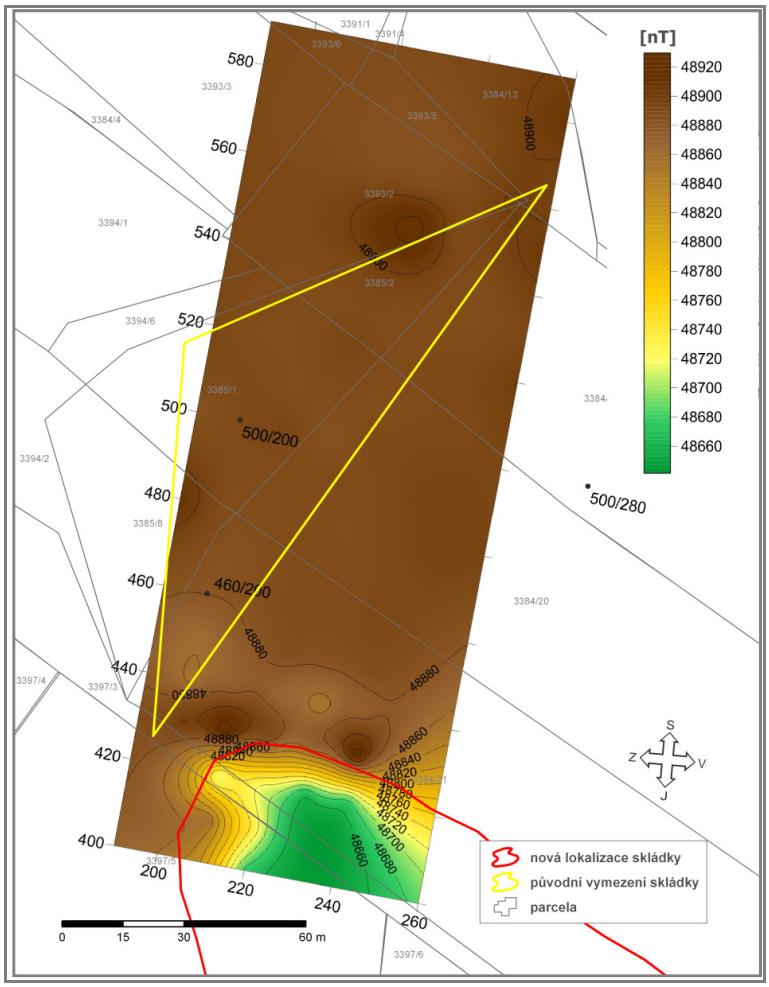
- zjistit plošný rozsah skládky,
- v charakteristických profilech určit mocnost a charakter skládkového materiálu.

Lokalita byla původně vymezena na západním okraji pole u lesa – vyznačeno v **obrázku č. 3**. Při magnetickém měření však v tomto prostoru nebyly zjištěny žádné magnetické anomálie, pouze na jejím jižním okraji by zachycen okraj magnetické anomálie. Další průzkum byl proto směřován jižně od původně vymezené plochy, kde byla objevena skládka mnohem větších rozměrů přibližně 200 x 200 m.

Zájmový prostor byl plošně pokryt magnetometrií, na profilech P300 (Z–V) a P300 (J–S) byla realizována metoda MRS a metoda OT, na profilu P200 (Z–V) metoda OT. Nad skládkou na okraji zahrádkářské kolonie byl změřen metodou MRS profil P1, aby bylo zjištěno, zda skládka pokračuje i do prostoru zahrádkářské kolonie. Situace změřených profilů je v **příloze č. 6**.

Na základě mapy totálního vektoru magnetického pole byl vymezen plošný rozsah skládky. Plošné vymezení skládky podle magnetometrie je vyznačeno v **příloze č. 7.1**. Je vidět, že skládka se rozkládá jižně od původně uvažované plochy, má dle výsledků nekorelovaných magnetometrických měření rozměry asi 200 x 200 m s lalokem na jižním okraji skládky – zde se již zřejmě jedná o rozvlečený materiál do mělkého údolíčka s malými mocnostmi. Výsledky plošného magnetometrického měření jsou přerušeny v prostoru silnice a zahrádek na jihovýchodním konci skládky, protože štěrkovitý materiál silnice a železné předměty v zahrádkách vyvolávají magnetické anomálie obdobné velikosti jako skládkový materiál a na východním konci skládky, neboť v tomto prostoru prochází velmi vysoké napětí, které také výrazně ovlivňuje měřené magnetické pole. V těchto zmíněných úsecích nebylo možno rozsah skládky magnetometrickým měřením jednoznačně vymezit.

Mocnost skládkového materiálu byla zjišťována na profilech P1 podle metody MRS a P300 (Z – V) a P300 (J – S) podle metody MRS (**příloha č. 7.2**) i podle metody OT (**přílohy č. 7.3 a 7.4**). Podle metody MRS na profilu P1 (tj. u zahrádkářské kolonie) není již skládka přítomna, protože zde byla zjištěna mocnost nízkorychlostní vrstvy pouze do 2 m, což odpovídá mocnosti kvartérních sedimentů. Naopak na profilech P300 (Z–V) a P300 (J–S) je mocnost skládkového materiálu (a zřejmě také tenké vrstvy kvartérních sedimentů) až 10 m. Při předpokladu mocnosti kvartérních sedimentů kolem 2 m tak mocnost skládkového materiálu může dosahovat až 8 m. Největší mocnosti skládky byly zjištěny na profilu P300 (Z–V) v intervalu metráží 270–310 a na profilu P300 (J–S) v intervalu metráží 260–380 m. Mocnosti skládkového materiálu v jižní části skládky v okolí profilu P200 (Z–V) jsou do 5 m, takže menší než v centrální části skládky.



Obrázek č. 3: Mapa magnetického pole na původně vymezené ploše skládky

Podle měrných odporů (metoda OT) v podloží skládky převládají měrné odpory kolem 25–30 Ωm, místy však pouze kolem 15–20 Ωm, což může být způsobeno přítomností vodivé mineralizované podzemní vody v podloží. Materiál skládky má měrné odpory 35–60 Ωm, což odpovídá hrubozrnnějšímu materiálu charakteru stavebního a komunálního odpadu, místy ale mohou být přítomna i železná tělesa podle intenzivních magnetických anomálií – hnědá barva v magnetické mapě **v příloze č. 7.1**. Ve východní části skladky – profil P300 (Z–V) a v jižní části skládky – profil P200 (Z–V) jsou měrné odpory nižší a odpovídají spíše jílovitým materiálům.

Podle prováděcí projektové dokumentace se původně předpokládalo, že bude geofyzikální měření probíhat i v zahrádkářské kolonii. Jelikož by nebylo možné geofyzikálním měřením přesně prokázat rozsah skládky na tomto území z důvodu velkého množství magnetizovaného materiálu v zahrádkách, na který magnetometrie citlivě reaguje, proběhlo ověření zhotovením 2 ručních sond, kterými nebyl zjištěn skládkový materiál.

2.2.2.2. Provedené vrtné práce

Nevystrojené sondy

Nevystrojené vrty (celkem 11 ks strojně vrtaných sond) byly v nezpevněných sedimentech zhotoveny vrtnou soupravou UGB 50, technologií rotačního jádrového vrtání, vrtným průměrem 195/175 mm.

Geologická dokumentace nevystrojených sond je uvedena v **příloze č. 8.**

Technický popis nevystrojených vrtů je uveden v následujícím přehledu:

Počet vrtů:	11
Označení vrtu:	**S1-1, S1-2, S1-3, S1-4, S1-5, S1-6, S1-7, S1-8, S1-9, S1-10, S1-11**
Lokalizace vrtu:	viz **příloha č. 6**
Technologie vrtání:	rotační jádrová
Hloubka vrtu:	viz tabulka **č. 5 kap. 2.2.1.2**. konečná hloubka vrtu byla určena hydrogeologem dle místních podmínek
Vrtné průměry:	0–13 m(kvartér + podloží) 195/175 mm
Pažení:	pracovní ocelové pažení dle soudržnosti profilu
Výplach:	ne
Likvidace:	záhozem

Ruční vrtné práce byly prováděny pomocí ruční vibračně vrtné soupravy firmy Eijkelkamp s použitím dutých jádrových sond o průměrech 50 mm a bouracího kladiva Makita HM 1400.

Technický popis ručních nevystrojených závrtů je uveden v následujícím přehledu:

Počet vrtů:	2
Označení vrtu:	**S1-12, S1-13**
Lokalizace vrtu:	viz **příloha č. 6**
Technologie vrtání:	0–2,0 m (kvartér + navětralé podloží) vibrační
Hloubka vrtu:	viz tabulka **č. 5 kap. 2.2.1.2**.
Vrtné průměry:	0–2,0 m (kvartér) 50 mm
Pažení:	ne
Výplach:	ne
Likvidace:	záhozem

Vystrojené hydrogeologické vrty

Průzkumné hydrogeologické vrty řady **HG1** (5 ks) byly v nezpevněných sedimentech zhotoveny technologií rotačního jádrového vrtání vrtnou soupravou UGB-50 vrtným průměrem 195/175 mm a vystrojeny PVC 110/2,2 mm. Parametry nově vybudovaných vystrojených hydrogeologických vrtů jsou uvedeny v následujícím přehledu.

Geologická dokumentace hydrogeologických vrtů je uvedena v **příloze č. 8.**

HG1-1

Záměry (S-JTSK, Bpv)

Y: 484238,26 ***X:1126350,03*** ***Z: 328,48/327,88***

Lokalizace vrtu: viz **příloha č. 6**

Technologie vrtání: 0,0–4,2 m (kvartér) rotační jádrová

Hloubka vrtu: 4,2 m

Vrtné průměry: 0,0–1,1 m ø 195 mm (UGB 50)
1,1–4,2 m ø 175 mm (UGB 50)

Výplach: bez výplachu

Výstroj: + 0,0–1,0 m PVC 110/2,2 mm plná
1,0–3,8 m PVC 110/2,2 mm perforovaná
3,8–4,2 m PVC 110/2,2 mm plná
perforace příčná štěrbinová šířky 1,5 mm, 10 %

Zaplášťové úpravy: 0,0–0,5 m cementace
0,5–1,0 m pískový přechod
1,0–4,2 m obsyp 4/8 mm kačírek

Zhlaví vrtu: 0,0–0,5 m přírubové kovové zhlaví ø 133 mm, obetonováno

Hladina podzemní vody vztažená k terénu:

naražená 1,2 m ustálená 1,03 m

HG1-2

Záměry (S-JTSK, Bpv)

Y: 484219,62 ***X:1126508,93*** ***Z: 342,82/342,22***

Lokalizace vrtu: viz **příloha č. 8**

Technologie vrtání: 0,0–6,0 m (kvartér) rotační jádrová

Hloubka vrtu: 6 m

Vrtné průměry: 0,0–1,0 m ø 195 mm (UGB-50)
1–6,0 m ø 175 mm (UGB-50)

Výplach: bez výplachu

Výstroj: + 0,0–1,0 m PVC 110/2,2 mm plná
1,0–5,0 m PVC 110/2,2 mm perforovaná
5,0–6,0 m PVC 110/2,2 mm plná
perforace příčná štěrbinová šířky 1,5 mm, 10 %

Zaplášťové úpravy: 0,0–0,5 m cementace
0,5–1,0 m pískový přechod
1,0–6,0 m obsyp 4/8 mm kačírek

Zhlaví vrtu: 0,0–0,50 m přírubové kovové zhlaví ø 133 mm, obetonováno

Hladina podzemní vody vztažená k terénu:

naražená	2,7 m	ustálená	0,72 m

HG1-3

Záměry (S-JTSK, Bpv)

Y: 484106,39 ***X: 1126523,54*** ***Z: 350,00/349,40***

Lokalizace vrtu:	viz **příloha č. 6**
Technologie vrtání:	0,0–10,0 m (kvartér + křída) rotační jádrová
Hloubka vrtu:	10 m
Vrtné průměry:	0,0–3,5 m ø 195 mm (UGB 50)
	3,5–10,0 m ø 175 mm (UGB 50)
Výplach:	bez výplachu
Výstroj:	+ 0,0–2 m PVC 110/2,2 mm plná
	2,0 –9,5 m PVC 110/2,2 mm perforovaná
	9,5–10,00 m PVC 110/2,2 mm plná
	perforace příčná štěrbinová šířky 1,5 mm, 10 %
Zaplášťové úpravy:	0,0–0,5 m cementace
	0,5–1,0 m pískový přechod
	1,0–10,0 m obsyp 4/8 mm kačírek
Zhlaví vrtu:	0,0–0,5 m přírubové kovové zhlaví ø 133 mm, obetonováno

Hladina podzemní vody vztažená k terénu:

naražená	6,4 m	ustálená	4,15 m

HG1-4

Záměry (S-JTSK, Bpv)

Y: 484274,88 ***X:1126625,27*** ***Z: 347,72/347,14***

Lokalizace vrtu:	viz **příloha č. 6**
Technologie vrtání:	0,0–8,0 m (kvartér) rotační jádrová
Hloubka vrtu:	8 m
Vrtné průměry:	0,0–2,8 m ø 195 mm (UGB-50)
	2,8–8 m ø 175 mm (UGB-50)
Výplach:	bez výplachu
Výstroj:	+ 0,0–2,0 m PVC 110/2,2 mm plná
	2,0–7,0 m PVC 110/2,2 mm perforovaná
	7,0–8,0 m PVC 110/2,2 mm plná
	perforace příčná štěrbinová šířky 1,5 mm, 10 %
Zaplášťové úpravy:	0,0–0,5 m cementace
	0,5–1,0 m pískový přechod

1,0–8,0 m obsyp 4/8 mm kačírek

Zhlaví vrtu: 0,0–0,50 m přírubové kovové zhlaví ø 133 mm, obetonováno

Hladina podzemní vody vztažená k terénu:

naražená 4,5 m ustálená 1,28 m

HG1-5

Záměry (S-JTSK, Bpv)

Y: 484112,56 ***X: 1126595,77*** ***Z: 350,64/350,16***

Lokalizace vrtu: viz **příloha č. 8**

Technologie vrtání: 0,0–10,0 m (kvartér) rotační jádrová

Hloubka vrtu: 6 m

Vrtné průměry: 0,0–6,0 m ø 195 mm (UGB 50)

Výplach: bez výplachu

Výstroj: + 0,0–2,0 m PVC 110/2,2 mm plná

2,0 –5,5 m PVC 110/2,2 mm perforovaná

5,5–6,0 m PVC 110/2,2 mm plná

perforace příčná štěrbinová šířky 1,5 mm, 10 %

Zaplášťové úpravy: 0,0–0,5 m cementace

0,5–1,0 m pískový přechod

1,0–6,0 m obsyp 4/8 mm kačírek

Zhlaví vrtu: 0,0–0,5 m přírubové kovové zhlaví ø 133 mm, obetonováno

Hladina podzemní vody vztažená k terénu:

naražená 2,5 m ustálená 0,95 m

2.2.2.3. Výsledky laboratorních analýz

2.2.2.3.1. Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin

Vzhledem k tomu, že hlavní sledované polutanty, uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, ClU, BTEX, kyanidy a TK, se dostávají do jednotlivých složek ŽP prakticky výhradně vlivem antropogenní činnosti a v jednotlivých složkách nejsou přirozeně výrazněji zastoupeny, jsou výsledky laboratorních analýz porovnávány s hodnotami přirozeného pozadí na lokalitě a s orientačními kritérii „A“, „B“ a „C“ Metodického pokynu MŽP z roku 1996. Hodnoty jsou porovnávány zejména s kritériem „A“, které obecně odpovídá přirozeným obsahům jednotlivých polutantů v životním prostředí a jeho překročení naznačuje možnost ovlivnění antropogenní činností. Dále byly výsledky výluhových zkoušek porovnávány s tabulkou č. 2.1 a výsledky ekotoxicky porovnány podle tab. 10.2 vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Jako reprezentativní vzorek představující přirozené koncentrace na lokalitě, byl vybrán hydrogeologický vrt HG1-4, jehož hodnoty dosahují jedny z nejnižších koncentrací a leží mimo skládkové těleso.

Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin jsou uvedeny v **příloze č. 9.1.** Přehlednou prezentaci prostorového rozmístění kontaminace zeminy a podzemní a povrchové vody podává **příloha č. 9.10**.

Pro účely statistického zhodnocení byl určen minimální počet 3 analýz, jejichž hodnoty jsou nad mezí detekce, v případě analýz pod mezí detekce byla uvažována poloviční hodnota detekčního limitu. Tímto krokem dojde k navýšení datového souboru o analýzy, jejichž hodnotu nelze uvažovat jako nulovou, nýbrž jako zanedbatelně nízkou. Statistické hodnocení bylo zpracováno u ukazatelů, které se podílí na plošném znečištění. Ze souboru dat byl vyjádřen aritmetický průměr, směrodatná odchylka, medián, 1. a 3. kvartil. Statistické výpočty jsou uvedeny v tabulkách u každého diskutovaného ukazatele.

Uhlovodíky C_{10}–C_{40}

Celkem bylo analyzováno 30 ks vzorků zemin na stanovení uhlovodíků C_{10}–C_{40}. Ve vrtu HG1-4, který reprezentuje přirozené pozadí, byly sice koncentrace těchto látek pod mezí detekce analytické metody (<25 mg/kg), nicméně v ostatních vzorcích se místy objevují vysoké koncentrace a jedná se tak o „plošné“ znečištění zemin uhlovodíky C_{10}–C_{40}. Maximální hodnota dosahovala **20 918 mg/kg** a byla identifikována v sondě S1-11 (3,3 m). Další vysoké koncentrace pohybující se nad 1 000 mg/kg byly prokázány v sondě S1-1(6,2 m) s koncentrací **12 137 mg/kg**, v sondě S1-3 (5,8 m) s koncentrací **1 164 mg/kg**, v sondě S1-5 (4,5 m) s koncentrací **3 561 mg/kg** a v sondě S1-10 (2,8–3 m) s koncentrací **1 741 mg/kg**. V hydrogeologických vrtech byla naměřena max. koncentrace **6 236 mg/kg** v HG1-3 (3 m) a **1 325 mg/kg** ve vrtu HG1-2 (1,3 m). Obsah uhlovodíků C_{10}–C_{40} do 500 mg/kg se vyskytoval v S1-12 (1 m) s hodnotou **489 mg/kg**, v S1-8 (4,4 m) s **356 mg/kg**, v S1-11 (5 m) s koncentrací **334 mg/kg**, v sondě S1-10 (4 m) s **301 mg/kg**, a v S1-1(11–12 m) se **108 mg/kg**. Ve vzorku z hloubky 4 m z vrtu HG1-1 se vyskytovalo **162 mg/kg** uhlovodíků C_{10}–C_{40}.

Z výsledků lze stanovit, že se jedná o plošnou kontaminaci zemin s maximálními koncentracemi okolo 20 000 mg/kg, přičemž maximální hodnoty byly identifikovány v SV části vymezeného prostoru skládky.

Tabulka č. 10: Statistické ukazatele uhlovodíků C_{10}–C_{40} v zeminách

	aritmetický průměr (mg/kg)	medián (mg/kg)	směrodatná odchylka (mg/kg)	1. kvartil (mg/kg)	3.kvartil (mg/kg)
Uhlovodíky C_{10}–C_{40}	1 640,28	53,50	4 330,06	12,50	455,75

BTEX

Celkem bylo analyzováno 11 vzorků zemin na stanovení složek skupiny BTEX, z toho 5 vzorků zemin nedosahovalo koncentrací nad mez detekce laboratorního stanovení. Max. koncentrace byla prokázána ve v sondě S-1 (11–12 m), kde se benzen vyskytuje v koncentraci **1,1 mg/kg** a těsně tak přesahuje orientační kritérium C MP MŽP. ∑BTEX v této sondě

dosahuje tak největších hodnot (**5,08 mg/kg**). Ve zbylých sondách se koncentrace pohybují v úrovni hodnot orientačního kritéria A. Přestože vysoká hodnota byla prokázána pouze v bodovém rozsahu, jedná se na této lokalitě o plošné, ale nevýznamné znečištění zemin složkami BTEX. V tabulce č. 11 jsou uvedeny statistické ukazatele.

Tabulka č. 11: Statistické ukazatele látek skupiny BTEX v zeminách

	aritmetický průměr (mg/kg)	medián (mg/kg)	směrodatná odchylka (mg/kg)	1. kvartil (mg/kg)	3.kvartil (mg/kg)
Benzen	0,13	0,02	0,31	0,01	0,06
Toluen	0,19	0,07	0,33	0,01	0,17
Ethylbenzen	0,05	0,02	0,08	0,01	0,06
Xylen	0,40	0,17	0,69	0,02	0,38

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

V rámci analýzy rizik bylo odebráno celkem 14 ks vzorků na stanovení obsahu PAU. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny v sondě S1-10 (1,8–3 m), kde byla koncentrace benzo/a/pyrenu **7,822 mg/kg** a v hydrogeologickém vrtu HG1-2 (1,3 m) byla naměřena koncentrace **5,859 mg/kg**. Obě tyto hodnoty překračují orientační kritérium C MP MŽP. Orientační kritérium B MP M6P bylo překročeno u vzorku z hydrogeologického vrtu HG1-2 (2,1 m) s hodnotou **2,358 mg/kg** a ve vzorku ze sondy S1-13 (1 m) kde obsah benzo/a/pyrenu dosahuje **1,93 mg/kg**. Orientační kritérium B MP MŽP bylo taktéž překročeno u koncentrace benzo/b/fluoranthenu z hydrogeologického vrtu HG1-2 (1,3 m) s hodnotou **7,122 mg/kg** a ve vzorku ze sondy S1-10 (2,8–3 m) s hodnotou **9,916 mg/kg**. Koncentrace indeno(1,2,3-cd)pyrenu ze vzorku z nevystrojené sondy S1-10 (2,8–3 m) s hodnotou **4,671 mg/kg** taktéž překročila orientační kritérium B MP MŽP.

Tabulka č. 12: Statistické ukazatele PAU v zeminách

	aritmetický průměr (mg/kg)	medián (mg/kg)	směrodatná odchylka (mg/kg)	1. kvartil (mg/kg)	3. kvartil (mg/kg)
Benzo/a/pyren	1,43	0,15	2,35	0,05	1,68
Benzo/b/fluoranthen	1,80	0,19	2,94	0,10	2,21
Benzo/ghi/perylen	0,81	0,16	1,36	0,06	0,75
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,78	0,09	1,36	0,04	0,68
Benzo/k/fluoranthen	0,75	0,08	1,22	0,03	0,89
Chrysen	1,29	0,15	1,89	0,07	2,18
Pyren	2,97	0,21	4,50	0,13	4,87
Anthracen	0,71	0,07	1,39	0,03	0,53
Fenanthren	2,44	0,33	3,67	0,09	4,09
fluoranthen	3,89	0,26	6,06	0,15	5,71
Naftalen	0,20	0,05	0,29	0,03	0,28
Fluoren	0,28	0,09	0,43	0,01	0,36

Ve většině ostatních sledovaných objektů se koncentrace PAU, pohybují kolem hodnot orientačního kritéria A. Laboratorními analýzami bylo tedy prokázáno plošné znečištění PAU v zeminách. Statistické parametry jsou uvedeny v tab. č. 12.

Kyanidy (CN^-)

V rámci posouzení rozsahu kontaminace bylo sledováno 14 ks vzorků zemin pro účely laboratorního stanovení obsahu kyanidů v sušině. Ve vrtu HG1-4, který reprezentuje přirozené pozadí na lokalitě, dosáhl obsah kyanidů **0,27 mg/kg**, což odpovídá běžným průměrným hodnotám přirozeného pozadí (kritériu A). Měřitelné obsahy tohoto parametru se v zeminách pohybují **od 0,11 do 0,58 mg/kg**, v některých vzorcích nedosahovaly detekčního limitu laboratoře. Statistické parametry koncentrací kyanidů jsou uvedeny v tab. č. 13.

Tabulka č. 13: Statistické ukazatele kyanidů v zeminách

	aritmetický průměr (mg/kg)	medián (mg/kg)	směrodatná odchylka (mg/kg)	1. kvartil (mg/kg)	3. kvartil (mg/kg)
Kyanidy	0,13	0,13	0,08	0,09	0,17

Chlorované uhlovodíky (ClU)

Na lokalitě bylo odebráno celkem 11 ks vzorků zemin na stanovení chlorovaných uhlovodíků, přičemž koncentrace ve všech sledovaných objektech nedosahovaly meze detekce laboratorní metody.

Těžké kovy (TK)

Na lokalitě bylo sledováno 30 ks vzorků zemin na stanovení obsahu těžkých kovů, z výsledků je patrné, že ve většině vzorků se koncentrace těžkých kovů pohybují pod hodnotou orientačního kritéria A, tedy v úrovni přirozených hodnot na lokalitě. Výjimkou je sonda S1-11 (3,3 m), kde byl bodově prokázán vysoký obsah chromu v koncentraci **1 690 mg/kg** a **205 mg/kg** niklu. Mírně zvýšené koncentrace kadmia a mědi ale vykazují plošný rozsah na lokalitě, a proto jsou u vybraných kovů stanoveny statistické ukazatele (viz tab. č. 14)

Tabulka č. 14: Statistické ukazatele vybraných těžkých kovů v zeminách

	aritmetický průměr (mg/kg)	medián (mg/kg)	směrodatná odchylka (mg/kg)	1. kvartil (mg/kg)	3. kvartil (mg/kg)
Kadmium	0,42	0,30	0,42	0,13	0,41
Měď	38,79	13,85	68,18	9,90	20,48

Polychlorované bifenyly (PCB)

V rámci laboratorních analýz byly sledovány 2 vzorky zemin na stanovení obsahu PCB a v jednom případě byla koncentrace PCB vyšší než kritérium A. Jednalo se o hodnotu 1,23 mg/kg naměřenou v sondě S1-1 (11–12 m), jde ale o hodnotu velmi mírně zvýšenou.

Výsledky stanovení třídy vyluhovatelnosti

Na stanovení tříd vyluhovatelnosti byly odebrány celkem 4 vzorků zemin ze sond S1-3 a S1-11. Z laboratorních výsledků vyplynulo, že koncentrace fluoridů v sondě S1-13 v hloubce 5,8 a 6,5 m nevyhovují vyhlášce MŽP ČR č. 294/2005 Sb. pro zařazení odpadů do

třídy I. Stejné třídě nevyhovují koncentrace niklu ze sondy S1-3 (6,5 m) a S1-11 (3,3 m). Ve stejných vzorcích zemin nevyhovují koncentrace rozpuštěných látek a analýzami bylo prokázáno, že koncentrace zinku a arsenu v sondě S1-3 (6,5 m) rovněž přesahují požadované hodnoty. V sondě S1-11 (3,3 m) jsou překročeny obsahy síranů. Všechny uvedené parametry nevyhovují vyhlášce MŽP ČR č. 294/2005 Sb. pro zařazení odpadů do třídy I.

Výsledky laboratorního stanovení třídy vyluhovatelnosti jsou uvedeny v **příloze č. 9.6.**

Výsledky testu ekotoxicity

Podle výsledku testu ekotoxicity, který byl prováděn na 2 vzorcích zemin z nevystrojených sond S1-3 (3,5–6,5 m) a směsného vzorku S1 (odebraného jako směsného z celých profilů obou ručně zhotovených nevystrojených sond S1-12 a S1-13) bylo zjištěno, že dané vzorky vyhovují všem požadovaným parametrům dle vyhl. č. 294/2005 Sb.

Výsledky laboratorního stanovení testu ekotoxicity jsou uvedeny v **příloze č. 9.7.**

Výsledky stanovení TOC

Stanovení celkové sušiny a celkového organického uhlíku (TOC) bylo prováděno ze 4 vzorků zemin sond S1-3 (5,8 m a 6,5 m) a S1-11 (3,3 a 5 m). Obsah celkové sušiny se v analyzovaných vzorcích pohyboval **od 77,3 % do 82,7 %.** Obsahy TOC v sušině validovaly od **0,83 % do 4,01 %.**

Výsledky stanovení celkové sušiny a obsahu TOC je uveden **v příloze č. 9.8.**

Porovnání výsledků s vyhl. č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu

S limitními hodnotami výše uvedené vyhlášky byly porovnávány výsledky všech laboratorních analýz, provedených v rámci odběrů zemin. Koncentrace přesahující limitní hodnoty byly stanoveny v ukazateli uhlovodíky C_{10}–C_{40}, vybrané těžké kovy, ∑PAU, ∑BTEX a PCB.

Limitní hodnota uhlovodíků C_{10}–C_{40} je 300 mg/kg, která je překročena celkem v 11 vzorcích zemin, přičemž nadlimitní hodnoty se pohybují **od 301 mg/kg** do max. hodnoty **20 918 mg/kg** v sondě S1-11 (3,3 m), kde je 70 násobně překročen požadovaný limit.

Z hlediska těžkých kovů nevyhovují dané vyhlášce zvýšené koncentrace arsenu, kadmia, chromu, rtuti, niklu a olova. Limitní koncentrace arsenu je 10 mg/kg, jejíž překročení bylo prokázáno celkem ve 4 sondách, kde se koncentrace arsenu pohybují od **11,3 mg/kg** do **16 mg/kg**. Koncentrace 1 mg/kg představuje limitní hodnotu pro kadmium, která je vyšší ve 3 sondách s koncentracemi **1,4 a 1,6 mg/kg.** V jediné sondě byl naměřen obsah chromu vyšší, než požaduje daná vyhláška. Identifikována byla hodnota **1 690 mg/kg** při limitní hodnotě 200 mg/kg. Limitní hodnota pro rtuť je 0,8 mg/kg, která je překročena ve dvou sondách v koncentraci **1,3 a 1,4 mg/kg.** Pro nikl dle vyhlášky platí limitní hodnota 80 mg/kg, která je vyšší ve dvou vzorcích zemin s koncentrací **133 mg/kg** a **205 mg/kg**. Z posledních těžkých kovů, jejichž koncentrace nevyhovovaly limitní hodnotě 100 mg/kg bylo olovo, který překračuje tuto hodnotu v koncentraci **113 mg/kg** v sondě S1-5.

Dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. je mezní hodnota ∑PAU[5] 6 mg/kg, která byla vyšší pouze v jediné sondě S1-13 (1 m) s hodnotou **29,99 mg/kg.** Na této hodnotě se podílí i zvýšená koncentrace benzo/a/pyrenu (**1,93 mg/kg**), která překračuje orientační kritérium B MP MŽP.

Limitní hodnota ∑BTEX je 0,4 mg/kg, která je překročena celkem v 5 sondách, přičemž nejvyšší koncentrace dosáhla **5,08 mg/kg** v sondě S1-1 (11–12 m). Ostatní nadlimitní hodnoty se pohybují od **0,49 mg/kg** do **0,83 mg/kg**.

Dle výše uvedené vyhlášky je limitní hodnota pro sumu PCB kongerenu v sušině 0,2 mg/kg, která byla ze dvou sledovaných vzorků překročeno v jednom z nich v sondě S1-1 (11–12 m) s hodnotou **1,23 mg/kg**.

2.2.2.3.2. Výsledky laboratorních analýz vzorků podzemních vod

Výsledky laboratorních analýz odebraných vzorků podzemních vod jsou porovnány jednak s limitními hodnotami pro pitnou vodu dle vyhl. č. 252/2004 Sb. (i přesto, že objekty nemají charakter zdrojů pitné vody) a dále s hodnotami sledovaných ukazatelů ve vrtu HG1-4, který byl vybrán jako reprezentant přirozeného pozadí na lokalitě. Dále pak byly podzemní vody orientačně porovnány s kritérii A, B a C Metodického pokynu MŽP z roku 1996.

Výsledky laboratorních analýz kvality podzemních vod jsou uvedeny v tabulkách **v příloze č. 9.2.** Přehlednou prezentaci prostorového rozmístění kontaminace zeminy a podzemní a povrchové vody podává **příloha č. 9.10**.

Uhlovodíky C_{10}–C_{40}

V rámci hodnocení kvality podzemních vod na lokalitě byly analyzovány podzemní vody v parametrech uhlovodíky C_{10}–C_{40} celkem ze 6 objektů (5x monitorovací vrt řady HG1, 1x studna ST1-1 v zahrádkářské kolonii). Ve všech monitorovacích vrtech byly koncentrace pod mezí detekce laboratorní metody (<0,05 mg/l), měřitelné hodnoty se objevily ve studni ST1-1, kde byla v listopadu 2010 stanovena v dynamickém vzorku hodnota **4,67 mg/l** a v únoru 2011 hodnota **0,124 mg/l**. Při únorovém vzorkování byl současně proveden odběr statického vzorku ze studně, která obsahovala **0,212 mg/l** uhlovodíků C_{10}–C_{40}. Tyto hodnoty však vzhledem k umístění a parametrům této vrtané studny nemohou souviset s kontaminací ze skládky a mají svůj původ průnikem závadných látek do podzemní vody přímo v prostoru zahrádkářské kolonie.

BTEX

Celkem bylo analyzováno 6 vzorků podzemních vod na stanovení obsahu BTEX. U těchto parametrů nebyly v podzemních vodách prokázány zvýšené koncentrace přesahující orientační kritéria MP MŽP. Koncentrace BTEX u všech vzorků podzemních vod jsou pod mezí detekce laboratorního stanovení.

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

V rámci hodnocení kvality podzemních vod na lokalitě 1 – U Benčáku bylo analyzováno celkem 6 vzorků podzemních vod. Analýzy identifikovaly kontaminaci bodového rozsahu ve

[5] ∑PAU v zeminách jsou definovány dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. jako suma následujících látek: anthracen, benzo/a/anthracen, benzo/b/pyren, benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylen, benzo/k/fluoranthen, fluoranthen, fenanthren, chrysen, indeno(1,2,3-cd)pyren, naftalen a pyren.

vrtu HG1-5, kde **0,27 µg/l** benzo/ghi/perylenu, **0,201 µg/l** indeno(1,2,3-cd)pyren a **0,31 µg/l** chrysenu mírně překračovaly orientační kritérium C MP MŽP. Benzo/a/pyren s koncentrací **0,4 µg/l**, benzo/b/fluoranthen s koncentrací **0,44 µg/l** a benzo/k/fluoranthen s koncentrací **0,19 µg/l** převyšovaly kritérium B MP MŽP. V ostatních vzorcích se koncentrace pohybovaly na úrovni přirozených hodnot nebo kritéria A. Ve vrtu HG1-4, který reprezentuje přirozené hodnoty na lokalitě, převyšovaly koncentrace PAU orientační kritérium A MP MŽP. V tab. č. 15 jsou uvedeny statistické ukazatele rozložení koncentrací PAU v podzemních vodách.

Hodnota ∑PAU[6] v podzemní vodě překračuje kritérium A ve vrtu HG1-5, v HG1-4 a v HG1-2 v hodnotách **3,56 µg/l**, **0,98 µg/l** a **0,4 µg/l**.

Tabulka č. 15: Statistické ukazatele PAU v podzemních vodách

	aritmetický průměr (µg/l)	medián (µg/l)	směrodatná odchylka (µg/l)	1.kvartil (µg/l)	3.kvartil (µg/l)
Benzo/a/pyren	0,086	0,007	0,145	0,004	0,074
Benzo/b/fluoranthen	0,099	0,009	0,159	0,005	0,101
Benzo/ghi/perylen	0,057	0,005	0,096	0,003	0,049
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,044	0,003	0,073	0,003	0,041
Benzo/k/fluoranthen	0,041	0,004	0,067	0,002	0,039
Benzo/a/anthracen	0,080	0,008	0,132	0,005	0,072
Chrysen	0,072	0,008	0,111	0,005	0,073
Pyren	0,164	0,054	0,241	0,016	0,147
Anthracen	0,020	0,010	0,022	0,005	0,023
Fenanthren	0,108	0,078	0,111	0,010	0,160
Fluoranthen	0,207	0,076	0,290	0,018	0,206

Těžké kovy

Z hlediska těžkých kovů prokázaly laboratorní analýzy podzemních vod mírně zvýšené koncentrace nad kritériem A u mědi ve vrtech HG1-4 a HG1-5. Obsahy těžkých kovů se v ostatních vzorcích pohybovaly pod detekčním limitem laboratorní metody.

Chlorované uhlovodíky (ClU)

Ve všech analyzovaných vzorcích (celkem 6 ks) s výjimkou obsahu PCE v objektu HG1-3 (0,8 µg/l), který mírně převyšoval hodnotu přirozeného pozadí, nedosahovaly koncentrace chlorovaných uhlovodíků meze detekce laboratorní metody.

Kyanidy (CN^-)

Koncentrace kyanidů se ve všech 6 vzorcích podzemních vod pohybovaly opět pod mezí detekce laboratorní metody

[6] ∑PAU v podzemní vodě jsou dle MP MŽP definovány jako suma následujících látek: benzo/a/pyren, benzo/ghi/perylen,i Indeno(1,2,3-cd)pyren, benzo/k/fluoranthen, benzo/a/anthracen, chrysen, pyren, fenanthren a fluoranthen.

Pesticidy

V rámci laboratorních analýz bylo v listopadu 2010 provedeno stanovení obsahu pesticidů v podzemní vodě z vystrojeného vrtu HG1-1 a ze studny ST1-1. Z výsledků vyplynulo, že koncentrace všech parametrů se pohybují pod mezí detekce laboratorní metody a u žádného z nich tedy nedochází k překročení orientačních kritérií MP MŽP. Z těchto výsledků vyplývá, že významnější množství pesticidů nebylo ve skládce ukládáno.

Výsledky laboratorního stanovení obsahu pesticidů jsou uvedeny **v příloze č. 9.5.**

Porovnání výsledků s limitními hodnotami pro pitnou vodu dle vyhl. č. 252/2004 Sb.

S limitními hodnotami pro pitnou vodu dle vyhl. č. 252/2004 Sb. byly porovnávány výsledky všech laboratorních analýz provedených v rámci odběrů vzorků podzemních vod.

Limitním hodnotám výše uvedené vyhlášky nevyhovují koncentrace manganu, železa, CHSK-Mn, barva a zákal vody a obsah TOC. Doporučeným hodnotám nevyhovují obsahy vápníku, hořčíku a tvrdost vody. Tyto ukazatele byly stanoveny pouze v objektech HG1-1 a HG1-2. Limitní hodnota manganu je 0,05 mg/l, kterou překračuje koncentrace **2,8 mg/kg**, limit pro železo je 0,2 mg/kg, kterého převyšují hodnoty **17,8 mg/l** a **0,56 mg/l**, limitní hodnota pro CHSK-Mn představuje 3 mg/l, který byl ve vzorcích podzemních vod naměřen v koncentraci kolem **12 mg/l**. Výše uvedené vyhlášce nevyhovují hodnoty pro barvu vody (limit je 20 mg/l Pt) v koncentraci >70 mg/l Pt, dále zákal vody (limit je 5 zF(t)) v hodnotě **111 zF(t)** a **14,3 zF(t).** Limitní hodnota pro obsah celkového organického uhlíku (TOC) je 5 mg/l, kterou překračují koncentrace **17,4 mg/l** a **6 mg/l**. Doporučená hodnota pro tvrdost vody je 2–3,5 mmol/l, která je převýšena v hodnotě **4,12 mmol/l**. Dle výše uvedené vyhlášky je limit pro obsah vápníku 40–80 mg/l a pro obsah hořčíku 20–30 mg/l. Tyto parametry překračují limitní požadavky v koncentracích **114 mg/l** pro vápník a **31,2 mg/l** pro hořčík.

Mezní hodnotě benzo/a/pyrenu (0,01 µg/l) nevyhovují koncentrace **0,095 µg/l a 0,4 µg/l** v sondách HG1-4 a HG1-5. Tomu odpovídají nevyhovující hodnoty pro ∑PAU **0,298 µg/l** a **1,09 µg/l** (limitní hodnota je 0,1 µg/l).

Je třeba podotknout, že voda z výše uvedených objektů není používána k pitným účelům.

Porovnání výsledků s NPH pro závlahovou vodu dle ČSN 75 7143: Jakost vody pro závlahu

Výsledky laboratorních analýz vzorku podzemní vody ze studny ST1-1 v zahrádkářské kolonii byly vzhledem k charakteru jejího využití (voda k zálivce) porovnány i s nejvýše přípustnými hodnotami dle výše uvedené normy.

Obsah ropných látek je ve výše uvedené normě kvantifikován jako NEL (pro třídu I- voda vhodná k závlaze je NPH 0,1 mg/l, při přesažení limitu 0,3 mg/l je voda klasifikována třídou III jako nevhodná). Obsah ropných látek (stanovených jako obsah uhlovodíků C_{10}–C_{40}) byl v listopadu 2010 stanoven v dynamickém vzorku s hodnotou **4,67 mg/l** a v únoru 2011 hodnotou **0,124 mg/l**. Při únorovém vzorkování byl současně proveden odběr statického vzorku ze studny, který obsahoval **0,212 mg/l** uhlovodíků C_{10}–C_{40}. Přestože nelze jednoznačně srovnávat obsah NEL s obsahem uhlovodíků C_{10}–C_{40} (NEL zahrnuje širší spektrum látek, jsou i další odlišnosti ve způsobu laboratorního stanovení), lze předpokládat, že listopadový vzorek by zařadil tuto vodu jako nevhodnou k závlaze. Vzhledem k tomu, že

obsah ropných látek v tomto objektu nelze spojovat se skládkou a má s největší pravděpodobností svoji příčinu v průniku ropných látek do podzemních vod přímo v prostoru zahrádkářské kolonie vlivem nesprávného používání závadných látek, je třeba upozornit občany využívající tuto vodu k závlaze na nutnost zamezení průniku ropných produktů do podzemních vod.

Obsahy sledovaných těžkých kovů byly s výjimkou zinku pod mezí detekce použité laboratorní metody, která je zároveň nižší než požadavky na třídu I (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb). Obsah Zn byl stanoven na **0,09 mg/l**, což je hodnota více než 10x nižší než NPH pro třídu I (1 mg/l).

Obsah kyanidů byl pod mezí detekce (ST7-1 <0,005 mg/l, NPH pro třídu I = 0,4 mg/l), obsah chloridů ve vzorku (10,4 mg/l), také plně vyhovuje NPH pro třídu I (300 mg/l)

NPH pro ukazatele PAU, BTEX, ClU, amonné ionty a dusitany nejsou výše uvedenou normou stanoveny, nicméně v drtivé většině jsou hodnoty těchto ukazatelů pro posuzovaný vzorek pod mezí detekce.

Celkově lze tedy konstatovat, že voda ze studny ST7-1 je dle výsledků laboratorních analýz při porovnání s NPH dle ČSN 75 7143: Jakost vody pro závlahu vhodná k závlaze bez jakéhokoliv omezení (platí pouze pro stanovené ukazatele) s výjimkou zvýšeného obsahu ropných látek, který však nebyl v ukazateli NEL kvantifikován. Je tedy třeba do budoucna zabránit průniku ropných látek do podzemních vod při manipulaci s nimi v prostoru zahrádkářské kolonie (manipulace s palivem do zahrádkářských strojů apod.).

2.2.2.3.3. Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchové vody

Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchové vody byly porovnány s limitními hodnotami norem environmentální kvality (průměrnými hodnotami, NEK-RP) dle Nařízení vlády č. 23/2011 Sb., kterým se mění Nařízení vlády 61/2003 Sb. ve znění Nařízení vlády č. 229/2007 Sb.

V rámci laboratorních analýz byly stanoveny obsahy uhlovodíků C_{10}–C_{40} a těžkých kovů v povrchové vodě v profilech PV1-1, PV1-2 a PV1-3. Naměřené koncentrace jak uhlovodíků, tak těžkých kovů, byly ve všech vzorcích pod mezí detekce laboratorní metody, kontaminace povrchových vod ve sledovaných ukazatelích tedy nebyla potvrzena.

Výsledky laboratorních analýz kvality povrchových vod jsou uvedeny **v příloze č. 9.4.**

2.2.2.4 Výsledky hydrodynamických zkoušek (čerpací a stoupací zkoušky)

Hydrodynamické zkoušky na vrtu HG1-4 byly vyhodnoceny Jacobovou semilogaritmickou metodou přímky. Tabelární a grafické vyhodnocení hydrodynamických zkoušek je součástí **přílohy č. 15**.

Výsledné vypočtené filtrační parametry saturované zóny horninového prostředí pro vrt HG1-4 jsou uvedeny v následující tabulce č. 16. Podle výsledného koeficientu filtrace $1{,}0.10^{-4}$ m/s jsou podle Jetela (1980) okolní horniny mírně propustné. Sledované objekty nebyly při čerpací zkoušce ovlivněny. Depresní kužel (potenciální ovlivnění výšky hladiny) dosahuje maximálně do vzdálenosti 15 m.

Tabulka č. 16: Výsledné hodnoty filtračních parametrů saturované zóny v okolí vrtu HG1-4

	HDZ: HG1-4			Ovlivnění okolních vrtů při ČZ
	ČZ	SZ	průměr	
k (m/s) prům	$1{,}9.10^{-5}$	$1{,}9.10^{-4}$	**$1{,}0.10^{-4}$**	Bez ovlivnění
T (m^2/s) prům	$6{,}6.10^{-5}$	$6{,}7.10^{-4}$	**$3{,}7.10^{-4}$**	
$v_{krit.}$ (m^2/s) prům	$5{,}4.10^{-4}$	$1{,}7.10^{-3}$	**$1{,}1.10^{-3}$**	
R (m)	22,8	7,2	**15,0**	

2.2.2.5. Geodetické zaměření

Dne 11. 1. 2010 bylo provedeno geodetické zaměření vystrojených hydrogeologických vrtů a nevystrojených sond na lokalitě č. 1 – U Benčáku v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Zaměření bylo provedeno převážně metodou GNSS měřením v reálném čase (RTK) aparaturou GPS Leica RX 900 CSC s využitím služby RTK permanentní stanice Frýdek-Místek sítě CZEPOS. V místech, kde nemohly být objekty zaměřeny přímo metodou GNSS, byla uvedenou metodou nejprve vytvořena síť bodů PPBP, ze které byly objekty následně zaměřeny trigonometricky, a to totální stanicí Leica TCR 1101. Podrobné body byly vypočteny dávkově v programu GEUS 14.0.22.

Zpráva o geodetickém zaměření je uvedena v **příloze č. 18**.

2.2.3. Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění

Plošný a prostorový rozsah znečištění

Na základě výsledků průzkumných prací realizovaných v rámci předkládané analýzy rizik (2010–2011) byl vytvořen model mocnosti skládky. Jeho tvorba byla realizována interpolací (metoda simple kriging) mocností skládkového materiálu z jednotlivých objektů průzkumu v roce 2010 (nevystrojené sondy S1-1 až S1-13 a hydrogeologické vrty HG1-1 až HG1-5). Model mocnosti skládky je znázorněn v **příloze č. 12** a geologická dokumentace z průzkumu v období 2010 včetně geologického řezu lokalitou je součástí **přílohy č. 8**.

Z výsledků modelu navážky vyplývá, že plošný rozsah skládky je cca 56 200 m^2. Obvod modelové skládky činí 1 080 m.

Tabulka č. 18 popisuje distribuci hloubkového dosahu v poměru k ploše skládkového tělesa. Z celkového počtu 18 objektů se hodnoty mocnosti navážky pohybovaly v rozmezí 0–12,1 m. Mocnost přitom byla uvažována jako vertikální vzdálenost od terénu k bázi skládkového materiálu. Aritmetický průměr tohoto souboru činí 3,9 m, přičemž směrodatná odchylka dosahuje hodnoty 3,0 m. Medián pro datový celek je 3,6 m a hodnota 3. kvartilu je 5,3 m.

Skládka U Benčáku kopíruje průběh dvou zavezených údolí, přičemž větší údolí (pravé) probíhá ve směru JJZ–SSV a skládka zasahuje úsek cca 300 m dlouhý. Kratší údolí (levé) bylo situováno ve směru VJV–ZSZ a délka zavezené části údolí činí cca 200 m. Nejvyšší mocnosti navážky (až přes 12 m) se vyskytují ve středu velkého údolí.

Tabulka č. 17: Hloubkový dosah skládkových materiálů v poměru k plošnému rozsahu

Hloubkový dosah navážky	Plocha absolutní	Plocha relativní
m	m^2	%
0–1	11 843	21,1
1–2	6 580	11,7
2–3	12 172	21,7
3–4	8 613	15,3
4–5	6 401	11,4
5–6	6 450	11,5
6–7	2 031	3,6
7–8	903	1,6
8–9	721	1,3
9–10	189	0,3
10–11	93	0,2
11–12	95	0,2
12–13	109	0,2
Suma	**56 200**	**100**

Celá oblast se nachází v nadmořských výškách 327–351 m n. m., přičemž terén se svažuje k SZ.

Objem skládkového tělesa na základě modelového řešení dosahuje kubatury 167 400 m^3. Hladina podzemní vody se vyskytovala v listopadu 2010 v 5 hydrogeologických objektech na úrovních 0,7–4,2 m pod úrovní terénu. Saturovaná a nesaturovaná zóna na ploše navážky je tvořena převážně jílovitou navážkou, slévárenskými písky, stavebním odpadem a místy komunálním odpadem. Kubatura nesaturované zóny je aproximována na 101 600 m^3. Saturovaná zóna byla plošně určena jako 5 m mocná (tato úroveň byla stanovena uměle), při dané ploše skládky tedy uvažujeme kubaturu zvodnělé zóny na úrovni 281 000 m^3. Přitom kubatura samotné navážky v saturované zóně činí 65 800 m^3.

Míra a rozmístění znečištění

Tato kapitola shrnuje majoritní kontaminanty na lokalitě č. 1 – U Benčáku, a to z hlediska jejich prostorového rozsahu a koncentrace. Výsledky průzkumu jsou srovnány s platnou legislativou a vzorky zeminy z hydrogeologického vrtu HG1-4, který v analýzách představuje přirozené pozadí. Pro účely srovnání výsledků podzemní vody byl určen vzorek nestejného vrtu HG1-4. Laboratorní výsledky z průzkumu jsou uvedeny v **příloze č. 9**.

Znečištění v zemině bylo ověřeno průzkumnými pracemi v roce 2010 v ukazatelích ropných uhlovodíků skupiny C_{10}–C_{40}, vybraných zástupců těžkých kovů (arsen, kadmium, chrom, rtuť, nikl a olovo), polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) a BTEX.

Z důvodů omezených vstupů koncentrací jednotlivých kontaminantů nebyly konstruovány jejich prostorové kontaminační rozsahy v podzemní vodě.

Ropné uhlovodíky C_{10}–C_{40}

Kontaminace ropnými uhlovodíky v zemině je prostorově soustředěna výhradně do východní části skládky U Benčáku, tj. do pravého údolí. Tato oblast je reprezentována objekty S1-11, S1-2, HG1-3, S1-5, S1-10, HG1-2 a S1-3, kde byly ve vzorcích zeminy z horizontů 3,3 m, 6,2 m, 3,0 m, 4,5 m, 2,8–3,0 m, 1,3 m a 5,8 m stanoveny hodnoty 20 918 mg/kg, 12 137 mg/kg, 6 236 mg/kg, 3 561 mg/kg, 1 741 mg/kg, 1 325 mg/kg a 1 164 mg/kg ve stejném pořadí. Výjimkou z tohoto rozdělení je vzorek zeminy ze sondy S1-1, kde byla v horizontu 11–12 m detekována koncentrace 108 mg/kg. Vzhledem k charakteru navážky a situaci pod úrovní hladiny podzemní vody lze usuzovat na vysokou intenzitu vymývání ropných uhlovodíků z této úrovně. Oproti tomu vzorky, které prokázaly kontaminaci, se nacházejí v nesaturované zóně, resp. v místech, která nejsou saturována vodou po celý rok. Hodnoty nad limit vyhlášky 294/2005 Sb., která stanoví maximální koncentraci 300 mg/kg, je 11 z celkových 30 vzorků zeminy.

Dynamické vzorky podzemní vody z hydrogeologických objektů HG1-1 až HG1-5 neprokázaly koncentrace ropných uhlovodíků nad limitem detekce laboratorní metody (0,05 mg/l). Vzorek podzemní vody ze dne 22. 11. 2010 ze studny ST1-1, která se nachází v zahrádkářské oblasti, však potvrdil přítomnost ropných uhlovodíků v podzemní vodě, a to na úrovni 4,7 mg/l C_{10}–C_{40}. Tato hodnota byla ověřována opakovaným vzorkováním dne 21. 2. 2011, přičemž ve staticky a dynamicky odebíraném vzorku byly stanoveny koncentrace na úrovni 0,2 mg/l a 0,1 mg/l ropných uhlovodíků.

Polycyklické aromatické uhlovodíky

Rozsah znečištění polycyklickými aromatickými uhlovodíky (PAU) je prostorově zřetelný podobně jako v případě ropných uhlovodíků. Zvýšené hodnoty jsou vázané především na výše položenou část pravého údolí. Zde je kontaminace ∑PAU7 zřejmá z analýz zeminy v objektech HG1-2, S1-10, HG1-3, S1-13 a S1-3, kde byly v horizontech 1,3 m, 2,8–3,0 m, 4,3 m, 1,0 m a 5,8 m detekovány hodnoty 80,4 mg/kg, 70,7 mg/kg, 30,9 mg/kg, 30,0 mg/kg a 12,1 mg/kg. Ruční sonda S1-13 se přitom nenachází ve skládkovém tělese a tato kontaminace nepochází z předmětné skládky U Benčáku. Vzorek zeminy ze sondy S1-5, nacházející se cca 30 m jv. od sondy S1-3 a 40 m jz. od objektu HG1-3, nebyl analyzován na ukazatel PAU – tento objekt se přitom vyskytuje v oblasti s vyššími ověřenými hodnotami. Výše zmíněné vzorky zeminy výrazně překračují limit vyhlášky 294/2005 Sb., která stanoví maximální koncentraci ∑PAU v sušině odpadů na úrovni 6 mg/kg. Téměř všechny vzorky zeminy převyšují hodnotu z hydrogeologického vrtu HG1-4 (0,7 mg/kg ∑PAU), jehož matrice byla určena jako přirozené pozadí.

[7] ∑PAU jsou u zemin definovány dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. jako suma následujících látek: anthracen, benzo/a/anthracen, benzo/a/pyren, benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylen, benzo/k/fluoranthen, fluoranthen, fenanthren, chrysen, indeno(1,2,3-cd)pyren, naftalen, pyren

Podle vyhlášky 252/2004 Sb. překračují 2 vzorky podzemní vody limit 0,1 µg/l sumární koncentrace ∑PAU[8] ve vodách. Nejvyšší koncentrace byly v průzkumu 2010–2011 zaznamenány v hydrogeologických vrtech HG1-5 (1,1 µg/l ∑PAU) na jihu zájmové oblasti, a dále ve vzorku podzemní vody z objektu HG1-4 (0,3 µg/l). Hydrogeologický vrt se přitom nachází cca 30 m jihozápadně od hranice sládky.

Těžké kovy

Rozsah kontaminace těžkými kovy se na lokalitě projevuje ojediněle a bodově. Zvýšené obsahy byly potvrzeny u ukazatelů chrom, nikl, arsen, kadmium, olovo a rtuť.

V severovýchodní části skládky byl z profilu sondy S1-11 odebrán vzorek zeminy, který potvrdil kontaminaci chromem na úrovni 1 690 mg/kg. V této sondě byly současně stanoveny vyšší obsahy niklu (205 mg/kg) a kadmia (1,6 mg/kg). Limit vyhlášky č. 294/2005 Sb. přitom stanoví maximální hodnoty pro sušinu odpadu na úrovni 200 mg/kg, 80 mg/kg a 1 mg/kg ve stejném pořadí. Směrem k J a JZ byly dále detekovány nadlimitní obsahy kadmia v objektech HG1-2 (1,6 mg/kg) a S1-10 (1,4 mg/kg).

V jižní části skládky U Benčáku byly stanoveny zvýšené obsahy rtuti (1,3 mg/kg) a olova (113 mg/kg) v pevné matrici objektu S1-5. Při jižním okraji vně skládky se nacházejí ruční závrty S1-12 a S1-13, ve kterých byla detekována mírně zvýšená koncentrace arsenu na úrovni 16 mg/kg a 13,1 mg/kg ve stejném pořadí. Pro rtuť, olovo a arsen je stanoven limit vyhlášky 294/2005 Sb. na úrovni 0,8 mg/kg, 100 mg/kg a 10 mg/kg ve stejném pořadí.

Vzorek zeminy z nevystrojené sondy S1-8, která je situována na SZ lokality, potvrdil s koncentrací 132,6 mg/kg zvýšené hodnoty niklu v zemině.

BTEX

Kontaminace látkami BTEX je s nejvyššími hodnotami koncentrována do oblasti maximálních mocností skládky, resp. osy historického pravého údolí a zde je reprezentována objekty S1-1 se sumární koncentrací 5,1 mg/kg BTEX a S1-3 s koncentrací 1,0 mg/kg. Celkem 5 z 11 analyzovaných objektů překračuje limit pro ∑BTEX v sušině odpadů, který je vyhláškou č. 294/2005 Sb. stanoven na úrovni 0,4 mg/kg.

PCB

Ze dvou odebíraných vzorků (S1-1, S1-3) na ukazatel polychlorované bifenyly (PCB) byla potvrzena kontaminace v úvodní sondě S1-1, kde v horizontu 11–12 m byla stanovena koncentrace 1,23 mg/kg. Limit vyhlášky 294/2005 Sb. je stanoven na úrovni 0,2 mg/kg.

[8] ∑PAU jsou u podzemní vody definovány dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. jako suma následujících látek: benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylen, benzo/k/fluoranthen, a indeno(1,2,3-cd)pyren

2.2.4. Posouzení šíření znečištění

2.2.4.1. Šíření znečištění v nesaturované zóně

Migrace kontaminantů v nesaturované zóně probíhá především gravitačně - vertikálním směrem, vlivem infiltrace srážkových vod a samotnou gravitací. Rychlost migrace znečištění v nesaturované zóně závisí zejména na těchto ukazatelích:

- typ kontaminantu
- míra zpevnění povrchu (asfalt, beton, zástavba, zatravnění, atd.)
- homogenita zeminy (propustnost)
- sorpční vlastnosti zeminy

Pohyb kontaminantů je zpomalován zejména polohami jílovitých sedimentů, které fungují jako hydraulická bariéra. Při průchodu kontaminantů horninových prostředím dochází k jejich rozptýlení a částečné sorpci na pevnou matrici horninového prostředí. Množství sorbovaného kontaminantu závisí na povaze látky a obsahu organického uhlíku v pevné fázi horninového prostředí, který je schopný kontaminant vázat. Těkavé složky ropných uhlovodíků se šíří vytěkáním do půdního vzduchu a dále do atmosféry. U těžkých kovů, kde převládají vysoké sorpční síly na zeminu, je migrace kontaminace značně omezená, zejména v jílovitých polohách. Nicméně v případě, že zemina již kontaminující kovy zadržuje a kontaminace nadále přetrvává, dojde v určitém okamžiku k tomu, že se sorpční kapacita zeminy těmito kontaminujícími kovy nasytí a jejich další šíření (například do podzemní vody) není již na daném místě zeminou omezováno. Takto koncentrované kontaminující kovy potom navíc představují velké nebezpečí, neboť změnou okolních podmínek (například snížením pH při kyselém dešti) může docházet k jejich nárazovému vyplachování.

Veškerá plocha zájmového území je nezpevněná a používaná jako orná půda k pěstování kulturních plodin pro zemědělské účely.

Pro migraci kontaminantů je prostředí jemnozrnných jílů prostředím relativně špatně propustným.

Objem nesaturované zóny tvoří 101 600 m^3.

Při adsorpci dochází k zachycení kontaminantu na povrchu organické hmoty v pevné fázi kolektoru, jehož množství je vyjadřováno jako váhová frakce organického uhlíku f_{oc}. Ta byla stanovena na základě laboratorních rozborů vzorků zemin ve formě TOC (Total Organic Carbon).

Pro výpočet sorpčních charakteristik zemin bylo nutné vypočítat lineární adsorpční izotermu K_d [l/g] dle vztahu

$$K_d = K_{oc} * f_{oc}$$

kde K_{oc} je distribuční koeficient organický uhlík-voda. Zadané hodnoty K_{oc}, f_{oc} a vypočítané K_d jsou uvedeny v následující tabulce č. 18. Pro těžké kovy je hodnota K_d dána. Jako zástupce spektra látek ropného původu byl použit methylcyklohexan, který představuje běžnou komponentu směsí ropných látek.

Hodnota ukazatele TOC je převzata z analýz vzorků zemin z nevystrojených sond S1-3, z hloubek 5,8 a 6,5 metrů a S1-11 z hloubek 3,3 m a 5 m a jeho průměrná hodnota je 23 g/kg.

Tabulka č. 18: Hodnoty K_{oc}, f_{oc} a K_d

Kontaminant	K_{oc} [l/kg]	f_{oc}	K_d [l/kg]
methylcyklohexan	234	0,023	5,4
kadmium	-	0,023	30
měď	-	0,023	98
benzo/a/pyren	$5,87.10^5$	0,023	$1,4.10^4$
benzo/b/fluoranthen	$5,99.10^5$	0,023	$1,4.10^4$
benzo/ghi/perylen	$1,95.10^6$	0,023	$4,5.10^4$
indeno(1,2,3-cd)pyren	$1,95.10^6$	0,023	$4,5.10^4$
benzo/k/fluoranthen	$5,87.10^5$	0,023	$1,4.10^4$
chrysen	$1,81.10^5$	0,023	$4,2.10^3$
pyren	$5,43.10^4$	0,023	$1,3.10^3$
anthracen	$1,64.10^4$	0,023	$3,8.10^2$
fenanthren	$1,67.10^4$	0,023	$3,8.10^2$
fluoranthen	$5,55.10^4$	0,023	$2,3.10^3$
benzen	$1,46.10^2$	0,023	3,4
toluen	$2,34.10^2$	0,023	5,4
ethylbenzen	$4,46.10^2$	0,023	10,3
xylen	$3,38.10^2$	0,023	8,8

*Zdroj: THE RISK ASSESSMENT INFORMATION SYSTEM; * SCHINDLER (1987)*

Obecně platí, čím je K_d vyšší, tím je kontaminant méně mobilní a více se sorbuje na horninové prostředí.

Hlavním transportním mechanismem je v kvartérních sedimentech uvažován výluh srážkovou vodou. Tok kontaminantu můžeme vyjádřit vztahem

$$J = Q.C$$

kde: J je tok kontaminantu v mg/s
Q je průtok infiltrátu srážkové vody (l/s)
C je koncentrace kontaminantu ve vodě (mg/l)

Výpočet průtoku srážkové vody Q vychází z průměrného ročního úhrnu srážek v oblasti, který činí 700 mm, množství infiltrace (cca 12 %) a plochy s výskytem znečištění nesaturované zóny.

Další výpočet je založen na úvaze, že infiltrující voda získává koncentraci kontaminantu odpovídající rovnovážné koncentraci podle vztahu

$$C_{aq} = \frac{C_{suš}}{K_d}$$

kde: C_{aq} je koncentrace kontaminantu ve výluhu (mg/l)

$C_{suš}$ je 3.kvartil koncentrace kontaminantu v zemině (mg/kg)

Tabulka č. 19.1 : Bilance v nesaturované zóně horninového prostředí – C_{10}–C_{40}, těžké kovy

	C_{10}–C_{40}	kadmium	měď
Organický uhlík	0,023	0,023	0,023
Koc (dm^3/kg)	234	-	-
Kd (dm^3/kg)	5,4	30	98
$C_{suš}$ (mg/kg)	455,7	0,41	20,5
C_{aq} (mg/m^3)	84,6	0,01	0,21
Objem kontaminované horniny (m^3)	101600	101600	101600
Hmotnost kontaminantu v nesaturované zóně (kg)	**$9,72.10^3$**	**87,5**	**$4,4.10^3$**

Tabulka č .19.2.: Bilance v nesaturované zóně horninového prostředí – PAU

	b/a/p	b/b/f	b/ghi/p	i(1,2,3-cd)p	b/k/f	chrysen
Organický uhlík	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
Koc (dm^3/kg)	$5,87.10^5$	$5,99.10^5$	$1,95.10^6$	$1,95.10^6$	$5,87.10^5$	$1,81.10^5$
Kd (dm^3/kg)	$1,4.10^4$	$1,4.10^4$	$4,5.10^4$	$4,5.10^4$	$1,3.10^4$	$4,2.10^3$
$C_{suš}$ (mg/kg)	1,7	2,2	0,7	0,7	0,9	2,2
C_{aq} (mg/dm^3)	$1,3.10^{-4}$	$1,6.10^{-4}$	$1,6.10^{-5}$	$1,6.10^{-5}$	$6,8.10^{-5}$	$5,3.10^{-4}$
Objem kontaminované horniny (m^3)	101600	101600	101600	101600	101600	101600
Hmotnost kontaminantu v nesaturované zóně (kg)	**$3,6.10^2$**	**$4,7.10^2$**	**$1,5.10^2$**	**$1,5.10^2$**	**2.10^2**	**$4,7.10^2$**

* b/a/p-benzo/a/pyren; b/b/f-benzo/b/fluoranthen; i(1,2,3-cd)p-indeno(1,2,3-cd)pyren; b/k/f-benzo/k/fluoranthen; ch-chrysen; f-fenanthren;

Tabulka č .19.3.: Bilance v nesaturované zóně horninového prostředí – PAU

	pyren	anthracen	fenanthren	naftalen	fluoranthen
Organický uhlík	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
Koc (dm^3/kg)	$5,43.10^4$	$1,64.10^4$	$1,67.10^4$	$1,54.10^3$	$5,55.10^4$
Kd (dm^3/kg)	$1,2.10^3$	$3,8.10^2$	$3,8.10^2$	35	$1,3.10^3$
$C_{suš}$ (mg/kg)	4,9	0,5	4,1	0,3	5,7
C_{aq} (mg/dm^3)	$3,9.10^{-3}$	$1,3.10^{-3}$	$1,1.10^{-2}$	$8,5.10^{-3}$	$4,5.10^{-3}$
Objem kontaminované horniny (m^3)	101600	101600	101600	101600	101600
Hmotnost kontaminantu v nesaturované zóně (kg)	**1.10^3**	**$1,1.10^2$**	**$8,7.10^2$**	**64**	**$1,2.10^3$**

Tabulka č .19.4.: Bilance v nesaturované zóně horninového prostředí – BTEX

	benzen	toluen	ethylbenzen	xylen
Organický uhlík	0,023	0,023	0,023	0,023
Koc (dm^3/kg)	$1,5.10^2$	$2,3.10^2$	$4,5.10^2$	$3,8.10^2$
Kd (dm^3/kg)	3,4	5,4	10,3	8,8
$C_{suš}$ (mg/kg)	0,06	0,17	0,06	0,38
C_{aq} (mg/dm^3)	$1,8.10^{-2}$	$3,2.10^{-2}$	$5,8.10^{-3}$	$4,3.10^{-2}$

	benzen	toluen	ethylbenzen	xylen
Objem kontaminované horniny (m^3)	101600	101600	101600	101600
Hmotnost kontaminantu v nesaturované zóně (kg)	**13**	**36**	**13**	**81**

V nesaturované zóně horninového prostředí na lokalitě 1 je 9,72 t uhlovodíků C_{10}–C_{40}, 87 kg kadmia a 4,4 t mědi. Z polycyklických aromatických uhlovodíků je nejvíce fluoranthenu (1,2 t) a pyrenu (1 t).

2.2.4.2. Šíření znečištění v saturované zóně

Proudění podzemní vodou je nejvýznamnějším transportním mechanismem šíření kontaminantu směrem od zdroje znečištění. Vzhledem k tomu, že všechny póry horniny jsou v saturované zóně zaplněny, kontaminant může existovat buď ve formě fáze, volně se pohybující, rozpuštěný ve vodě nebo sorbovaný na povrchu pevné fáze kolektoru.

Mocnost zvodně saturované zóny dosahuje 5 m. Koeficient filtrace na lokalitě na základě vyhodnocení hydrodynamických zkoušek v objektu HG1-4 vychází 1.10^{-4} m/s.

Při ploše skládky 56 200 m^2 a mocnosti zvodně 5 m, je objem saturované zóny 281 000 m^3. Pro výpočty bilancí v pevné matrici situované v saturované zóně byla uvažovaná kubatura pouze skládkového materiálu na úrovni 65 800 m^3.

Na lokalitě se vyskytují kontaminanty s různou mírou rozpustnosti ve vodě. Transport těchto látek je v souladu s mírou rozpustnosti odlišný. Jako nejvýznamnější kontaminanty byly určeny uhlovodíky C_{10}–C_{40} a polycyklické aromatické uhlovodíky. Celková pórovitost u jílovitých písků je uvažována na úrovni 40 %, efektivní pórovitost činí 10 %.

Hlavní migrační parametr v saturované zóně horninového prostředí představuje advekce. Advekci lze charakterizovat jako transport částic způsobenou prouděním podzemní vody na základě nenulového hydraulického gradientu. Rychlost proudění podzemní vody v (m/s) vypočteme dle Darcyho zákona jako

$$v = k.I$$

kde: k je koeficient filtrace (m/s)

I je hydraulický gradient.

Hydraulický gradient získáme dle vztahu

$$I = \frac{dh}{dl}$$

kde: dh představuje rozdíl hydraulických výšek mezi dvěma body
dl je jejich vzdálenost.

Střední lineární (skutečná) rychlost proudění v_s (m/s) se vypočte dle rovnice

$$v_s = \frac{k.I}{n_e}$$

kde: n_e je efektivní pórovitost.

Při proudění kontaminantu v podzemní vodě dochází k adsorpci, tedy zachycení kontaminantu na povrchu pevné fáze kolektoru. Adsorbovaný kontaminant je zpomalen v porovnání s rychlostí advekce. Toto zpomalení je vyjádřeno koeficientem retardace *R*, vypočteného dle vztahu

$$R = 1 + \left(\frac{\rho_b}{n} \right) \cdot K_d$$

kde: ρ_b je měrná hmotnost pevné fáze (kg/dm^3)

K_d je distribuční koeficient

n je celková pórovitost.

Rychlost šíření kontaminantů se dále vypočte dle rovnice

$$v = \frac{v_s}{R}$$

Advekční tok kontaminantu je pak

$$J = v.n.C$$

kde: C představuje koncentraci kontaminantu v podzemní vodě.

Koeficient filtrace, zjištěný na základě hydrodynamických zkoušek (viz kapitola 2.2.2.4.), v průměru dosahuje hodnoty 1.10^{-4} m/s.

Rychlost proudění podzemní vody *v*, při průměrném hydraulickém gradientu 0,08[9] vychází rychlost proudění podzemní vody na 8.10^{-6} m/s.

Střední lineární (skutečná) rychlost proudění v_s při efektivní pórovitosti n_e 10 % vychází na 8.10^{-5}m/s.

Zpomalení proudění kontaminantu v podzemní vodě v důsledku adsorpce na povrchu pevné fáze kolektoru, je vyjádřené koeficientem retardace *R*, jehož vypočtené hodnoty jsou v tabulce č. 21.

V tabulce č. 20 je vypočtená rychlost šíření a advekční tok kontaminantu.

Tabulka č. 20.1: Rychlost šíření a advekční tok kontaminantu

	C_{10}–C_{40}	b/a/p*	b/b/f	b/ghi/p	i(1,2,3-cd)p	b/k/f
v (m/s)	$2,7.10^{-6}$	$1,1.10^{-9}$	$1,1.10^{-9}$	$3,4.10^{-10}$	$3,4.10^{-10}$	$1,1.10^{-9}$
J (mg/m^2/rok)	$1,6.10^{2}$	$9,9.10^{-7}$	$1,4.10^{-6}$	$2,1.10^{-7}$	$2,1.10^{-7}$	$5,7.10^{-7}$

* b/a/p-benzo/a/pyren; b/b/f-benzo/b/fluoranthen; i(1,2,3-cd)p-indeno(1,2,3-cd)pyren; b/k/f-benzo/k/fluoranthen

[9] gradient proudění podzemní vody byl určen z proudového pole – viz příloha č. 11

Tabulka č. 20.2: Rychlost šíření a advekční tok kontaminantu

	chrysen	pyren	anthracen	fen**	fluor
v (m/s)	$3{,}7.10^{-9}$	$1{,}2.10^{-8}$	4.10^{-8}	4.10^{-8}	$1{,}2.10^{-8}$
J (mg/m^2/rok)	$1{,}3{,}2.10^{-6}$	$2{,}3.10^{-5}$	$1{,}2.10^{-5}$	8.10^{-5}	$3{,}2.10^{-5}$

** fen-fenanthren; fluor-fluoranthen

V saturované zóně na lokalitě se nejrychleji šíří uhlovodíky C_{10}–C_{40}, rychlostí $2{,}7.10^{-6}$ m/s, jejich advekční tok je $1{,}6.10^{2}$ mg/m^2/rok. Z polycyklických aromatických uhlovodíků se nejrychleji šíří anthracen a fenanthren, rychlostí 4.10^{-8} m/s a advekčním tokem $1{,}2.10^{-5}$ m/s, respektive 8.10^{-5} m/s.

Bilance znečištění v saturované zóně horninového prostředí

Pro účely kvantifikace bilance znečištění v saturované zóně vycházíme z koncepce lineární sorpční rovnováhy mezi kontaminovanou podzemní vodou a pevnou matricí. Množství kontaminantu rozpuštěného v podzemní vodě je úměrné množství kontaminantu sorbovaného horninou. Vzájemný poměr je vyjádřen lineárním distribučním koeficientem půdního rozdělení K_d, který je podílem koncentrace kontaminantu v hornině c_a a koncentrace kontaminantu ve vodě c_i.

$$K_d = c_a / c_i$$

Vzhledem k tomu, že vlastní měření koeficientu K_d je pro těkavé látky problematické, vypočítává se z koeficientu sorpce na organický uhlík a f_{oc}.

$$K_d = K_{oc} . f_{oc}$$

Výpočet lze rozdělit do 3 částí:

hmotnost volné fáze (není bilancována)

hmotnost kontaminantu rozpuštěného v podzemní vodě M_i,

hmotnost kontaminantu sorbovaného horninou M_a.

Hmotnost kontaminantu rozpuštěného v podzemní vodě M_i:

$$M_i = C_i . V_a . P,$$

kde: C_i koncentrace kontaminantu v podzemní vodě

V_a objem saturované zóny zasažené kontaminací

P porosita

Hmotnost kontaminantu sorbovaného horninou M_a:

$$M_a = C_a \cdot V_a \cdot p_a,$$

$$C_a = K_d \cdot C_i,$$

kde C_a koncentrace kontaminantu v hornině

C_i koncentrace kontaminantu v podzemní vodě

V_a objem saturované zóny zasažené kontaminací

p_a měrná hmotnost zeminy

V následující tabulce jsou vypočtené bilance vybraných kontaminantů.

Tabulka č. 21.1: Bilance v saturované zóně horninového prostředí

	C_{10}-C_{40}	**b/a/p**	**b/b/f**	**b/ghi/p**	**i(1,2,3-cd)p**	**b/k/f**
Organický uhlík	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
Koc (dm^3/kg)	234	$5,87.10^5$	$5,99.10^5$	$1,95.10^6$	$1,95.10^6$	$5,87.10^5$
Kd (dm^3/kg)	5,4	$1,4.10^4$	$1,4.10^4$	$4,5.10^4$	$4,5.10^4$	$1,3.10^4$
Koncentrace polutantu ve vodě (µg/l)	$4,7.10^{-3}$	0,07	0,1	0,05	0,04	0,04
Koncentrace polutantu ve vodě (mg/dm^3)	4,7	7.10^{-5}	1.10^{-4}	5.10^{-5}	4.10^{-5}	4.10^{-5}
Ca (mg/kg)	25,3	$9,4.10^{-1}$	1,4	2,2	1,8	$5,4.10^{-1}$
Objem zasažené saturované zóny (m^3)	281 000	281 000	281 000	281 000	281 000	281 000
Objem zasažené zeminy (m^3)	65 800	65 800	65 800	65 800	65 800	65 800
Měrná hmotnost zeminy (kg/dm^3)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Celková pórovitost	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Efektivní pórovitost	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Retardační faktor	29,3	70881	72330	235463	235463	70881
Hmotnost kontaminantu ve vodě (g)	528	$7,8.10^{-3}$	$1,1.10^{-2}$	$5,6.10^{-3}$	$4,5.10^{-3}$	$4,5.10^{-3}$
Hmotnost kontaminantu sorb. horninou (kg)	3 496	130	193	303	248	74
Hmotnost kontaminantu celkem (kg)	**$3,5.10^3$**	**130**	**193**	**303**	**248**	**74**

* b/a/p-benzo/a/pyren; b/b/f-benzo/b/fluoranthen; i(1,2,3-cd)p-indeno(1,2,3-cd)pyren; b/k/f-benzo/k/fluoranthen

Tabulka č. 21.2: Bilance v saturované zóně horninového prostředí

	chrysen	**pyren**	**anthracen**	**fenanthren**	**fluor***
Organický uhlík	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
Koc (dm^3/kg)	$1,81.10^5$	$5,43.10^4$	$1,64.10^4$	$1,67.10^4$	$5,55.10^4$
Kd (dm^3/kg)	$4,2.10^3$	$1,2.10^3$	$3,8.10^2$	$3,8.10^2$	$1,28.10^3$
Koncentrace polutantu ve vodě	0,07	0,15	0,02	0,16	0,21

	chrysen	pyren	anthracen	fenanthren	fluor*
(µg/l)					
Koncentrace polutantu ve vodě (mg/dm^3)	7.10^{-5}	$1{,}5.10^{-4}$	2.10^{-5}	$1{,}6.10^{-4}$	$2{,}1.10^{-4}$
Ca (mg/kg)	$2{,}9.10^{-1}$	$1{,}9.10^{-1}$	$7{,}5.10^{-3}$	$6{,}1.10^{-2}$	$2{,}7.10^{-1}$
Objem zasažené saturované zóny (m^3)	281 000	281 000	281 000	281 000	281 000
Objem zasažené zeminy (m^3)	65 800	65 800	65 800	65 800	65 800
Měrná hmotnost zeminy (kg/dm^3)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Celková pórovitost	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Efektivní pórovitost	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Retardační faktor	21857	6558	1981	2018	6703
Hmotnost kontaminantu ve vodě (g)	$7{,}9.10^{-3}$	$1{,}7.10^{-2}$	$2{,}2.10^{-3}$	$1{,}8.10^{-2}$	$2{,}3.10^{-2}$
Hmotnost kontaminantu sorb. horninou (kg)	40	26	1	8,4	37
Hmotnost kontaminantu celkem (kg)	**40**	**26**	**1**	**8,4**	**37**

*fluor-fluoranthen

V saturované zóně lokality U Benčáku je 3,5 t uhlovodíků C_{10}–C_{40}, Z polycyklických aromatických uhlovodíků je nejvíce benzo/ghi/perylenu (303 kg), indeno(1,2,3-cd)pyrenu (248 kg) a benzo/b/fluoranthenu (193 kg).

2.2.4.3. Šíření znečištění povrchovými vodami

Pro zjištění šíření kontaminace do povrchové vody byly odebrány 2 vzorky povrchové vody z potoka protékajícího nad severním okrajem skládky a také vzorek z vodoteče pramenící na skládce. V žádném z odebraných vzorků nebyly prokázány obsahy sledovaných polutantů nad mezí detekce použité laboratorní metody. Podle výsledků laboratorních analýz tedy nebylo šíření kontaminace povrchovými vodami prokázáno.

2.2.4.4. Charakteristika vývoje znečištění z hlediska procesů přirozené atenuace

K přirozenému poklesu anorganických a organických kontaminantů dochází v horninovém prostředí zejména ředěním mechanismem advekce a disperze, mnoho z kontaminantů má navíc tendenci sorbovat se na organickou hmotu nebo jiné pevné částice. Tyto procesy vedou k poklesu koncentrací, nicméně ne k jejich odstranění z prostředí. Některé polutanty navíc za vhodných podmínek velmi ochotně podléhají vlastní biodegradaci, čímž dochází k jejich postupnému odstranění z jednotlivých složek životního prostředí. Všechny přirozené procesy, které vedou k poklesu kontaminantu, lze shrnout pod pojem atenuace.

Hodnocení procesů přirozené atenuace bylo vyhotoveno podle Metodického pokynu MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území, dle přílohy 6 – základní pravidla pro hodnocení přirozené atenuace.

Výchozími podklady pro posouzení atenuačních procesů jsou data z průzkumných prací předkládané v rámci analýzy rizik. S ohledem na možné transportní cesty kontaminantů k potenciálním příjemcům rizik, jsou atenuační procesy hodnoceny pro nesaturovanou

i saturovanou zónu. Na základě ověřené kontaminace na lokalitě je atenuace diskutována pro uhlovodíky C_{10}–C_{40}, vybrané těžké kovy (chrom, nikl), PAU a BTEX.

Z výsledků laboratorních analýz je patrné, že na lokalitě č. 1 - U Benčáku byla v zeminách prokázána bodová kontaminace těžkými kovy v sondě S1-11 a v sondě S1-1 kontaminace benzenem. Plošné znečištění zemin bylo identifikováno v parametrech uhlovodíky C_{10}–C_{40}, přičemž max. koncentrace (**20 918 mg/kg**) byla potvrzena ve stejném vzorku zeminy, který je kontaminován i těžkými kovy (S1-11, hloubka 3,3 m). Tento vzorek obsahoval **1 690 mg/kg** chromu, což je zhruba 625 krát více než přirozené koncentrace na lokalitě a dále obsahoval **205 mg/kg** niklu, který tak překračuje přirozené pozadí téměř 10 násobně. Obsah benzenu odpovídal koncentraci **1,1 mg/kg**, která tak těsně převyšuje orientační kritérium C MP MŽP.

V podzemních vodách byla identifikována rovněž bodová kontaminace PAU ve vrtu HG1-5 a měřitelné obsahy uhlovodíků C_{10}–C_{40} byly prokázány ve studni ST1-1. Je třeba připomenout, že hydrogeologický vrt HG1-5 se nachází v blízkosti zahrádkářské kolonie a voda ze studny ST1-1 je používána na závlahu. Obsah benzo/a/pyrenu dosahoval ve vrtu HG1-5 koncentrace **0,4 µg/l**, benzo/ghi/perylen **0,266 µg/l**, indeno(1,2,3-cd)pyren **0,201 µg/l** a chrysenu **0,31 µg/l**. Tyto koncentrace překračují orientační kritérium C a značí tak významnou kontaminaci. Obsah benzo/b/fluoranthenu byl **0,439 µg/l** a benzo/k/fluoranthenu **0,186 µg/l**, což převyšuje kritérium B.

Těžké kovy

Z hlediska chování těžkých kovů je z výsledků laboratorních analýz patrné, že nedochází k jejich uvolňování do podzemních vod díky jejich nasorbování v jílovité zemině, ve které je skládka uložena. Tomuto scénáři nahrává hodnota pH podzemních vod, která je neutrální, případně zásaditá, v případě snížení pH by hrozilo vyluhování těžkých kovů do podzemních vod. Chrom se ve většině zemin vyskytuje jako trojmocný ve formě minimálně rozpustného oxidu nebo hydroxidu chromitého, který tak za neutrálních pH podmínek zůstává stabilní. Nikl se často vyskytuje společně se železem, na jehož hydratované oxidy se rád sorbuje, čímž dochází k jeho imobilitě v prostředí.

Uhlovodíky C_{10}–C_{40} a BTEX

Tyto nasycené n-alkany jsou v rámci přirozených atenuačních procesů nejsnáze a nejrychleji odbouratelné sloučeniny, přičemž nejlépe podléhají degradaci alkany v rozpětí od C_{10} do C_{26}. BTEX jsou díky své relativně vysoké rozpustnosti také dobře degradovatelné sloučeniny. Na degradaci těchto kontaminantů se podílí i působení mikroorganismů, které je za příznivých podmínek rozkládají na konečné oxidační produkty, vesměs neškodné a netoxické, čímž se proces přirozeného snížení ropných látek výrazně urychluje.

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Aromatické sloučeniny jsou v porovnání s n-alkany více rezistentní vůči biodegradaci. A některé složky PAU mohou být oxidovány postupně. Důvodem odolnosti polyaromatických uhlovodíků vůči biodegradaci, je jejich malá rozpustnost ve vodě. Jejich koncentrace bývají nejvyšší u zdroje znečištění a při uvolnění do půdy jsou adsorbovány na pevné částice. V saturované zóně se u PAU nepředpokládá intenzivní pohyb ve směru proudění podzemní vody.

Aerobní a anaerobní transformace uhlovodíkových kontaminantů

V procesu přirozené atenuace uhlovodíkových kontaminantů se uplatňují jak procesy aerobní, tak anaerobní. Principem aerobního procesu je oxidace kontaminantu kyslíkem přes alkohol, aldehyd a kyselinu, která se následně zapojuje do buněčného cyklu mikroorganismů. Anaerobní rozklad je principiálně podobný aerobnímu s tím rozdílem, že jako akceptor elektronu figurují látky typu dusičnany, železité a manganičité ionty a sírany. Mezi důležité geochemické indikátory, které jsou při posuzování atenuačních procesů uhlovodíkových kontaminantů sledovány, patří hodnoty oxidačně-redukčního potenciálu (Eh), koncentrace elektronových akceptorů, hodnota pH a teplota. Hodnoty geochemických indikátorů naměřených v podzemní vodě jsou vyjádřené v tabulce č. 22.

Eh – oxidačně-redukční potenciál a elektronové akceptory

Přímým důkazem o probíhajících degradačních procesech v saturované zóně, je pokles koncentrací elektronových akceptorů, což se projevuje snížením redox potenciálu. Při oxidaci jako první přijímá elektrony kyslík, jehož pokles pod 0,5 mg/l indikuje anaerobní podmínky. Při absenci kyslíku figurují jako akceptory elektronů dusičnany. V případě postupného vyčerpávání dusičnanů se začínají uplatňovat sírany, které již značí prostředí anaerobní. Dvojmocné železo (Fe^{II}) je indikátorem redukce trojmocného železa (Fe^{III}) během degradace organických sloučenin při absenci O_2 a NO_3^-.

Tab. č. 22: Geochemické parametry vzorků podzemních vod

	HG1-1	HG1-2	HG1-3	HG1-4	HG1-5	ST1-1
ph:	7,46	9,6	7,2	7,11	7,21	7,21
Redox potenciál: [mV]	−68,5	−92,5	−22,5	−21,1	21,5	119,9
Rozp. O_2: [mg/l]	0,12	0,32	0,4	0,18	1,4	1,47
Vodivost: [µS/cm]	712	344	652	641	678	724
Teplota: [□C]	10,2	10,4	10,4	11,4	11,1	11,2
Železo	*17,8*	*0,56*				
Fe (III)	1,9	<0,02				
Fe (II)	15,9	0,56				
Dusičnany	<5	<5				
Sírany	74,2	65,5				

Z tabulky je patrné, že hodnoty pH podzemních vod jsou neutrální nebo zásadité a tudíž by za současného stavu nemělo docházet k vyluhování těžkých kovů do podzemních vod a k jejich migraci. Hodnota redox potenciálu značí ve většině hydrogeologických vrtů redukční prostředí, čemuž odpovídají i koncentrace rozpuštěného kyslíku pod 0,5 mg/l. Tyto významné geochemické indikátory značí, že na lokalitě dochází ve směru proudění podzemní vody k oxidačním procesům organických látek, které se projevují vyčerpáním elektronových akceptorů, v tomto případě kyslíku a dusičnanů. Je rovněž patrné, že železo se redukčním prostředí vyskytuje převážně jako Fe^{II}.

Nejvíce kontaminovaný vrt HG1-5 nacházející se na JV okraji skládky, vykazuje sice slabě oxidační prostředí, což by ale mohla způsobovat dotace „čisté“ podzemní vody ze směru od zahrádkářské kolonie. Ve studni ST1-1 bylo při vzorkování z listopadu 2010 naměřeno **4,67 mg/l** uhlovodíků C_{10}–C_{40} a v únoru pouze **0,1 mg/l** a ve statickém vzorku **0,2 mg/l.** Pokud se v této studni vyskytují zvýšené koncentrace uhlovodíků, je pravděpodobné, že vzhledem k silnému oxidačnímu prostředí, které ve studni působí, bude docházet k oxidaci těchto kontaminantů.

Posouzení stavu probíhajících atenuačních procesů

Z hlediska těžkých kovů (chromu a niklu) se předpokládá, že za současných pH podmínek zůstanou sorbovány v jílovité zemině ve které je skládka uložena. Na lokalitě bylo geochemickými indikátory prokázáno znečištění organickými látkami, které jsou degradovány působením oxidačních procesů. Rozložení hodnot geochemických indikátorů potvrdilo, že k migraci kontaminantů by nemělo docházet ve směru proudění k zahrádkářské kolonii, která leží proti směru proudění podzemních vod od skládkového tělesa.

2.2.5. Shrnutí šíření a vývoje znečištění

Šíření kontaminace ze skládky nebylo průzkumnými pracemi potvrzeno. Výsledky analýz podzemní vody z hydrogeologických vrtů HG1-1, HG1-2 a HG1-3 z průzkumných prací v letech 2010–2011 neukazují na aktivní transport kontaminace směrem k drenážní bázi (SZ), kterou tvoří bezejmenná vodoteč – pravostranný přítok toku Sedlnice. Rovněž vzorky povrchové vody z profilů na vodoteči PV1-1, PV1-2 a dále povrchový vývěr PV1-3 nepotvrdily přestup kontaminace do transportního média.

Kontaminace podzemní vody byla naopak potvrzena v objektu HG1-4, který se nachází na nátoku podzemních vod na lokalitu, v bezprostřední blízkosti komunikace spojující Kopřivnici se Štramberkem. Ve vzorku vody ze dne 22. 11. 2010 byla detekována koncentrace 0,3 µg/l ∑PAU. Limit vyhlášky č. 252/2004 Sb. stanoví maximální přípustnou hodnotu na úrovni 0,1 µg/l. Zdroj této kontaminace není z průzkumných prací zřejmý, lze však usuzovat na možnost přestupu kontaminace z komunikace, resp. lože této komunikace. Zvýšená hodnota ∑PAU v hydrogeologickém vrtu HG1-5 byla průzkumnými pracemi ověřena na úrovni 1,1 µg/l. Ačkoliv se tento objekt nachází na samém okraji skládky a na nátoku podzemní vody na lokalitu, ve vzorku zeminy nebyla kontaminace PAU potvrzena (0,5 mg/kg ∑PAU). Tento objekt se nalézá přímo u místní nezpevněné komunikace, a v tomto místě často parkují vozidla zahrádkářů. Původ kontaminace tedy předpokládáme v komunikaci spíše než v oblasti zahrádkářské kolonie.

V rámci průzkumných prací byl v období 2010–2011 (22. 11. 2010) odebrán vzorek podzemní vody ze studny, umístěné v zahrádkářské kolonii. Tento vzorek detekoval kontaminaci ropnými uhlovodíky skupiny C_{10}–C_{40} na úrovni 4,67 mg/l. Pro ověření míry kontaminace byl objekt znovu vzorkován v únoru 2011, kdy byl odebrán statický a dynamický vzorek podzemní vody. Tyto vzorky, s hodnotami 0,2 mg/l a 0,1 mg/l (ve stejném pořadí) ukazují na výrazné naředění kontaminace. Situace studny ST1-1 cca 40 m jihovýchodně od okraje skládky proti směru proudění podzemní vody ukazuje spolu se skutečností, že studna dosahuje hloubky 4,4 m a její vyvýšení oproti okraji skládky je

na úrovni 4,5 m, na nulovou pravděpodobnost, že by tato studna byla ovlivněná kontaminací ze skládky U Benčáku. Původ kontaminace v tomto objektu je třeba hledat v aktivitě v zahrádkářské kolonii.

2.2.6. Omezení a nejistoty

Vymezení rozsahu kontaminace v nesaturované zóně je zatíženo nepřesností z důvodu omezených možností realizace průzkumných sond a jejich počtu. Průzkumné sondy byly provedeny v místech, kde nemohlo dojít ke střetu s inženýrskými a technologickými sítěmi.

Kvantifikace kontaminace podzemních vod pro hodnocení kvality a vývoje kontaminace podzemních vod byla v případě nově vybudovaných objektů k dispozici pouze z jednorázového monitoringu a z malého počtu monitorovacích objektů.

Vlastní vstupní data jsou standardně zatížena chybou. Jsou to jednak chyby při odběru vlivem např. klimatických podmínek, a dále standardní chyba analytického stanovení, která je uvedena v certifikátu laboratorních analýz.

3. Hodnocení rizika

Hodnocení rizika vychází z principů uvedených v Metodickém pokynu MŽP č. 12 pro analýzu rizik kontaminovaných území. Postup hodnocení zdravotního rizika předpokládá nejdříve identifikaci rizik spočívající v určení a zdůvodnění prioritních polutantů, v bližší identifikaci příjemců rizik a reálných expozičních scénářů. Následně je pro jednotlivé expoziční scénáře hodnocena nebezpečnost polutantů na zdraví obyvatel a životní prostředí**, v případě, že jsou překročeny limitní hodnoty legislativních norem, zejména zjištění závažného ohrožení znečištění povrchových nebo podzemních vod, vyžaduje již tato skutečnost nutnost nápravných opatření.** Při hodnocení rizik bylo rovněž přihlédnuto k metodikám U. S. EPA.

3.1. Identifikace rizik

Před vlastní kvantifikací reálných rizik je nezbytné upřesnit scénáře expozice potenciálně ohrožených příjemců. Tyto informace, které jsou předmětem identifikace rizik, vycházejí z údajů o charakteru, rozsahu kontaminace a z vyhodnocení mechanismů migrace kontaminantů v dané lokalitě tak, jak jsou uvedeny v předcházejících kapitolách.

3.1.1. Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů

Z výsledků provedených průzkumných prací byly vytipovány a dále při hodnocení rizik uvažovány následující prioritní kontaminanty:

- zemina C_{10}–C_{40}, PAU
- podzemní voda C_{10}–C_{40} (pouze studna ST1-1 v zahrádkářské kolonii)

Toxikologické vlastnosti jsou uvedeny v **příloze č. 17.**

3.1.2. Základní charakteristika příjemců rizik

Lokalita U Benčáku nachází v blízkosti zahrádkářské kolonie a je na ni volný přístup. Příjemci rizik jsou tedy obyvatelé této kolonie a další, náhodní návštěvníci lokality, případně obsluha zemědělských strojů při obdělávání pozemků. Mezi další příjemce rizik se řadí obyvatelé, kteří využívají vodu ze studny ST1-1 k závlaze, kontaminace v této studni však nepochází z prostoru posuzované skládky.

3.1.3. Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice (aktualizovaný koncepční model)

Tabulka č. 23: Aktualizovaný koncepční model

Expoziční cesta č.	Ohnisko znečištění	Transportní cesta	Příjemce rizik	Poznámka
3	Skládka	Emise prachu Přímý dermální kontakt se zeminou	Obyvatelstvo - zemina –expozice dermální, ingesce prachu	

V aktualizovaném koncepčním modelu (tabulka č. 23) je jako hlavní ohnisko znečištění v zájmovém území uvažována bývalá skládka. Jako příjemce rizik je uvažováno obyvatelstvo

S ohledem na výsledky průzkumných prací není jako expoziční cesta uvažována transportní cesta – průsaky do podzemní vody, infiltrace do povrchové vody a emise plynů.

3.1.3.1 Výčet reálných expozičních scénářů

Následující tabulka přináší přehled reálných expozičních scénářů.

Tabulka č. 24: Výčet reálných expozičních scénářů

Typ expozice	Expoziční médium	Využití území	Příklad expozičního scénáře
dermální kontakt	zemina	rekreační/zemědělské	dermální kontakt při pohybu osob na lokalitě
ingesce prachu	zemina	rekreační/zemědělské	ingesce prachu při zemědělských činnostech

Pro hodnocení rizika jsou uvažovány expoziční scénáře, sumarizované v tabulce. Výpočty rizik uvažují s expozičními cestami při dermálním kontaktu se zeminou a ingescí prachu.

Pro výpočet rizik byly také uvažovány expoziční scénáře náhodné ingesce vody a inhalace par při zalévání zahrady z ST1-1 a dermálního kontaktu s vodou z téže studny. Tato studna se nenalézá v prostoru skládky a ani ve směru proudění podzemní vody, tudíž bude kontaminace pocházet z jiných zdrojů v zahrádkářské kolonii. Výsledky laboratorních analýz ale znečištění prokázaly, tudíž byly provedeny modelové výpočty i pro tato rizika.

Tabulka č. 25: Výčet reálných expozičních scénářů – zahrádkářská kolonie

Typ expozice	Expoziční médium	Využití území	Příklad expozičního scénáře
náhodná ingesce	podzemní voda	rezidenční	náhodná ingesce vody z ST1-1
inhalace	páry uvolněné z vody	rezidenční	inhalace uvolněných par při zálivce, ST1-1
dermální kontakt s vodou	podzemní voda	rezidenční	dermální kontakt s vodou z ST1-1

Pro hodnocení rizika jsou uvažovány expoziční scénáře, sumarizované v tabulce. Výpočty rizik uvažují s expozičními cestami při náhodné ingesci vody z ST1-1, inhalaci par při zálivce z ST1-1 a dermálním kontaktu s vodou.

3.1.3.2 Výpočet expozičních koncentrací podle jednotlivých expozičních cest

Výčet expozičních koncentrací podle jednotlivých expozičních cest je uveden v následující tabulce č. 26. Do tabulky byly zadány hodnoty 3. kvartilu koncentrací jednotlivých kontaminantů. Pro výpočet rizik u uhlovodíků C_{10}–C_{40} byl použit 3. kvartil koncentrací, který byl rovnoměrně rozdělen mezi aromatické a alifatické uhlovodíky.

Tabulka č. 26: Výčet expozičních koncentrací

Typ expozice	Kontaminant	Koncentrace	Objekt
A **Dermální kontakt se zeminou** dermální kontakt se zeminou při rekreačním využití území	uhlovodíky C_{10}-C_{40}	455,7 mg/kg	Pro výpočet byly použity 3. kvartily koncentrací vybraných polutantů
	benzo/a/pyren	1,7 mg/kg	
	benzo/b/fluoranthen	2,2 mg/kg	
	fluoranthen	5,7 mg/kg	
	chrysen	2,2 mg/kg	
	pyren	4,9 mg/kg	
	naftalen	0,3 mg/kg	
B **Ingesce prachu**	uhlovodíky C_{10}-C_{40}	455,7 mg/kg	
	benzo/a/pyren	1,7 mg/kg	
	benzo/b/fluoranthen	2,2 mg/kg	
	fluoranthen	5,7 mg/kg	
	chrysen	2,2 mg/kg	
	pyren	4,9 mg/kg	
	naftalen	0,3 mg/kg	

Výčet expozičních koncentrací pro rizika související s objektem ST1-1, který se nenachází v prostoru skládky a není skládkou ohrožen, podle jednotlivých expozičních cest je uveden v následující tabulce č. 27. Do tabulky byly zadány nejvyšší hodnoty zjištěné v rámci odběrů, tudíž je modelový výpočet proveden na straně bezpečnosti a hodnotí maximálně možné nepříznivé účinky.

Tabulka č. 27: Výčet expozičních koncentrací

Typ expozice	Kontaminant	Koncentrace	Objekt
C **Náhodná ingesce** náhodná ingesce podzemní vody	C_{10}-C_{40}	4,67 mg/l	ST1-1
D **Inhalace uvolněných par při zalévání**	C_{10}-C_{40}	4,67 mg/l	ST1-1
E Dermální kontakt s vodou	C_{10}-C_{40}	4,67 mg/l	ST1-1

3.2. Hodnocení zdravotních rizik

Metodika hodnocení zdravotních rizik zahrnuje pět základních kroků:

- Určení vztahu dávka – odezva
- Hodnocení expozice
- Charakterizace rizika
- Řízení rizika
- Komunikace rizika

Postup hodnocení zdravotního rizika především předpokládá první tři výše uvedené kroky, tj. z vyhodnocení vztahu dávka-účinek, z vyhodnocení expozice a z charakterizace rizika.

V případě chemických látek, pro něž je charakteristický jiný než karcinogenní účinek, se předpokládá, že existuje řada fyziologických, adaptačních a opravných procesů, které pomáhají organismu se úspěšně vyrovnat s expozicí toxickým látkám. Účinky se tedy začnou projevovat až po vyčerpání těchto mechanismů, proto se zde předpokládá existence prahové dávky a mluvíme o látkách s prahovým účinkem. Charakterizujícím parametrem pro prahové účinky je referenční dávka (RfD). RfD je odhad každodenní expozice lidské populace, včetně citlivých populačních skupin, která velmi pravděpodobně nepředstavuje žádné riziko nepříznivých účinků, ani když trvá po celý život jedince. Vyjadřuje se jako hmotnost vstřebaná jednotkou tělesné hmotnosti za jednotku času (mg/kg/den). Stanovuje se samostatně pro dermální kontakt (RfD_{ad}), orální cestu (RfD_o) a inhalační cestu (RfD_i). V některých případech se pro inhalační expoziční scénáře používá místo RfD tzv. referenční koncentrace RfC (mg/m^3).

U karcinogenních látek se vychází z faktu, že pouze několik změn na molekulární úrovni může způsobit nekontrolovatelné množení jediné buňky, které může vést až ke vzniku karcinomu. Charakterizujícím parametrem pro bezprahové účinky, kdy se stoupající dávkou stoupá pravděpodobnost nepříznivého účinku, je faktor směrnice (SF) vztahu dávka – odpověď (riziko) v oblasti nízkých dávek. Stanovuje se samostatně pro dermální kontakt (SF_{ad}), orální cestu (SF_o) a inhalační cestu (SF_i). Faktor směrnice je směrnicí přímky vycházející z nulové dávky (a nulového rizika) a je vyjádřen v 1/mg/kg/den.

3.2.1. Hodnocení expozice

Expozice je styk chemického, fyzikálního nebo biologického činitele povrchem organismu. Kvantitativně se vyjadřuje jako koncentrace dané látky v prostředí, která se stýká s organismem, integrovaná za celou délku trvání kontaktu s organismem. Jedná se tedy o maximální množství dané látky, které cílový organismus může různými způsoby přijmout – orálně, inhalačně, dermálně. Expoziční cesta je dráha od zdroje k cílovému organismu – recipientu.

Hodnocení expozice obsahuje vyhledávání a vyhodnocení zdroje, cesty, velikosti, četnosti a trvání dané populace. Cílem vyhodnocení expozice je odhadnout expoziční dávky pro jednotlivce a pro populaci.

K vyhodnocení odhadu či kvantitativnímu vyjádření expozice používáme tzv. expoziční scénář. Expoziční scénář je vyjádřením souboru faktů, předpokladů a závěrů o tom, jak k expozici dochází. Výsledkem je tzv. příjem I, tj. vnější dávka v mg vztažená na den trvání expozice a na kg tělesné hmotnosti člověka (mg/kg/den).

V případě bezprahových účinků se úroveň expozice přepočítává na celkovou předpokládanou délku života exponované osoby, tj. stanoví se průměrná celoživotní denní expozice (LADD). Pro celoživotní průměrnou denní expozici platí, že LADD = I.

Uvažované expoziční scénáře pro jednotlivé cesty příjmu škodlivin

A DERMÁLNÍ KONTAKT SE ZEMINOU

ADD/LADD = CS x CF x SA x AF x ABSd x EF x ED / (BW x AT)

ADD/LADD	průměrná denní/celoživotní denní absorbovaná dávka (mg/kg/den)
CD	koncentrace kontaminantu v zemině (mg/kg)
CF	konverzní faktor pro přepočet kg a mg (10^{-6} kg/mg)
SA	exponovaný povrch kůže (cm^2/den eventuálně cm^2 /případ)
AF	adherenční faktor specifický podle typu zeminy a exponované části těla (mg/cm^2)
ABS_d	dermální absorpční faktor (0 až 1, bezrozměrný)
EF	frekvence expozice (den/rok eventuálně případ/rok)
ED	trvání expozice (rok)
BW	váha těla (kg)
AT	doba průměrování (den) pro nekarcinogenní: ED (rok) x 365 dní/rok pro karcinogenní: 70 let x 365 dní/rok alternativně (EPA, 2004) jsou používány dvě následující rovnice, které nicméně odpovídají rovnici výše uvedené a liší se pouze doplněním parametru EV (případ/den). V původní rovnici byl uvažován jeden případ denně.

$DAD = DA_{ev}$ x SA x EV x EF x ED / (BW x AT)

Kde: **DA_{ev} = CS x CF x AF x ABS_d**

DAD	dermálně absorbovaná dávka (mg/kg/den)
DA_{ev}	dávka absorbovaná v daném případě (mg/cm^2/případ)
EV	frekvence případů (případ/den)

MOŽNÉ SCÉNÁŘE:

Dermální kontakt se zeminou při rekreačním využití území

CF	konverzní faktor pro přepočet kg a mg: 10^{-6} kg/mg
SA	5700 cm^2/den

AF	0,05 mg/cm EPA (2004)
ABSd	0,01 pro organické látky (EPA, 1992B)
EF	75 dní/rok
ED	předpoklad běžné expozice 9 rok
BW	průměrná váha 70 kg

B INGESCE ZEMINY (PRACHU)

CDI = (Cs x IR x CF x FI x EF x ED) / (BW x AT)

Cs	koncentrace v médiu (mg.kg^{-1})
IR	přijaté množství média, pracující člověk 100 (mg.den^{-1})
CF	konverzní faktor (1.10^{-6} kg.mg^{-1})
FI	frakce kontaminovaných zdrojů (1)
EF	frekvence expozice počet případů/rok (75 dní/rok)
ED	trvání expozice (roky)
BW	tělesná hmotnost (70 kg)
AT	doba průměrování – doba trvání chronické expozice

C INGESCE VODY PŘI PITÍ

CDI = CW x IR x EF x ED / (BW x AT)

CDI	chronický denní příjem (mg/kg/den)
CW	koncentrace kontaminantu ve vodě (mg/l)
IR	množství požité vody (l/den)
EF	frekvence expozice (den/ rok)
ED	trvání expozice (rok)
BW	váha těla (kg)
AT	doba průměrování (den) pro nekarcinogenní: ED (rok) x 365 dní/rok pro karcinogenní: 70 let x 365 dní/rok

MOŽNÉ SCÉNÁŘE:

Náhodné napití z ST1-1

CDI	chronický denní příjem (mg/kg/den)
CW	koncentrace kontaminantu ve vodě (mg/l)
IR	množství požité vody (1 l/den)
EF	frekvence expozice (1 den/rok)
ED	trvání expozice (1 rok)
BW	váha těla (70 kg)
AT	doba průměrování (den) pro nekarcinogenní: ED (rok) x 365 dní/rok pro karcinogenní: 70 let x 365 dní/rok

D INHALACE uvolněných par při zalévání

MOŽNÉ SCÉNÁŘE:

Obyvatelé - rekreační pobyt - inhalace uvolněných par při zalévání zahrádek

CA — nejde-li přímo měřit koncentrace kontaminantu ve vzduchu, je nutné použít orientační přepočet z koncentrací kontaminantu ve vodě, např. podle zjednodušené rovnice dle Risk*Assistant:

$$\mathbf{CA = ((2/\tau)^{1/2} \times (X(1^{-b}) / (a \times (1-b))) \times (Q / u),}$$

$$\mathbf{kde: Q = (Cw \times f \times FI) / (X^2 \times 3600\ s/hod),}$$

kde:

Q … vydatnost zdroje (mg/s/m^2),
Cw … koncentrace kontaminantu ve vodě (mg/l)
F … frakce uvolnitelného kontaminantu (bezrozměrný), obvykle 0,5

FI … průtok zavlažovací vody 600 l/hod
X … strana zhruba čtvercové zavlažované plochy (25 m)
CA … koncentrace kontaminantu ve vzduchu (mg/m^3)
τ … Ludolfovo číslo (= 3,141592)
a, b … konstanty vztahující vertikální disperzi ke stabilitě atmosféry, a=0,15, b=0,75
u … přípovrchová rychlost větru (m/s), obvykle 2,0 m/s

IR — inhalované množství vzduchu při zalévání 1,4 m^3/hod
ET — obvyklá doba expozice 0,44 hod/den (hodnota odpovídá ročnímu průměru cca 3 hodiny týdně, při zohlednění nižší aktivity v zimě a vyšší v létě)
EF — frekvence expozice 200 dní/rok (v době expozice ET je zohledněno vegetační období)
ED — celoživotní expozice: 70 let
BW — průměrná váha dospělý: 70 kg

E DERMÁLNÍ KONTAKT S VODOU

ADD / LADD = CW x SA x Kp x ET x EF x ED x CF / (BW x AT)

ADD/LADD průměrná denní /celoživotní denní absorbovaná dávka (mg/kg/den)
CW — koncentrace kontaminantu ve vodě (mg/1)
SA — povrch kůže (cm^2)
Kp — koeficient permeability průniku kůží (cm/hod)
ET — doba expozice (hod/den)
EF — frekvence expozice (den/rok)
ED — trvání expozice (rok)
CF — konverzní faktor (0,001 1/cm^3)
BW — váha těla (kg)
AT — doba průměrování (den)
pro nekarcinogenní: ED (rok) x 365 dní/rok
pro karcinogenní: 70 let x 365 dní/rok

MOŽNÉ SCÉNÁŘE:

Osoby rekreačně využívající území

SA	1000 cm^2/den
ET	8 hod/ den
EF	frekvence expozice: 75 dní/rok
ED	1 rok

3.2.2. Odhad zdravotních rizik

K hodnocení rizika chemických škodlivin, které nemají karcinogenní účinek (resp. u nichž lze předpokládat účinek nejen karcinogenní, ale i systémový), se podle metody „Health risk assessment“ používá tzv. kvocient nebezpečnosti (*Hazard Quotient – HQ*), který umožňuje srovnání dávky chemické látky s *RfD*.

Charakterizace rizika představuje sumarizaci závěrů hodnocení rizika. Kvantifikací rizika pro nekarcinogenní účinky je kvocient nebezpečnosti *HQ*.

$$HQ = E / RfD,\ HQ \text{ resp. } HQ = ADD \text{ (resp. } EED) / RfD$$

E průměrná denní absorbovaná dávka ADD nebo průměrná celoživotní denní absorbovaná dávka LADD resp. chronický denní příjem CDI (mg/kg/den)

EED Estimated Exposure Dose, stanovená expoziční dávka = změřená nebo vypočtená dávka, které je populace (jedinec) exponována ze všech zdrojů a všemi cestami

RFD referenční dávka (mg/kg/den)

Nebezpečnost konkrétní expozice je signalizována hodnotami HQ>1.

Pro výpočet nadměrného celoživotního karcinogenního rizika *ELCR* (Excess Lifetime Cancer Risk) – bezrozměrný ukazatel odpovídající pravděpodobnosti vzniku rakoviny při celoživotní expozici pro látky kategorie C lze obecně požít rovnici:

$$ELCR = CDI \times SF$$

CDI - chronický denní příjem resp. průměrná denní dávka LADD vztažená na celoživotní expozici v délce 70 let (mg/kg/den)

SF faktor směrnice (mg/kg/den)

Kvantifikace rizika karcinogenních účinků vyjadřující celoživotní vzestup pravděpodobnosti počtu nádorových onemocnění nad všeobecný průměr v populaci se vyjadřuje vztahem:

$$ELCR = 1 - \exp^{(-CDI \times SF)}$$

Výpočty pro jednotlivé typy expozice jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka č. 28: Základní tabulkové toxikologické parametry pro prioritní kontaminanty

Kontaminant	SF_o [1/(mg/kg/d)]	SF_{ad} [1/(mg/kg/d)]	SF_i [1/(mg/kg/d)]	RfD_o [mg/kg/d]	RfD_{ad} [mg/kg/d]	RfD_i [mg/kg/d]
C_{10}–C_{40} (NEL) Total Petroleum Hydrocarbon (Aliphatic low)	-	-	-	0,06	0,048	0,0571
C_{10}–C_{40} (NEL) Total Petroleum Hydrocarbon (Aromatic low)	-	-	-	0,2	0,16	0, 14
naftalen	-	-	-	$2{,}0.10^{-2}$	$1{,}2.10^{-2}$	$8{,}6.10^{-4}$
pyren	-	-	-	$3{,}0.10^{-2}$	$5{,}4.10^{-3}$	$3{,}0.10^{-2}$
benzo/a/pyren	7,3	23,5	3,1	-	-	-
benzo/b/fluoranthen	$7{,}3.10^{-1}$	2,4	$3{,}1.10^{-1}$	-	-	-
fluoranthen	-	-	-	$4{,}0.10^{-2}$	$1{,}2.10^{-2}$	$4{,}0.10^{-2}$
fenanthren	-	-	-	-	-	-
chrysen	$7{,}3.10^{-3}$	$2{,}4.10^{-2}$	$3{,}1.10^{-3}$	-	-	-
fluoren	-	-	-	$4{,}0.10^{-2}$	$2{,}0.10^{-2}$	-

Zdroj: US EPA, Integrated Risk Information System, Health Effects Assessment Summary Tables (2010)

A Dermální kontakt se zeminou

Tabulka č. 29 : Dermální kontakt se zeminou

Dermální kontakt se zeminou		Kontaminant:	C_{10}–C_{40} alifáty	C_{10}–C_{40} aromáty	b/a/p*	b/b/f	fluor
CS	konc. v suš. zeminy	(mg/kg)	227,8	227,8	1,7	2,2	5,7
CF	konverzní faktor	(kg/mg)	$1{,}0.10^{-6}$	$1{,}0.10^{-6}$	$1{,}0.10^{-6}$	$1{,}0.10^{-6}$	$1{,}0.10^{-6}$
SA	plocha povrchu těla	(cm^2/den)	5700	5700	5700	5700	5700
AF	faktor adherence kůže	(mg/cm^2)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
ABS	absorpční faktor	bezrozm.	0,01	0,01	0,13	0,13	0,13
EF	frekvence expozice	(dny/rok)	75	75	75	75	75
ED	trvání expozice	(roky)	9	9	9	9	9
BW	hmotnost organismu	(kg)	70	70	70	70	70
AT	průměrovací doba	(dny)	365	365	365	365	365
ADD (LADD)	průměrná denní dávka	(mg/kg/den)	$1{,}7.10^{-5}$	$1{,}7.10^{-5}$	$1{,}7.10^{-6}$	$2{,}2.10^{-6}$	$5{,}6.10^{-6}$
RfD-ad	ref. bezp. denní dávka	(mg/kg/den)	0,048	0,16	-	-	1,2.10–2
SF-ad	faktor strmosti	(1/(mg/kg/den))	-	-	23,5	2,4	-
HQ	index nebezpečnosti		**$3{,}6.10^{-4}$**	**$1{,}1.10^{-3}$**	**-**	**-**	**$4{,}6.10^{-4}$**

Dermální kontakt se zeminou		Kontaminant:	C_{10}–C_{40} alifáty	C_{10}–C_{40} aromáty	b/a/p*	b/b/f	fluor
ELCR	riziko pro karcinogeny		-	-	**$3{,}9.10^{-5}$**	**$5{,}2.10^{-6}$**	-

*b/a/p-benzo/a/pyren;b/b/f-benzo/b/fluoranthen;fluor-fluoranthen

Tabulka č. 30 : Dermální kontakt se zeminou

Dermální kontakt se zeminou		Kontaminant:	chrysen	pyren	naftalen
CS	konc. v suš. zeminy	(mg/kg)	2,2	4,9	0,3
CF	konverzní faktor	(kg/mg)	$1{,}0.10^{-6}$	$1{,}0.10^{-6}$	$1{,}0.10^{-6}$
SA	plocha povrchu těla	(cm^2/den)	5700	5700	5700
AF	faktor adherence kůže	(mg/cm^2)	0,05	0,05	0,05
ABS	absorpční faktor	bezrozm.	0,13	0,13	0,13
EF	frekvence expozice	(dny/rok)	75	75	75
ED	trvání expozice	(roky)	9	9	9
BW	hmotnost organismu	(kg)	70	70	70
AT	průměrovací doba	(dny)	365	365	365
ADD (LADD)	průměrná denní dávka	(mg/kg/den)	$2{,}1.10^{-6}$	$4{,}8.10^{-6}$	$1{,}7.10^{-7}$
RfD-ad	ref. bezp. denní dávka	(mg/kg/den)	-	$5{,}4.10^{-3}$	$1{,}2.10^{-2}$
SF-ad	faktor strmosti	(1/(mg/kg/den))	$2{,}4.10^{-2}$	-	-
HQ	index nebezpečnosti		-	**$8{,}8.10^{-4}$**	**$1{,}4.10^{-5}$**
ELCR	riziko pro karcinogeny		**$5{,}2.10^{-8}$**	-	-

Výpočet rizika dermálního kontaktu byl proveden pro volný pohyb osob na lokalitě. Pro výpočet byly použity hodnoty 3. kvartilu koncentrací PAU v zájmové lokalitě. Pro výpočet rizik u uhlovodíků C_{10}–C_{40} byl použit 3. kvartil koncentrací, který byl rovnoměrně rozdělen mezi aromatické a alifatické uhlovodíky. U benzo/a/pyrenu bylo vypočteno riziko vzniku rakoviny u jednoho člověka ze 100 000. Toto riziko je podle MP MŽP pro řádově 10 až 100 ohrožených osob na lokalitě. U benzo/b/fluoranthenu bylo vypočtena pravděpodobnost vzniku rakoviny u jednoho člověka z milionu. Toto platí pro 100 a více ohrožených osob na lokalitě. Jelikož se za současného stavu na lokalitě nevyskytuje tak velký počet osob, je tento výpočet modelový a hrozící riziko je hypotetické.

B. Ingesce zeminy (prachu)

Tabulka č.31: Ingesce kontaminované zeminy (prachu)

Ingesce kontaminované zeminy (prachu)	C_{10}-C_{40} aromáty	C_{10}-C_{40} alifáty	benzo/a/pyren	benzo/b/fluoranthen	fluoranthen
Cs [mg/kg]	227,85	227,85	1,7	2,2	5,7
CF [kg/mg]	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
IR [mg/den]	100	100	100	100	100
FI	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
EF [den/rok]	75	75	75	75	75
ED [rok]	25	25	25	25	25
BW [kg]	70	70	70	70	70
AT [den]	3285	3285	3285	3285	3285
ADD (LADD) [mg/kg/den]	**$1{,}3.10^{-4}$**	**$1{,}3.10^{-4}$**	**$9{,}9.10^{-7}$**	**$1{,}3.10^{-6}$**	**$3{,}3.10^{-6}$**
Prahové účinky					
RfD_o [mg/kg/den]	0,2	0,06	-	-	4.10^{-2}
SF_o	-	-	7,3	0,73	
HQ	**$6{,}7.10^{-4}$**	**$2{,}2.10^{-3}$**	**-**	**-**	**$8{,}4.10^{-5}$**
PR	**-**	**-**	**$7{,}3.10^{-6}$**	**$9{,}4.10^{-7}$**	**-**

Tabulka č. 32: Ingesce kontaminované zeminy (prachu)

Ingesce kontaminované zeminy (prachu)	chrysen	pyren	naftalen
Cs [mg/kg]	2,2	4,9	0,3
CF [kg/mg]	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
IR [mg/den]	100	100	100
FI	0,1	0,1	0,1
EF [den/rok]	75	75	75
ED [rok]	25	25	25
BW [kg]	70	70	70
AT [den]	3285	3285	3285
ADD (LADD) [mg/kg/den]	**$1{,}3.10^{-6}$**	**$2{,}9.10^{-6}$**	**$1{,}8.10^{-7}$**
Prahové účinky			
RfD_o [mg/kg/den]	-	3.10^{-2}	2.10^{-2}
SF_o	$7{,}3.10^{-3}$	-	-
HQ	**-**	**$8{,}6.10^{-8}$**	**$3{,}5.10^{-9}$**
PR	**$9{,}4.10^{-9}$**	**-**	**-**

Výpočty vyjadřující riziko z expozice cestou ingesce zeminy (prachu) ukázaly, že pro osoby pohybující se v posuzovaném prostoru nevzniká riziko ohrožení zdraví polutanty s nekarcinogenním účinkem. Pro polutanty s karcinogenními účinky bylo vypočteno riziko pravděpodobnosti vzniku rakoviny u 1 člověka z milionu, při výskytu 100 a více osob na lokalitě. Toto riziko bylo vypočteno pro benzo/a/pyren. V současné době se ale na lokalitě vyskytuje jen malé množství lidí, tudíž je tento výpočet pouze modelový a riziko hypotetické.

C Ingesce vody při pití – jednorázové napití

Tabulka č. 33: Ingesce vody při pití, jednorázové napití vody z ST1-1

Ingesce vody při pití	C_{10}-C_{40} alifáty	C_{10}-C_{40} aromáty
Cw [mg/l]	2,33	2,33
IR [l/den]	1	1
EF [den/rok]	1	1
ED [rok]	1	1
BW [kg]	70	70
AT [den]	365	365
I nebo LADD (E) [mg/kg/den]	$9{,}1.10^{-5}$	$4{,}9.10^{-7}$
Prahové účinky		
RfD [mg/kg/den]	0,06	0,2
HQ = E/RfD	$1{,}5.10^{-3}$	$2{,}4.10^{-6}$
Karcinogenní účinky		
SF	-	-
ELCR = $1 - e^{-SF \times LADD}$	-	-

Pro určení míry rizika při náhodné ingesci vody ze studny ST1-1 byl brán v ohled pohyb osob na lokalitě. Vypočtené hodnoty indexu nebezpečnosti HQ jsou menší než 1 a tudíž nesignalizují žádné riziko.

D Inhalace uvolněných par při zalévání

Tabulka č. 34 : Inhalace uvolněných par z podzemní vody při zalévání

Inhalace uvolněných par z podzemní vody při zalévání		Kontaminant	C_{10}-C_{40} aromáty	C_{10}-C_{40} alifáty
Cw	koncentrace ve vodě	mg/l	2,33	2,33
CA	vypočtená hodnota koncentrace	mg/m^3	$1{,}22.10^{-1}$	$1{,}22.10^{-1}$
IR	inhalované množství	m^3/hod	1,4	1,4
ET	doba expozice	hod/den	0,44	0,44
EF	frekvence expozice	den/rok	200	200
ED	trvání expozice	rok	30	30
BW	hmotnost organismu	kg	70	70
AT	průměrovací doba	den	25 550	25 550
CDI	průměrná denní dávka	mg/kg/den		
RfD-inh	ref. bezp. denní dávka	mg/kg/den	0,14	$5{,}7.10^{-2}$
SF-inh	faktor strmosti	mg/kg/den	-	-
HQ	index nebezpečnosti		**1.10^{-2}**	**$4{,}2.10^{-3}$**
ELCR	riziko pro karcinogeny		**-**	**-**

Zhodnocení výpočtů:

Výpočet rizika byl proveden pro možné inhalace látek při závlaze podzemní vodou ze studny ST1-1 Ve výpočtu koncentrace kontaminantu ve vzduchu byla uvažovaná strana čtvercové zavlažované plochy 10 m. Výsledné hodnoty ukazují, že uhlovodíky C_{10}-C_{40} nepředstavují karcinogenní riziko.

E Dermální kontakt s vodou

Tabulka č. 35: Dermální kontakt s vodou

Dermální kontakt s vodou při výkopových pracích		Kontaminant:	**C_{10}-C_{40} aromáty**	**C_{10}-C_{40} alifáty**
CW	konc. škodliviny ve vodě	(mg/l)	2,33	2,33
SA	povrch kůže	cm^2	904	904
Kp	koef. permeability průniku kůží	cm/hod	0,7	0,7
EF	frekvence expozice	(dny/rok)	75	75
ET	doba expozice	hod/den	1	1
ED	trvání expozice	(roky)	9	9
CF	konverzní faktor	l/cm^3	0,001	0,001
BW	hmotnost organismu	(kg)	70	70
AT	průměrovací doba	(dny)	3285	3285
ADD (LADD)	průměrná denní dávka	(mg/kg/den)	$6{,}2.10^{-6}$	$6{,}2.10^{-6}$
RfD-abs	ref. bezp. denní dávka	(mg/kg/den)	0,16	0,048
SF-abs	faktor strmosti	(1/(mg/kg/den))	-	-
HQ	index nebezpečnosti		**$3{,}8.10^{-5}$**	**$1{,}2.10^{-4}$**
ELCR	riziko pro karcinogeny		**-**	**.**

Určení míry rizika při dermálním kontaktu s vodou bylo provedeno osoby rekreačně využívající území. Pro výpočet byla použita hodnota 3. Kvartilu koncentrace uhlovodíků C_{10}-C_{40}, která byla rovnoměrně rozdělena mezi aromatické a alifatické uhlovodíky. Index nebezpečnosti HQ uhlovodíků C_{10}-C_{40} je menší než 1, což neznačí žádné riziko.

3.3. Hodnocení ekologických rizik

Postup hodnocení rizika pro ekosystémy je analogický s postupem hodnocení rizik zdravotních.

Při hodnocení nebezpečnosti a rizik se zároveň používají testy toxicity. Ty se zaměřují na biochemické a fyziologické odpovědi organismu k environmentálnímu znečištění.

Podle výsledků testů ekotoxicity, které byly na lokalitě prováděny na vzorku ze sondy S1-3(3,5–6,5 m), nebylo zjištěno překročení požadovaných ukazatelů (viz. **příloha č. 9.7**).

Za současného stavu nebyl na lokalitě ani v jejím bezprostředním okolí zjištěn vliv skládkovaných materiálů na ekosystémy nacházející se v prostoru vlastního skládkového tělesa ani na ekosystémy vázané na blízkou vodoteč, ekologická rizika tedy nejsou vzhledem k výsledkům průzkumných prací dále posuzována. Byl pouze pozorován vliv skládky na růst plodin (kukuřice), kdy v některých oblastech byl růst rostlin značně omezený, docházelo i tvorbě prakticky „holin“. Tato místa s omezeným růstem kolidovala jednak s podmáčenými

oblastmi (prostory pramenních vývěrů) a dále na místa, kde vlivem eroze při obdělávání došlo k zásadnímu zeslabení vrstvy ornice a narušení stability prostředí v sorpčním rozsahu rhizosféry pěstovaných plodin. Tato rizika však nelze jednoznačně kvantifikovat.

Případná ekologická rizika způsobená zálivkou vodou kontaminovanou ropnými uhlovodíky ze zdroje ST1-1 v této kolonii také nelze jednoznačně kvantifikovat a lze pouze doporučit lepší kázeň zahrádkářů při nakládání se závadnými látkami na pozemcích zahrádkářské kolonie. Tato rizika navíc nelze spojovat se skládkováním v dané oblasti.

3.4. Shrnutí celkového rizika

V rámci hodnocení rizika bylo kvantifikováno riziko dermálního kontaktu se zeminou a ingesce zeminy nebo prachu. Pro hodnocení rizika vyplývajícího z využívání objektu ST1-1, který není ovlivněn skládkou, ale přesto v něm bylo nalezeno znečištění, byly uvažované scénáře náhodné ingesce vody, inhalace par při zalévání a také dermálního kontaktu s touto vodou.

Určení míry rizika při dermálním kontaktu s e zeminou bylo provedeno pro volný pohyb osob při rekreačním využití území. U benzo/a/pyrenu bylo vypočteno riziko vzniku rakoviny u jednoho člověka ze 100 000. Toto riziko je podle MP MŽP pro řádově 10 až 100 ohrožených osob na lokalitě. U benzo/b/fluoranthenu bylo vypočtena pravděpodobnost vzniku rakoviny u jednoho člověka z milionu. Toto platí pro 100 a více ohrožených osob na lokalitě. Jelikož se za současného stavu na lokalitě nevyskytuje tak velký počet osob, je tento výpočet modelový a hrozící riziko je hypotetické.

U výpočtu ingesce zeminy nebo prachu bylo vypočteno riziko pravděpodobnosti vzniku rakoviny u jednoho člověka z milionu pro benzo/a/pyren. Vzhledem k počtu osob pohybujících se na lokalitě reálné ohrožení nehrozí a výpočet je pouze hypotetický.

Scénář ingesce vody z ST-1 ani inhalace par při zálivce žádné riziko neprokázal.

Rovněž případná ekologická rizika nebyla jednoznačně prokázána.

3.5. Omezení a nejistoty

Pro výpočty hodnocení rizik byly použity maximální zjištěné hodnoty koncentrací z provedených průzkumných prací.

Výpočty expozice a rizika byly provedeny podle standardního postupu. Nicméně použité „proměnné“, které zahrnují všechny důležité faktory určující expozici, resp. z ní vyplývající riziko, jsou vždy zatíženy určitou mírou nejistoty. Tuto míru je obtížné, někdy i nemožné kvantifikovat.

Hodnoty RfD_o jsou převzaty z oficiálních databází U.S. EPA. Pokud sama U.S. EPA hodnotí jejich spolehlivost (confidence) – a to pouze pro případ RfD_o – pak spolehlivost experimentálních studií na zvířatech použitých pro výpočet ohodnocuje jako „nízkou“ nebo „střední“, spolehlivost použitých databází jako „střední“ a finální RfD_o také jako „střední“ (U.S. EPA – IRIS 1987 – 1999).

Výpočet rizika dle U.S. EPA předpokládá, že průměrná denní dávka = průměrná denní potencionální dávka je zároveň dávkou absorbovanou. Čili, že dojde ke vstřebání 100 % požité dávky. I když vstřebávání uvažovaných kontaminantů je relativně velmi vysoké a dosahuje 80 i více %, těžko lze – i teoreticky – předpokládat v praxi 100 % vstřebatelnosti při běžném příjmu pitné vody s potravou. Přesto jde o „standardní předpoklad“ v rámci použitého postupu health risk assessment.

Na základě informací z analýzy rizik nelze jednoznačně posoudit rizika plynoucí z případné konzumace plodin pěstovaných na pozemcích nad skládkou.

4. Doporučení nápravných opatření

Tato kapitola shrnuje výsledky analýzy rizika pro řešenou lokalitu a formuluje doporučení pro další postup prací. Provedenými průzkumnými pracemi a analýzou rizika v zájmovém území nebyla prokázána kontaminace nesaturované ani saturované zóny horninového prostředí v takové míře, která by znamenala nutnost provedení nápravných opatření při současném stavu využití posuzované lokality (s výjimkou ověřovacího monitoringu).

4.1. Doporučení cílových parametrů nápravných opatření

Cílové parametry pro realizaci nápravných opatření nejsou analýzou rizika navrženy. Doporučená varianta postupu nápravných opatření v kapitole 4.2 (varianty 1 – ověřovací monitoring) znamená prakticky pouze zásadní snížení nejistot plynoucích ze skutečnosti, že u všech monitorovacích objektů jsou data o kontaminaci podzemní a povrchové vody k dispozici pouze z jednorázového monitoringu. Doporučená varianta nepředpokládá vymístění skládkových materiálů, a proto nejsou navrženy cílové limity pro obsahy kontaminantů v zeminách.

Cílové sanační limity pro podzemní vodu nejsou doporučeny vzhledem ke skutečnosti, že analýza rizika neuvažuje s variantou sanace podzemní vody.

4.2. Doporučení postupu nápravných opatření

Kapitola blíže diskutuje 2 varianty dalšího postupu nápravných opatření.

VARIANTA 0 – ***Neprovádění žádných prací na dané lokalitě***

S ohledem na výsledky průzkumných prací, závěry analýzy rizik a zanedbatelných zdravotních a ekologických rizik, lze na hodnocené lokalitě uvažovat i o tzv. nulové variantě – tedy neprovádění žádných dalších prací.

Důvodem pro nedoporučení této varianty je především poměrně vysoký obsah ropných látek a bodově některých dalších kontaminantů v zeminách. I když s výjimkou objektu ST1-1 nebyly v žádném jiném objektu ani v povrchové vodě ropné látky zastiženy, přesto vzhledem k charakteru lokality (obdělávaný zemědělský pozemek, kde odpady již částečně vystupují na povrch terénu a kde chybí krycí nepropustná vrstva) nepovažujeme jednorázový monitoring podzemních a povrchových vod za dostatečný.

Dále by bylo vhodné po omezenou dobu sledovat i kvalitu podzemních vod v objektech v okolí místní komunikace (zejména objekt HG1-5) pro vyloučení souvislosti zvýšeného obsahu PAU s existencí skládky, případně vyplavování kontaminace z horizontů pod místní komunikací.

Tuto variantu, přestože ji považujeme za možnou, z výše uvedených důvodů nedoporučujeme.

VARIANTA 1 - *Ověřovací monitoring*

Tato varianta předpokládá, že na lokalitě nebudou prováděny sanační práce ale pouze ověřovací monitoring kvality podzemních a povrchových vod. Tato varianta by představovala zásadní snížení nejistot způsobených absencí dat o kontaminaci podzemní a povrchové vody v delší časové řadě. Monitoring je navržen pro ukazatele, u kterých byly zjištěny výrazněji zvýšené hodnoty nad přirozené pozadí v zeminách nebo podzemních vodách a ve vodách v tělese skládky. Situace monitorovacích objektů znázorňuje **příloha č. 14**.

Do monitoringu navrhujeme zařadit i studnu v zahrádkářské kolonii ST1-1 z následujících důvodů:

- Představuje kvalitu podzemních vod na přítoku do skládkového tělesa.
- Jde o objekt, který je sezónně využíván k odběru užitkové vody (na zálivku).

Popis nápravných opatření:

- Monitoring kvality podzemní a povrchové vody v rozsahu Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX, TK (Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Hg), předpokládaná četnost 2x ročně po dobu dvou let, celkem 9 objektů v jednom cyklu (5x stávající vrty řady HG1, 3x povrchová voda v profilech PV1-1 a PV1-3, studna ST1-1).

Tabulka č. 36: Návrh monitoringu podzemních a povrchových vod

Monitorovaný objekt	Rozsah analýz	Četnost
HG1-1	Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Hg	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
HG1-2	Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Hg	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
HG1-3	Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Hg	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
HG1-4	Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Hg	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
HG1-5	Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Hg	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
ST1-1	Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Hg	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
PV1-1	Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Hg	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
PV1-2	Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Hg	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
PV1-3	Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX, Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Hg	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x

Výhody varianty 1 – Ověřovací monitoring

- Umožní získat delší souvislou časovou řadu výsledků laboratorních analýz sledovaných kontaminantů v podzemních a povrchových vodách a snížit tak míru nejistot.
- Umožní opakovaně ověřit míru kontaminace využívané studny v zahrádkářské kolonii.

Nevýhody varianty 1 – Ověřovací monitoring

- Při srovnání s nulovou variantou představuje nutnost vynaložení dalších nákladů.

Odhad nákladů na realizaci varianty

Náklady na realizaci této varianty lze odhadnout na cca **130–150 tis. Kč bez DPH**. Tento odhad zahrnuje odběry a laboratorní analýzy vzorků v rozsahu výše uvedených ukazatelů při četnosti 2x ročně po dobu 2 let a zpracování závěrečné hodnotící zprávy s návrhem dalšího postupu.

Tuto variantu na základě všech nám dosud známých údajů o posuzované lokalitě doporučujeme jako optimální řešení.

Ostatní běžně navrhované varianty nápravných opatření při zpracování analýz rizik v oblastech, kde historicky probíhalo sládkování (zatěsnění znečištění shora, enkapsulace ohniska znečištění, částečné nebo úplné vymístění skládkovaných odpadů, MPA apod.) nebyly vzhledem k výsledkům průzkumných prací provedených v rámci zpracování analýzy rizik hodnoceny, protože na základě výsledků aktuálních průzkumných prací není na lokalitě nutný aktivní sanační zásah a je doporučen pouze ověřovací monitoring.

V současné době je zájmová lokalita značně ovlivněna prováděnou zemědělskou činností. Tato činnost má ve svém dlouhodobém působení vlivem obdělávání pozemků za následek zvýšenou erozi povrchových vrstev skládky, částečný výnos odpadů na povrch terénu a jejich promíchávání s vrstvou ornice. Lze oprávněně předpokládat, že pokračující zemědělská činnost bude situaci nadále zhoršovat (negativním faktorem je z tohoto pohledu i existence pramenních vývěrů a sezónní podmáčení částí posuzované lokality). Výnosy plodin budou vlivem popsané situace klesat a bude pravděpodobně docházet k neustálému snižování mocnosti krycí orniční vrstvy nad uloženými odpady (tyto jevy jsou již na lokalitě aktuálně pozorovány), což může mít do budoucna za následek zvýšený výluh kontaminantů z prostoru skládky do podzemních a povrchových vod a tím zhoršení kvality zejména povrchové vody v blízké bezejmenné vodoteči.

Této situaci by bylo možno předejít méně intenzivním využíváním zemědělských pozemků, pěstováním plodin, které přispívají k soudržnosti krycí orniční vrstvy a snižují míru eroze (obiloviny apod., kukuřice je z tohoto pohledu jednoznačně nevhodnou plodinou), v krajním případě i návozem další ornice, částečnou modulací terénu v kritických místech (s případným melioračním zásahem) a vytvořením trvalého travního porostu, případně i částečným zalesněním vybraných pasáží.

5. Závěr a doporučení

Skládka je situována na poli v bezprostřední blízkosti silnice spojující Kopřivnici se Štramberkem na sz. okraji města, přičemž od komunikace se rozkládá ve směru k obci Závišice. Nadmořská výška lokality dosahuje 330–350 m n. m. Na skládku byly v 70–80. letech 20. století vyváženy odpady stavebního charakteru (cihly, beton, cement, asfalt, struskový materiál) spolu se slévárenskými písky a kaly a dalším odpadem, který dosahuje mocností až 12 m. Rozloha lokality je 56 200 m^2 při obvodu 1080 m. Kubatura odpadů na této ploše dosahuje 167 400 m^3. Pozemky na území bývalé skládky jsou podle územního plánu plochy neurbanizované-zemědělské pozemky.

Práce provedené v rámci předkládané analýzy rizik měly za úkol zjistit míru kontaminace dané skládky, míru šíření a míru ohrožení, kterou tato lokalita představuje pro okolí. Součástí průzkumu v období 2010–2011 byly geofyzikální práce, vrtné práce, vzorkařské a terénní práce, laboratorní analýzy, geodetické práce a dále práce na zpracování prováděcího projektu a analýzy rizik.

Pro účely vymezení plošného a hloubkového rozsahu skládky kalů byly realizovány geofyzikální práce, které spočívaly v kombinaci magnetometrie, seismického profilování a odporové tomografie. Vrtné práce zahrnuly vybudování 18 vrtů, z čehož 5 tvoří hydrogeologické vrty řady HG1 a bylo realizováno 11 nevystrojených sond řady S1 a 2 ruční nevystrojené závrty. Celková metráž vrtných prací na ploše a byla 104,2 m. Po dokončení vrtných prací následovalo geodetické zaměření hydrogeologických objektů a umístění nevystrojených sond.

V průběhu vrtných prací a následně po nich bylo na lokalitě odebráno a laboratorně analyzováno celkem 38 vzorků zeminy, 8 dynamických vzorků podzemní vody a 3 vzorky vody povrchové.

Z laboratorních výsledků analýzy zeminy byla potvrzena kontaminace ropnými uhlovodíky skupiny C_{10}–C_{40} a v ukazatelích polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Ropné uhlovodíky C_{10}–C_{40} dosahují maximálních koncentrací 20 918 mg/kg. Aritmetický průměr koncentrací ropných uhlovodíků v zemině ze všech objektů činí 1640,3 mg/kg, medián 53,5 mg/kg a celkem 75 % analyzovaných vzorků nepřesahuje hodnotu 455,75 mg/kg, což je hodnota pro 3. kvartil datového souboru. V případě BTEX dosahuje suma těchto látek 5,08 mg/kg.

Co se týče polycyklických aromatických uhlovodíků, dosahují vzorky zeminy sumární koncentrace ∑PAU podle vyhlášky 294/2005 Sb. v maximální hodnotě 80,39 mg/kg zjištěné v hydrogeologickém vrtu HG1-2, v tomto vrtu je také vysoká koncentrace benzo/a/pyrenu, a to 5,85 mg/kg. Limitní hodnota ∑BTEX je 0,4 mg/kg, která je překročena celkem v 5 sondách, přičemž nejvyšší koncentrace dosáhla 5,08 mg/kg v sondě S1-1 (11–12 m). Ostatní nadlimitní hodnoty se pohybují od 0,49 mg/kg do 0,83 mg/kg. Dle výše uvedené vyhlášky je limitní hodnota pro sumu PCB kongerenu v sušině 0,2 mg/kg, která byla ze dvou sledovaných vzorků překročeno v jednom z nich v sondě S1-1 (11–12 m) s hodnotou 1,23 mg/kg.

Rozpuštěné kontaminanty v podzemní vodě ukazují na mírně zvýšené hodnoty pouze v případě stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků. Maximální koncentrace ∑PAU, jak je definována ve vyhlášce 252/2004 Sb., byly určeny na úrovni 1,09 µg/l, přičemž

aritmetický průměr pro soubor dat činí 0,24 µg/l, medián 0,016µg/l a 75 % vzorků spadá v daném parametru pod hodnotu 0,23 µg/l.

Šíření kontaminace pocházející ze skládky U Benčáku nebylo přímo průzkumnými pracemi potvrzeno. Zvýšené koncentrace ∑PAU byly detekovány ve vzorcích podzemní vody z hydrogeologických objektů HG1-4 (0,3 µg/l) a HG1-5 (1,1 µg/l), přitom limit vyhlášky č. 252/32004 Sb. stanovuje maximální koncentraci 0,1 µg/l. Tyto objekty se nacházejí vně skládkového tělesa, resp. na okraji skládky (ve stejném pořadí) na straně nátoku podzemní vody do prostoru lokality. Vzhledem k nízkým hodnotám PAU v zemině u zmíněných vrtů lze usuzovat na dotaci kontaminaci ze zdroje, který se nachází vně lokality č. 1 – U Benčáku. Zdroj nebyl v průzkumu v období 2010–2011 identifikován. Vzorky podzemní vody ze studny ST1-1 v zahrádkářské kolonii detekovaly v listopadu 2010 zvýšené koncentrace (4,67 mg/l) ropných uhlovodíků C_{10}–C_{40}, kontrolním vzorkováním v únoru 2011 však byla stanovena koncentrace ve statickém a dynamickém vzorku na úrovni pod 10 % původní hodnoty. Vzhledem ke svému umístění, situaci a parametrům je vyloučeno, aby byl tento objekt ovlivněn předmětnou skládkou. Šíření do povrchové vodoteče nebylo průzkumnými pracemi potvrzeno.

V rámci hodnocení rizika bylo kvantifikováno riziko dermálního kontaktu se zeminou a ingesce zeminy nebo prachu. Pro hodnocení rizika vyplývajícího z využívání objektu ST1-1, který není ovlivněn skládkou, ale přesto v něm bylo nalezeno znečištění, byly uvažované scénáře náhodné ingesce vody, inhalace par při zalévání a také dermálního kontaktu s touto vodou.

U benzo/a/pyrenu bylo vypočteno riziko vzniku rakoviny u jednoho člověka ze 100 000. Toto riziko je podle MP MŽP pro řádově 10 až 100 ohrožených osob na lokalitě. U benzo/b/fluoranthenu bylo vypočtena pravděpodobnost vzniku rakoviny u jednoho člověka z milionu. Toto platí pro 100 a více ohrožených osob na lokalitě. Jelikož se za současného stavu na lokalitě nevyskytuje tak velký počet osob, je tento výpočet modelový a hrozící riziko je hypotetické. U výpočtu ingesce zeminy nebo prachu bylo vypočteno riziko pravděpodobnosti vzniku rakoviny u jednoho člověka z milionu pro benzo/a/pyren. Vzhledem k počtu osob pohybujících se na lokalitě reálné ohrožení nehrozí a výpočet je pouze hypotetický.

Celkově lze tedy konstatovat, že reálná rizika pro lidské zdraví a ekosystémy při současném využití lokality nehrozí.

Na základě vyhodnocení dosud známých údajů o ekologické zátěži předmětné lokality byly posuzovány 2 možné varianty dalšího postupu ve vztahu k ekologické zátěži lokality.

Varianta 0 – *Neprovádění žádných prací na dané lokalitě*

Tato varianta nebyla z důvodů uvedených v kapitole 4.2. doporučena.

Varianta 1 – *Ověřovací monitoring*

Tato varianta, která byla pro danou lokalitu navržena k realizaci, by zahrnovala provedení krátkodobého ověřovacího monitoringu kvality podzemních a povrchových vod na lokalitě celkem z 9 objektů pro ukazatele Uhlovodíky C10–C40, PAU, BTEX, TK (Cr, Cu, Ni, Pb,

Cd, Hg), předpokládaná četnost 2x ročně po dobu dvou let. Náklady na realizaci této varianty byly odhadnuty v rozmezí 130–150 tis. Kč bez DPH

Dále bylo závěrem doporučeno snížit intenzitu zemědělského využití pozemků.

Použitá literatura

1. DEMEK, J., BALATKA, B., BŮČEK, A., CZUDEK, T., DĚDEČKOVÁ, M., HRÁDEK, M., IVAN, A., LACINA, J., LOUČKOVÁ J., RAUSNER, J., STEHLÍK, O., SLÁDEK, J., VANĚČKOVÁ, L., VAŠÁTKO, J. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny. - Academia, 1-584. Praha
2. QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti ČSR. – Studia geographica, 1-64. Brno
3. OLMER, M., KESSL, J., PRCHALOVÁ, H., HOLÍKOVÁ, M., PAVLÍKOVÁ, D., ANÝŽ, D., JIROUDKOVÁ, M., NOVÁK, V., ŠIFTAŘ, Z., NAKLÁDAL, V., HERRMAN, Z., ŘEZÁČ, B. (1990): Hydrogeologické rajóny. – Výzk. Úst. Vodohosp., 1-154. Praha
4. KUBIZNÁK, P., DOBIÁŠ, V. (2010): Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici, Lokalita 1 – U Benčáku. Prováděcí projektová dokumentace. Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s r.o., Chrudim
5. CHLUPÁČ, I., BRZOBOHATÝ, R., KOVANDA, J., STRÁNÍK, Z. (2002): Geologická minulost České republiky. - Academia, 143-150. Praha
6. ŠTELCL, J, VÁVRA, V, ZIMÁK, J [ONLINE]. BRNO: Úst. Geol. Věd. MU Brno, Mineralogicko-petrografický exkurzní průvodce po území Moravy a Slezska, aktualizováno 11.7.2008 [cit. 2008-09-03]. Dostupný na http://pruvodce.geol.morava.sci.muni.cz/index.htm
7. Portál veřejné zprávy České republiky [online]. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2003-2010 Dostupný na http://portal.gov.cz
8. OFICIÁLNÍ STRÁNKY MĚSTA KOPŘIVNICE [ONLINE]. Dostupný na http://www.koprivnice.cz
9. NEDBAL, R., KÖHLER, D., (2008): Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici. Projektová dokumentace. Lokalita 1 – U Benčáku, UNIGEO a.s., Ostrava
10. VLČEK, V. (1971): Příspěvek k regionalizaci povrchových vod v ČSR. In Studia geographica 22. Brno: GgÚ ČSAV, 1971. s. 121-137.