

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



**Analýza rizik a návrh nápravných opatření dekontaminace
skládky Lištice**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Lenka Wimmerová, MSc., Ph.D.

Bakalant: Eva Beranová

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Eva Beranová

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

Analýza rizik a návrh nápravných opatření dekontaminace skládky Lištice

Název anglicky

Risk Analysis and a Remedial Measures Proposal for Decontamination of the Listice Dump

Cíle práce

Cílem práce je definice obecných a legislativních zásad a postupů zpracování analýzy rizik nefunkčních skládek a dále zhodnocení možných nápravných opatření a sanačních technologií vedoucích k jejich likvidaci. Případová studie dopadů na složky životního prostředí a zdraví obyvatelstva a návrh nápravných opatření budou zpracovány pro bývalou skládku TKO nacházející se v Lišticích u Berouna.

Metodika

Bakalářská práce má charakter studie. Metodicky půjde o vytvoření aktuálního literárního přehledu z oblasti zpracování analýzy rizik a technologických a legislativních možností nápravných opatření s modelovým příkladem na vybrané skládce. Pro zpracování studie budou použita dostupná analytická aj. verifikovaná data. Současně bude provedeno terénní šetření na místě.

Doporučený rozsah práce

cca 50 stran textu a 10 stran příloh

Klíčová slova

analýza, riziko, skládka, znečištění, sanace, nápravné opatření, technologie, odpad

Doporučené zdroje informací

- Chvojka, P. a kol., 2017: Analýza rizik – Beroun – Lištice – bývalá skládka TKO. Závěrečná zpráva. CZ Bijo, Praha, 75 s.
- JELÍNKOVÁ, J. – TUHÁČEK, M. *Právo životního prostředí : praktický průvodce*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5464-2.
- KURAŠ, M. *Odpadové hospodářství*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2008. ISBN 978-80-86832-34-0.
- MATĚJŮ, V. *Kompendium sanačních technologií*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2006. ISBN 80-86832-15-5.
- MŽP, 2011: Metodický pokyn odboru ekologických škod MŽP – Analýza rizik kontaminovaného území. Věstník MŽP, roč. XXI, částka 3, 3-52 s.
- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v pozdějším znění a prováděcí předpisy k tomuto zákonu.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lenka Wimmerová, MSc, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 17. 06. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Analýza rizik a návrh nápravných opatření dekontaminace skládky Lištice“ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 19. 6. 2020

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Lence Wimmerové, MSc., Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté rady a cenné připomínky při psaní mé práce a za pomoc při laboratorních testech. Dále bych chtěla vyjádřit poděkování Fakultě životního prostředí, ČZU v Praze za vytvoření podmínek pro provedení potřebných laboratorních testů.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou černých skládek a jejich vlivem na životní prostředí. V teoretické části je zpracována rešerše, která je zaměřená na legislativu při řešení starých ekologických zátěží a další procesy s nimi související. Jsou zde popsány druhy polutantů, které jsou obsaženy v odpadech a mají negativní vliv na životní prostředí a zdraví člověka. Uvedena jsou i možná nápravná opatření vedoucí k úspěšnému řešení sanací a rekultivací skládek. V praktické části práce je zkoumaným územím oblast bývalé skládky komunálního odpadu Beroun – Lištice v lokalitě „Židovská rokle“, která se nachází v Chráněné krajinné oblasti Český kras. Ve vymezeném území byl proveden terénní průzkum, odběr půdních vzorků a vzorků odpadů a jejich následné laboratorní vyhodnocení. Výsledky analýz z odebraných vzorků neprokázaly žádné hrozící riziko pro zdejší ekosystém, ani ohrožení místních obyvatel. V rámci provedené studie byl zjištěn jako hlavní problém současný technicky nezabezpečený stav lokality. Druhým problémem se jeví detekovaná přítomnost azbestu v tělese skládky, což značně omezuje budoucí možnosti dekontaminace a následnou rekultivaci této lokality.

Klíčová slova

analýza, riziko, skládka, znečištění, sanace, nápravné opatření, technologie, odpad

Abstract

The bachelor work is aimed at the issue of illegal landfills and their impacts on the environment. In the theoretical part, there is a literature review on legislation applicable to old ecological burdens and to other related processes. Furthermore, types of pollutants contained in waste and their negative impacts on the environment and human health are described. Finally, possible remedial measures leading to successful remedial and restoration solutions are presented. In the practical part, the premises of the former landfill Beroun – Lištice situated in the Židovská rokle (*'Jewish ravine'*), which belongs to the protected landscape area of the Český kras, was investigated. The field investigation, sampling of waste and soil, and their laboratory assessment were carried out. The results obtained from the samples did not show any imminent risk to the local ecosystem or threat to the local inhabitants. Within the study, as the main problem was identified the current technical unsecured conditions of the site. The second problem is the presence of asbestos in the body of the landfill, which greatly limits the future possibilities of remediation and further reclamation in this area.

Keywords

analysis, risk, dump, contamination, remediation, corrective measure, technology, waste

OBSAH

1.	ÚVOD	1
2.	CÍL PRÁCE.....	2
3.	LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	3
3.1	Právní úprava skládkování odpadu.....	3
3.2	Ekologická zátěž vs. kontaminovaná místa.....	5
3.3	Evidence kontaminovaných míst.....	6
3.4	Látky znečišťující životní prostředí.....	7
3.4.1	Polycyklické aromatické uhlovodíky	8
3.4.2	Polychromované bifenyly	9
3.4.3	Těžké kovy.....	10
3.4.4	Azbest	10
3.5	Znečištění	11
3.5.1	Šíření kontaminace hydrologickými procesy.....	13
3.5.2	Šíření kontaminace do ovzduší	14
3.5.3	Ostatní cesty šíření kontaminace.....	15
3.6	Analýza rizik kontaminovaných míst	15
3.6.1	Projektování analýzy rizik	18
3.6.2	Věcný obsah zpracování analýzy rizik	19
3.6.2.1	Údaje o území.....	20
3.6.2.2	Průzkumné práce	20
3.6.2.3	Hodnocení rizika.....	22
3.6.2.4	Doporučení nápravných opatření.....	23
3.6.2.5	Závěr a doporučení z analýzy.....	24
3.7	Sanace	24
3.7.1	Sanační technologie.....	26
3.7.2	Technologie pro ošetření saturované a nesaturované zóny.....	27
3.7.3	Technologie čištění podzemní vody a průsakových vod.....	30
4.	CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ.....	32
4.1	Všeobecné údaje	32
4.1.1	Geografické vymezení území.....	34
4.2	Přírodní poměry zájmového území.....	35
4.2.1	Geomorfologické a klimatické poměry	35
4.2.2	Geologické poměry	37
4.2.3	Hydrogeologické a hydrologické poměry.....	38
4.2.4	Chráněná území.....	39

5.	METODIKA.....	41
5.1	Odběr vzorků	41
5.2	Laboratorní a ekotoxikologické analýzy	45
5.3	Vyhodnocení dat.....	47
6.	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	48
6.1	Přehled zdrojů znečištění	48
6.2	Vytipování látek potencionálního zájmu a rizikové faktory	49
6.3	Koncepční model.....	50
6.4	Monitoring CZ BIJO, 2017	52
6.4.1	Analýza podzemní a povrchové vody	53
6.4.2	Analýzy vzorků vodních výluhů odpadu.....	55
6.4.3	Škodliviny v odpadech využívaných na povrchu terénu	56
6.4.3.1	Analýza těžké kovy.....	56
6.4.3.2	Analýza PAU a PCB.....	58
6.4.3.3	Výsledky ekotoxických testů.....	59
6.4.3.4	Přítomnost azbestu.....	59
6.4.4	Plynometrický průzkum.....	60
6.5	Navrhovaná nápravná opatření.....	60
7.	VÝSLEDKY.....	62
7.1	Vlastní terénní šetření	62
7.2	Analytické a ekotoxikologické stanovení	62
7.3	Shrnutí míry znečištění a rizika	67
8.	DISKUZE.....	69
9.	ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE.....	72
10.	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	73
11.	PŘÍLOHY	83

Seznam použitých zkratk

AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
BTEX	Suma benzenu, toluenu, ethylbenzenu a xylenu
DOC	Rozpuštěný organický uhlík
EIA	Posuzování vlivů na životní prostředí (<i>Environmental Impact Assessment</i>)
EOX	Extrahovatelné organicky vázané halogeny
EU	Evropská unie
CLP	Chemické látky a přípravky
CTL	Celně technická laboratoř
ČAOH	Česká asociace odpadového hospodářství
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
CHKO	Chráněná krajinná oblast
CHSK _{Mn}	Chemická spotřeba kyslíku stanovená manganometricky
ČSN	Česká státní norma
ISO/IEC	Mezinárodní organizace pro normalizaci/Mezinárodní elektrotechnická komise (<i>International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission</i>)
MP	Metodický pokyn
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NEL	Nepolární extrahovatelné látky
NKÚ	Nejvyšší kontrolní úřad
OCP	Organochlorové pesticidy
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	Polychlorované bifenyly
PCDD	Polychlorované dibenzo-para-dioxiny
PCDF	Polychlorované dibenzofurany
PCP	Polychlorované fenoly
POPs	Perzistentní organické polutanty
PVC	Polyvinylchlorid
RL	Rozpuštěné látky
SEKM	Systém evidence kontaminovaných míst
TKO	Tuhý komunální odpad
U.S. EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí Spojených států (<i>United State Enviromental Protection Agency</i>)

1. ÚVOD

Krajina je různorodý a velmi rozmanitý objekt skládající se z komplexu složek, struktur a prvků, které jsou vzájemně ovlivňovány faktory a procesy v nich probíhajícími. Problematika udržitelného hospodářství v krajině musí být řešena tak, aby byla v souladu s koncepcí udržitelného rozvoje.

Rovněž je nutno vycházet ze Světové strategie ochrany životního prostředí z roku 1980, která stanovila jako hlavní cíle zachování základních ekologických procesů a život podporujících systémů, ochrana biologické diverzity, udržitelné využívání druhů a ekosystémů (VRÁBLÍKOVÁ ET AL., 2010).

V ochraně přírody by měla být hlavní snaha o komplexní pohled na problematiku v ochraně životního prostředí, přičemž jedním z mnoha problémů jsou ekologické zátěže. Bývalé skládky představují již řadu let přetrvávající a mnohými diskutovaný problém, jehož řešení bývá mnohdy velmi obtížné. Vzhledem ke skutečnosti, že jsou černé skládky nelegální, legislativní předpisy u nich nejsou dodržovány. Proto tento odpad představuje vysoké nebezpečí pro všechny složky životního prostředí, jelikož svou přítomností kontaminuje půdu, horniny, vodu a znečišťuje ovzduší. Nebezpečí jsou tak vystaveny všechny živé organismy.

Nejvyšší riziko představují především uložené nebezpečné odpady. Úniky polutantů z černých skládek mohou kontaminovat půdu i vodní zdroje, nebezpečné látky dále vstupují do potravinového řetězce vodní fauny i flóry a následně do potravinového řetězce člověka. V neposlední řadě černé skládky způsobují snížení estetické hodnoty krajiny.

2. CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je:

1. definice obecných a legislativních zásad a postupů zpracování analýzy rizik nefunkčních skládek,
2. zhodnocení možných nápravných opatření a sanačních technologií vedoucích k jejich likvidaci,
3. zpracování případové studie dopadů na složky životního prostředí a zdraví obyvatelstva a návrh nápravných opatření pro bývalou skládku tuhého komunálního odpadu nacházející se v Lišticích u Berouna.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Právní úprava skládkování odpadu

Odpad je především důsledkem výrobních a spotřebních činností a vzniká jako vedlejší produkt lidské aktivity na Zemi. Zjednodušeně je to jakákoliv věc nebo předmět, který se již nedá dále zpracovávat a ani není možné jeho další využití a je zcela vyřazen (KURAŠ, 2014). Skládkování je jedním ze způsobů odstraňování odpadů, kdy je odpad plánovitě zavážen na skládky kde dojde k jeho hutnění a následnému pravidelnému překrývání interním materiálem nebo zeminou. Vzhledem k ochraně životního prostředí je skládkování nejméně žádoucí formou odstraňování odpadů (KURAŠ, 2008).

Likvidace odpadu je jednou z mnoha prioritních záležitostí problematiky ochrany životního prostředí. Předcházení vzniku odpadu, jeho využití či úplné zlikvidování odpadu je stále řešený problém v celosvětovém měřítku. V rámci Evropské unie (dále jen EU) je ochrana životního prostředí řešena směrnicemi, které jsou závazné pro všechny její členské státy. Hlavním právním dokumentem je Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/35/ES, o odpovědnosti za životní prostředí v souvislosti s prevencí a nápravou škod na životním prostředí, v platném znění. Účelem této směrnice je sjednocení a zavedení společného rámce pravidel pro prevenci znečištění životního prostředí, uplatnění zásady „znečišťovatel platí“, dále pak řešení nákladů za likvidaci znečištění, sledování životního prostředí a ekologické odpovědnosti. Mezi další směrnice v této oblasti v rámci EU beze sporu patří Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 98/2008/ES, o odpadech a o zrušení některých směrnic, v platném znění, a Směrnice Rady 1999/31/ES, o skládkách odpadů, v platném znění, jejímž hlavním cílem je zamezit, nebo snížit negativní vlivy skládkování na životní prostředí, a to díky dvěma hlavními strategiím:

- zavést povinné technické požadavky pro skládkování,
- zabránit skládkování biologicky odbouratelného komunálního odpadu (MOLDAN ET HÁK, 2000).

V České legislativě je to zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění, který vymezuje základní pojmy a stanovuje zásady a povinnosti pro ochranu a zlepšování stavu životního prostředí na principu trvale udržitelného rozvoje. Tento zákon nám definuje, že životní prostředí je vše, co umožňuje a vytváří přirozené podmínky pro existenci života organismů i člověka a zároveň předpokládá jejich další vývoj ve všech složkách životního prostředí. V oblasti ochrany životního prostředí má rozhodující kompetence a pravomoci Ministerstvo životního prostředí České republiky (dále jen MŽP), které je úředním orgánem státní správy mimo jiných odvětví také pro odpadové hospodářství (TUHÁČEK ET JELÍNKOVÁ, 2015).

Problematika odpadového hospodářství je řešena zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění, který v souladu s právem EU stanovuje pravidla zejména pro předcházení vzniku odpadů, pravidla pro další nakládání s těmito odpady a dodržování ochrany životního prostředí, ochrany zdraví člověka v souladu s principem trvale udržitelného rozvoje. Dále pak vyhláškou 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, v platném znění. Česká technická norma - ČSN 83 8035 Skládkování odpadů - ukládá podmínky pro uzavírání a rekultivaci skládek. Norma ČSN 83 8030 pak stanovuje základní podmínky pro navrhování a výstavbu povrchových skládek odpadů.

K problematice řešení starých skládek odpadů vydalo MŽP metodický pokyn (dále jen MP) pod názvem „Metodika odstranění starých skládek odpadů provozovaných obcemi před rokem 1995–1996 za využití podpory Operačního programu životního prostředí“. Tento MP se zabývá pouze starými skládkami, jejichž existence byla na dané lokalitě potvrzena a kde byly ukládány komunální odpady občanů obcí před roky 1995–1996.

Dle návrhu MŽP ve spolupráci s Českou asociací odpadového hospodářství (dále ČAOH) připravuje česká legislativa mnoho změn, které se týkají nových odpadových zákonů. Návrhy na změny tohoto zákona mají přenášet evropské předpisy z oblasti oběhového hospodářství. Změny se týkají povolování a provozu zařízení k nakládání s odpady, sběru odpadů, obchodování s odpady, ale zejména řešení problematiky černých skládek (ČAOH, ©2019).

Pojem černá skládka není v současné legislativě definován a ani zákon o odpadech tuto problematiku nijak neupravuje. Černá skládka je považována za místo, kde jsou nelegálně ukládány odpady, a zároveň zde neexistují žádná technická vybavení pro možné ukládání odpadů. Pravděpodobnost dohledat osobu, či subjekt odpovědný za nelegální navezení odpadů je velmi mizivá, a téměř nereálná. Je tedy otázkou, zda nebyl vhodnější pro tyto účely původní zákon č. 125/1997 Sb., o odpadech, který jasně stanovil odpovědnost za nelegální shromažďování odpadu na určitém pozemku přímo na vlastníka tohoto pozemku (ENVIWEB, ©2012A).

3.2 Ekologická zátěž vs. kontaminovaná místa

Pojem ekologická zátěž znamená jednoznačně znečištění životního prostředí, a to s sebou nese rizika ohrožující celý ekosystém. Jsou to oblasti, které představují vysokou hrozbu pro životní prostředí a nebezpečí poškození zdraví nejen místních obyvatel. Jinak řečeno, je to úroveň znečištění, kdy nemůžeme vyloučit negativní dopady na lidské zdraví nebo životní prostředí. Významným problémem v ochraně životního prostředí jsou staré ekologické zátěže. Kontaminovaná půda, horninové prostředí a podzemní voda sebou nesou vysoká rizika pro všechny složky životního prostředí a veškeré živé organismy.

V současné době není možné jednoznačně určit pojem staré ekologické zátěže, jelikož z právního hlediska nebyl dosud jednoznačně definován. K pojmenování této oblasti zavedla směrnice Evropského parlamentu a Rady, o zřízení rámce pro ochranu půdy a o změně směrnice 2004/35/ES, pojem kontaminovaná lokalita, čímž se rozumí konkrétní území, kde byla zjištěna přítomnost nebezpečných látek nesoucích vysoké riziko pro danou složku životního prostředí, do které tyto látky pronikají (JANČÁŘOVÁ, 2008). MŽP definuje starou ekologickou zátěž jako závažnou kontaminaci horninového prostředí, podzemních nebo povrchových vod, ke které došlo v minulosti nevhodným nakládáním s rizikovými látkami, jako např. ropnými látkami, pesticidy, PCB, chlorovanými a aromatickými uhlovodíky, těžkými kovy apod. Takovéto nakládání s nebezpečným odpadem vznikalo zejména v minulých letech a považuje se za starou ekologickou zátěž pouze v případě, že vznikla ještě před privatizací, nebo původce kontaminace nebyl prokázán, a nebo neexistuje (MŽP, ©2019A).

Kontaminovaná místa mohou být různého charakteru. Jedná se zejména o různé kategorie odpadů například odpad z průmyslové výroby, těžby nerostných surovin, zemědělské činnosti, sklady nebezpečných látek, které jsou nedostatečně zabezpečeny, bývalá vojenská území i drobné provozovny.

Kontaminovanou krajinou nazýváme typ krajiny devastované. Tato je nevyvážená a nestabilní především vlivem antropogenní činnosti, která zasáhla do biologicko-ekologické podstaty krajiny. Obnova takto devastované krajiny je možná jen sanačními nebo rekultivačními úpravami (VRÁBLÍKOVÁ ET AL., 2010). Pro tyto oblasti je následně nutné přijmout bezpečnostní opatření a eliminovat nebo snížit daná rizika.

3.3 Evidence kontaminovaných míst

Státní politika České republiky má v rámci programu „Životní prostředí“ na dané roky vždy pevně stanovené cíle. Mezi cíle na léta 2012 až 2020 patří dokončení inventarizace starých ekologických zátěží a provedení nápravných opatření a sanací u nejzávažnějších kontaminovaných lokalit (NKÚ, ©2019).

V období 2010 až 2017 bylo na území České republiky odhadováno přibližně 10 000 kontaminovaných lokalit. Sanace byla ukončena celkem na 343 lokalitách evidovaných starých ekologických zátěží a 55 prováděných nápravných opatření bylo ukončeno v nevyhovujícím stavu (MŽP, ©2019B).

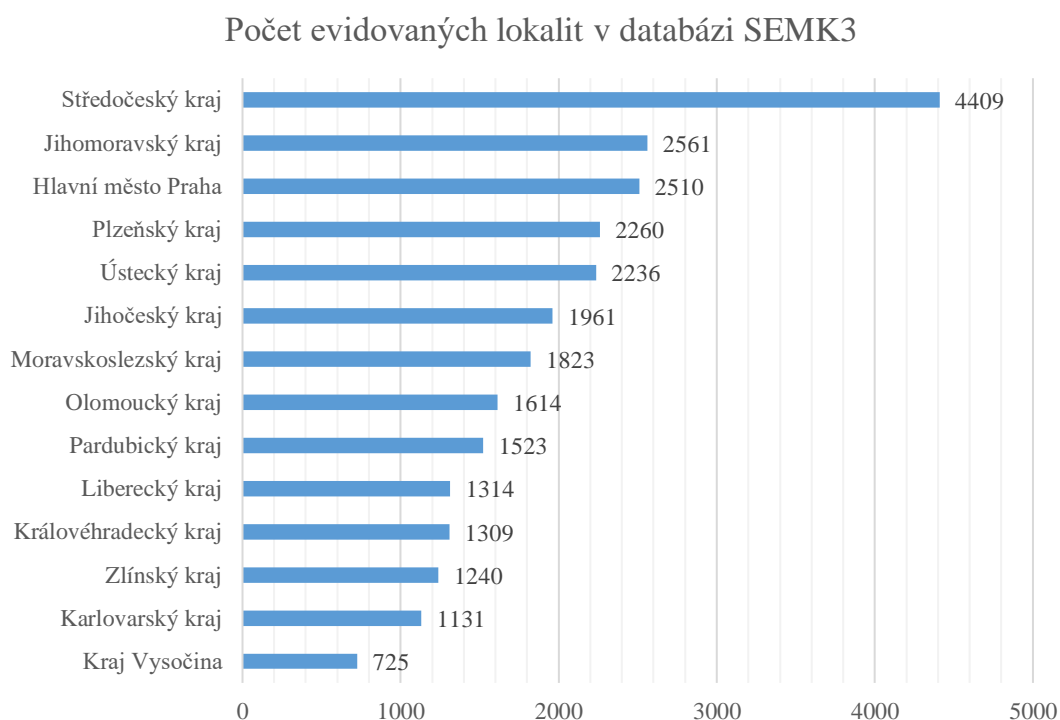
V souvislosti s řešením problematiky starých ekologických zátěží zpracovalo MŽP materiály v podobě metodických pokynů a příruček pro zmapování a řešení konkrétních problémů postižených lokalit. Nedílnou součástí v této oblasti je poskytování informací o konkrétních kontaminovaných místech.

Hlavní informace jsou shromážděny v databázi kontaminovaných míst, která je veřejně přístupná. Systém Evidence kontaminovaných míst (dále jen SEKM), je zřízený MŽP. V roce 2010 došlo k softwarovému sjednocení databází SEKM a databáze hodnocení priorit kontaminovaných míst, kdy vznikla jednotná databáze, která je průběžně doplňována a aktualizována. Slouží k evidenci případů ekologické újmy a jejímu předcházení (MŽP, ©2011A).

Databáze SEKM byla koncem listopadu 2019 aktualizována na novou verzi aplikace s názvem SEKM 3 (MŽP, ©2019c).

System SEKM 3 spravuje systematickou evidenci a informace o kontaminovaných i potenciálně kontaminovaných místech a ekologických újmách. Databáze je určena především subjektům zabývajícím se problematikou zlepšování životního prostředí.

Následující obrázek 1 uvádí počet evidovaných záznamů kontaminovaných lokalit v hlavním městě a krajích České republiky v databázi SEKM 3 ke dni 23. 4. 2020 (SEKM 3, ©2020).



Obrázek 1: Počet evidovaných kontaminovaných lokalit v ČR (vlastní zpracování podle SEKM3, ©2020)

3.4 Látky znečišťující životní prostředí

Znečišťující látka je jakákoliv látka, která je vpravena do některé složky životního prostředí, nebo tam druhotně vzniká a vykazuje fyzikálně-chemické vlastnosti, kterými je životní prostředí ohroženo. Jejich původ může pocházet z různých zdrojů.

Znečištění jedné složky životního prostředí má ve většině případů následnou kontaminaci složek dalších. Považovat látku za škodlivou můžeme do té doby, dokud se její množství nebo koncentrace nedostane na přijatelnou hodnotu, nebo nesníží na hodnotu měřitelnou či prostřednictvím fyzikálních nebo metabolických procesů přestane být látka toxická (PROKEŠ, 2005).

Již zmíněné prioritní polutanty jsou obecně škodlivé látky v plynném, tekutém či pevném stavu, které mají v určitých koncentracích škodlivý vliv na konkrétní složku životního prostředí i živé organismy. Polutanty vznikají přirozeným procesem v životním prostředí, nebo díky antropogenní činnosti.

Pozornost je třeba věnovat těžko odbouratelným, tzv. perzistentním organickým polutantům (dále jen POPs), které mají toxické účinky a jsou velmi odolné fyzikálně-chemickým i biologickým rozkladným procesům (PROKEŠ, 2005). Perzistentní organické znečišťující látky jsou toxické látky složené z organických, konkrétně uhlíkových chemických sloučenin (LOUČKA, 2014). POPs se v dnešní době vyskytují téměř všude v půdě, vzduchu, vodě i jídle. Dále se hromadí v tělesném tuku lidí i zvířat, přenáší se z matky na plod a jsou schopné překonat nemalé vzdálenosti větrem či vodním proudem. Již nepatrné množství těchto látek ve tkáni může způsobit veliké zdravotní problémy, které mají až fatální důsledek (WWF, ©2019).

Mezi tyto POPs patří:

- polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU),
- polychromované bifenyly (PCB),
- polychromované fenoly (PCP),
- organochlorované pesticidy (OCP),
- polychlorované dibenzo-para-dioxiny (PCDD),
- polychlorované dibenzofurany (PCDF) (PROKEŠ, 2005).

3.4.1 Polycyklické aromatické uhlovodíky

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) patří do skupiny persistentních organických polutantů, které nejvíce znečišťují životní prostředí.

PAU jsou látky, které se cíleně nevyrábějí snad jen s výjimkou laboratorních výzkumů. Zdroje úniku PAU tedy dělíme na přírodní a antropogenní. Za přírodní zdroje úniku lze považovat přirozený přírodní požár a erupce sopek. Mezi antropogenní zdroje řadíme zejména spalovací procesy, výroba hliníku, koksárenství a další. Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou obsaženy v celé řadě běžných produktů jako je motorová nafta, asfalt nebo i některé materiály například k výstavbě silnic.

Jelikož jsou PAU vysoce toxické, představují vážné riziko pro celou řadu živých organismů. Jejich nebezpečí spočívá zejména v karcinogenitě a ohrožení vývoje plodu. Látka může být vdechnuta a do organismu se dostává i pokožkou (IRZ, ©2019).

3.4.2 Polychromované bifenyly

Polychromované bifenyly (PCB) jsou další látkou patřící do skupiny persistentních organických polutantů, které se vyznačují vysokou odolností proti biologickému rozkladu. Jsou to látky s dioxinovým efektem, a proto vyvolávají stejné zdravotní poškození jako například dioxiny, které také vznikají při spalovacích procesech nebo průmyslových haváriích. Další úniky těchto látek můžeme zaznamenat ze starých zátěží a neudržovaných skládek jejichž odpad obsahuje PCB. Dříve se tato látka používala do transformátorů a kondenzátorů, nebo jako příměs do hydraulických olejů, razítkových barev, nebo jako zpomalovač hoření. Používaly se také jako plastifikátory, neboli změkčovadla do umělých hmot. Celosvětová produkce PCB je odhadována na 1,2 milionu tun (EPA, ©2019A).

PCB jsou velmi odolné proti abiotickým faktorům, proto jejich rozpad trvá až několik desítek let. V životním prostředí se uvolňují do atmosféry, kde se váží na pevné částice a vrací se zpět ve formě srážek do půdy a vodního prostředí. Kontaminovaná půda představuje nebezpečný zdroj pro člověka i ostatní živé organismy prostřednictvím přijímané potravy. U savců bylo zjištěno poškození a zvětšení jater a ovlivnění nervového i reprodukčního systému. U lidí je PCB považován za možný karcinogen (PROKEŠ, 2005).

3.4.3 Těžké kovy

Těžké kovy řadíme do skupiny cizorodých látek, které se mohou podílet na kontaminaci půd, jelikož jsou součástí zemské kůry kde se nacházejí v nevelkém množství, ale prostřednictvím antropogenní činnosti se jejich obsah v půdě zvyšuje. S tímto souvisí i toxicita těžkých kovů. Materiály s obsahem těžkých kovů uložených několik let na skládkách způsobují značné riziko šíření další kontaminace.

Ve správných koncentracích je přesto mnoho kovů nezbytných pro život a ekosystémy. Na druhou stranu mohou být tyto stejné kovy jedovaté. Mezi nejznámější těžké kovy patří olovo, arsen, kadmium a rtuť. Rozdílně od mnoha organických znečišťujících látek, které se nakonec rozloží na oxid uhličitý a vodu, se těžké kovy hromadí v životním prostředí. Takto nahromaděné se zejména prostřednictvím vodních toků a ústí řek, mohou velmi dobře přepravovat z jednoho prostředí do druhého (LAWRENCE, 2009).

Zmiňované kovy kadmium, rtuť, olovo a arsen jsou také nejnebezpečnější pro lidské zdraví, a to hlavně prostřednictvím jejich sloučenin. Jejich působením dochází k poškození neurologického vývoje dětí, jedná se zejména o olovo a rtuť, které mohou být rovněž původcem rakoviny.

Zejména rtuť patří k vysoce toxickým látkám, které se vyskytují v životním prostředí. Zde je její výskyt ve formě anorganické a prostřednictvím mikroorganismů přeměněna na organické sloučeniny, přičemž největší hrozbou je tato organická forma, která se hromadí v potravním řetězci. Vysoké riziko tak představuje například konzumace kontaminovaných vodních živočichů (SCHETTER ET AL., 1999).

3.4.4 Azbest

Azbest je souhrnný název pro přírodní anorganické krystalické silikáty a je dělen do dvou skupin. Serpentinová skupina, která obsahuje pouze jednoho člena, jmenovitě chrysotil, a amfibolová skupina, která obsahuje crocidolit, amosit a nekomerční amfiboly, jmenovitě tremolit, aktinolit a anthopylit. Azbestová vlákna se v životním prostředí nerozpadají na další složky a díky této vlastnosti mohou přetrvat po celá desetiletí i déle. Odolávají vysokým teplotám a působení kyselin i zásad. Vlákna azbestu jsou lehká, ale velmi pevná a ohebná, a tyto tenké, dlouhé, vláknité struktury

mají tendenci se odštěpovat. Odštěpené úlomky se pak mohou prostřednictvím větru transportovat i na velké vzdálenosti. Vlákna jsou pouhým okem neviditelná a hlavní riziko spočívá jejich vdechnutím. Následkem vdechnutí bývají různá nádorová i nenádorová onemocnění (DODSON ET HAMMAR, 2012).

Nebezpečné odpady jsou z velké části výsledkem produkce průmyslové činnosti, jehož existence je již od počátku průmyslové revoluce. Toxiny obsažené v těchto odpadech jsou známé jako karcinogen, který může inhalací vyvolat rakovinu plic (SAMUELSON, 2008).

3.5 Znečištění

Šíření kontaminantů ze skládek je výrazně ovlivněno geologickým podložím, hydroklimatickými podmínkami jako je proudění vzduchu v průběhu roku, disturbance srážek a také půdními podmínkami.

Jakákoliv skládka odpadu, byť technologicky zabezpečená v souladu s platnou legislativou, nebo tzv. černá skládka, má vždy nežádoucí dopad na životní prostředí. Chemické složení uloženého odpadu pak určuje případnou migraci škodlivých látek do všech ostatních složek životního prostředí, čímž dochází k narušení celého ekosystému v okolí dané skládky. Následné chemické procesy jsou ovlivněny hydrologickými, klimatickými i geomorfologickými podmínkami dané oblasti.

Podle přítomnosti kontaminantů a jejich vlastností, které se vlivem klimatických podmínek mohou zahřát na určitou teplotou, a tím zvýšit možnost samovznícení, vznikají i podzemní požáry skládek, které jsou obtížně uhasitelné. Hořlavost uložených odpadů je založena na mnoha kritériích, zejména však na tendenci samovznícení daného materiálu (ROSENFELD ET FENG, 2011).

Odpad, který je na skládce uložen, postupně mění své fyzikální i chemické vlastnosti. Postupně prochází procesy jako je kvašení, oxidace, hydrolýza, sorpce atp. Dochází zde nejen ke změnám matrice, ale také těch látek, které matrice obsahuje. Jedná se například o degradaci ropných látek, korozi kovů, rozpad buničiny a jiné, za postupného uvolňování vody vázané v odpadech (LANDA ET KOVALSKÁ, 2001).

Určité specifické koncentrace jednotlivých chemických látek v zemině, půdním vzduchu a podzemní vodě jsou jasnými indikátory znečištění. Indikátor znečištění

stanovuje hodnotu, při jejímž překročení již existují určitá rizika pro příjemce znečištění a také ohrožení ekosystému. Tyto indikátory nejsou sanačními limity, jsou pouze podkladem v neodkladných havarijních situacích do doby, než bude možné zpracovat analýzu rizik dle metodického pokynu Ministerstva životního prostředí (dále jen MP MŽP), který stanoví sanační limity na základě posouzení a vyhodnocení rizik kontaminované oblasti.

Přehled hodnot indikátorů znečišťujících zeminu, půdní vzduch a podzemní vody jsou látky definované v příloze č. 1 MP MŽP Indikátory znečištění takto:

- I. kovy,
- II. monocyklické aromatické uhlovodíky (nehalogenované),
- III. polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU),
- IV. monocyklické aromatické uhlovodíky (halogenované) - chlorbenzeny a chlorfenoly,
- V. pesticidy organicky chlorované (OCP),
- VI. ostatní pesticidy,
- VII. chlorované alifatické uhlovodíky,
- VIII. ostatní aromatické uhlovodíky (halogenované),
- IX. ostatní - anorganické látky,
 - organické látky,
 - ropné látky (MŽP, ©2013).

Hodnoty, ze kterých MP MŽP na antropogenně znečištěných lokalitách vychází jsou převzaty z hodnot americké agentury pro ochranu životního prostředí (U.S. EPA – *United State Enviromental Protection Agency*), která vydala seznam polutantů představující největší zátěž pro životní prostředí, tzv. „*prioritní polutanty*“:

- kovy,
- azbest,
- kyanidy,
- nitrosaminy a další dusíkaté sloučeniny,
- monocyklické aromatické uhlovodíky,
- fenoly a kresoly,

- halogenované alifatické uhlovodíky,
- polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU),
- PCB a 2-chlornaftalen,
- pesticidy a produkty jejich rozkladu,
- ethery,
- estery kyseliny ftalové.

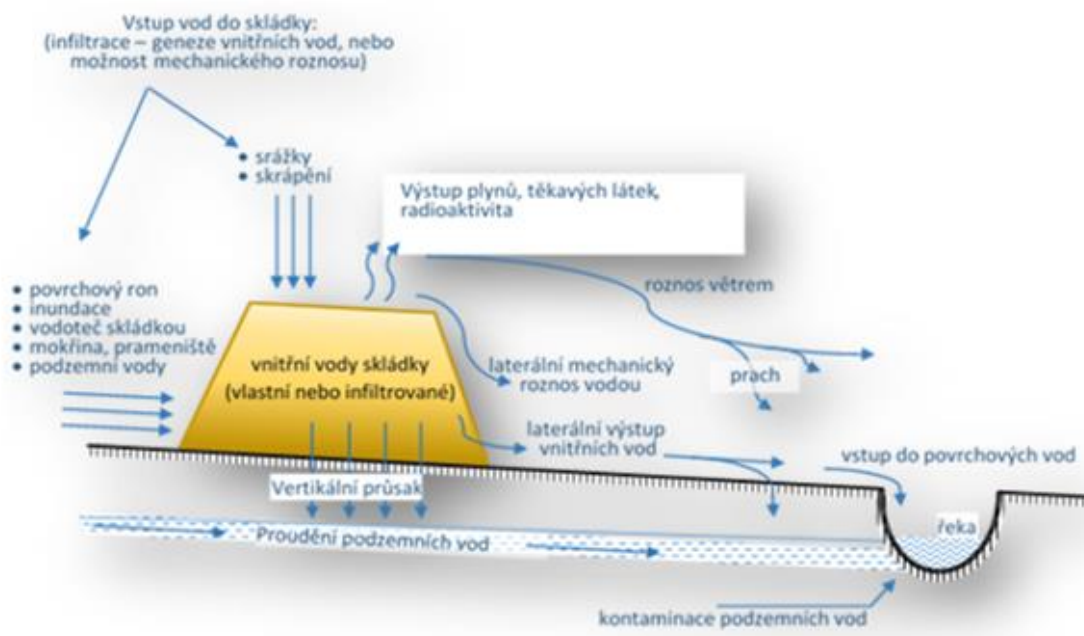
MP MŽP Indikátory znečištění, slouží k posouzení úrovně znečištění půdy, podzemní vody a půdního vzduchu na antropogenně znečištěných lokalitách. Právě díky uvedeným hodnotám indikátorů, je tento pokyn využíván zejména k odstraňování starých ekologických zátěží (MŽP, ©2013).

K posouzení míry znečištění kontaminovaného území lze použít i tzv. biologického monitoringu, který je levnější a méně technicky náročnou alternativou měřících automatických stanic, které se zřizují pouze v místě největšího znečištění. Jedná se o metodu, kdy je možné určit stupeň znečištění dané lokality na základě vybraných organismů, kteří zde žijí a na základě hodnocení jejich zdravotního stavu. Jako nejčastější bioindikátory se používají lišejníky, které mají schopnosti kumulovat toxické kovy, jež se vyskytují ve formě aerosolů v ovzduší (PROKEŠ, 2005).

3.5.1 Šíření kontaminace hydrologickými procesy

Jsou to především hydrologické procesy, které mají vliv na migraci škodlivých látek dle chemických vlastností uloženého odpadu. Srážkové vody a skrápění infiltrují vrstvami odpadů a mají za následek skládkový výluh a další kontaminaci hladiny podzemních vod (ŠTAMBERG, 1996). Voda je tedy významným činitelem, jelikož zprostředkovává další přenos kontaminace často do širokého okolí. Sledování a kontrola unikajících výluhů ze skládek je velmi důležitá z hlediska posouzení případného rizika a ohrožení životního prostředí v dané lokalitě.

Na obrázku 2 jsou znázorněny procesy, kterými jsou možné polutanty šířeny do okolí kontaminované lokality.



Obrázek 2: Mechanismy šíření kontaminace ze skládek (vlastní zpracování podle PFUP, 1993)

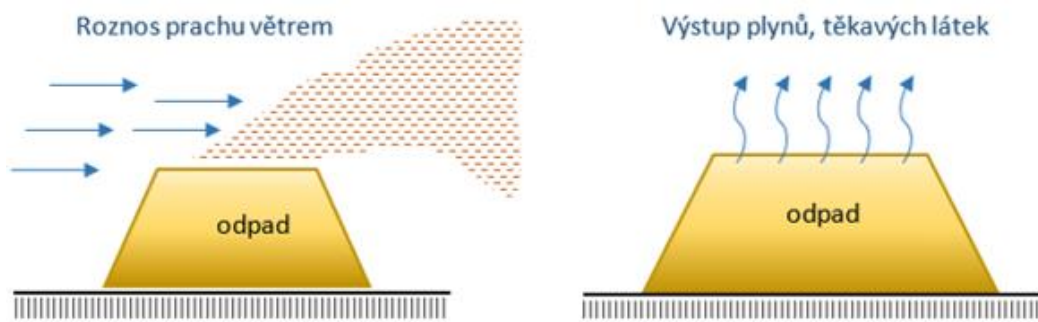
Skládkové výluhy se vyznačují širokou různorodostí ve složení, které vždy závisí na druhu odpadu, stáří a klimatických podmínkách.

3.5.2 Šíření kontaminace do ovzduší

Deponované odpady podléhají anaerobnímu rozkladu za tvorby plynu. V případě uložení těkavých kontaminantů v horninovém prostředí mohou tyto látky vyvěrat na povrch a tím zamořit celou oblast. To může vést k poškození vegetace, přičemž rostliny na takto kontaminovaném stanovišti mohou být velmi ovlivněny a narušeny působením některých kontaminantů. Jsou to především rostliny s fytotoxickými účinky (PFUP, 1993).

Důsledkem dlouhodobého působení může dojít i k celkové změně druhového složení na kontaminované lokalitě. Změna druhové diverzity rostlin může vést k celkovým změnám okolního ekosystému (HOFFMAN ET AL., 2002).

K dalšímu šíření kontaminace do ovzduší patří odnos prachu a lehkých frakcí prostřednictvím působení větru, jak je uvedeno na obrázku 3.



Obrázek 3: Mechanismy šíření kontaminace ze skládky do ovzduší (vlastní zpracování podle PFUP, 1993)

3.5.3 Ostatní cesty šíření kontaminace

Mezi další možné šíření kontaminace patří bezesporu přímý kontakt člověka s tělesem skládky, nebo pěstováním plodin přímo na skládce či roznášení kontaminantů zvěří a ptactvem. Průběh přírodních procesů, fungování krajiny, geologické podloží, patří také mezi příčiny geotechnické nestability míst s uloženým odpadem. Díky mechanickému roznosu, narušení těsnosti bariér, dochází mnohdy k nežádoucím sesuvům tělesa skládky.

Transport kontaminantů vodou a ovzduším jsou považovány za velmi dynamické šířitele, jelikož dokáží transportovat řadu látek velmi rychle a do velké vzdálenosti. Takto kontaminovaná půda, voda, sedimenty i zde žijící organismy zprostředkovávají přenos a působí jako dlouhodobé rezervoáry různých škodlivin.

3.6 Analýza rizik kontaminovaných míst

Analýza rizik je základním krokem pro zvládání jakýchkoliv rizik ve společnosti, zejména těch rizik, která ohrožují zdraví lidí a životní prostředí. Provedení analýzy rizik vychází vždy obecně z možnosti nějaké hrozby. Hrozba je tedy událost nebo vlastnost, která může způsobit narušení integrity, dostupnosti či bezpečnosti konkrétní posuzované složky. Riziko vyjadřuje pravděpodobnost vzniku nebezpečné situace, a jelikož je měřitelné, vyjadřuje nám míru a stupeň ohrožení. Míra rizika nám určuje možný dopad ohrožení a poškození. Hodnocení rizika kontaminovaného území probíhá na základě měření přirozených hodnot koncentrací dané znečišťující látky, jejích hodnot a limitů, proto je velmi důležité zajistit dostatek dat a informací v celé

zkoumané oblasti. Provedení analýzy rizik je důležitou součástí pro následný rozhodovací proces.

Analýza je zpracovávána jako již cílový průzkum, který má vyhodnotit škodlivost zátěže, vyplývající riziko z její existence a stanovit nejvyšší přípustné koncentrace kontaminantů v daném prostředí, které následně představují sanační limity. Česká inspekce životního prostředí pak ukládá povinnost zjištěnou starou ekologickou zátěž odstranit (ENVIWEB, ©2012B).

Úkolem projektu je mimo jiné získání relevantních údajů pro problematiku revitalizace vycházející z rozsahu poškození kontaminovaného území, ze specifikace vybraných environmentálních rizik a stanovení možnosti jejich nápravy (VRÁBLÍKOVÁ ET AL. 2010).

Pro každý rozhodovací proces jsou vždy podkladem určitá pravidla a dané normy. Pro staré ekologické zátěže určují daná pravidla MP a hodnotící kritéria znečištění zemin a podzemní vody (VANÍČEK, 2002).

MŽP vydalo jednotné pokyny pro sjednocení celého procesu, kde stanovuje postupy k jednotlivým procesům obsahující analýzu rizik kontaminovaných míst, a to bez ohledu, zda se jedná o starou či novou kontaminaci, nebo podezření na ni. MP Analýza rizik kontaminovaného území, zveřejněný v roce 2011 ve Věstníku MŽP ročník XXI., doplňuje Přílohu č. 11 k vyhlášce 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek, v platném znění. Dále zákon č. 167/2008 Sb., o předcházení ekologické újmy a její nápravě, v platném znění. MP je určen pro všechny subjekty, které zpracovávají analýzu rizik, nebo subjekty, které budou analýzu rizik využívat jako podklad pro následné rozhodování. Jedná se zejména o ČIŽP, orgány státní a veřejné správy a organizace v jejich působnosti, příslušné orgány dle zákona č. 167/2008 Sb., krajské úřady, soukromé subjekty působící v oblasti životního prostředí a ostatní, například stávající a nové vlastníky, nájemce a uživatele kontaminovaných pozemků (MŽP, ©2011B).

Cílem u analýzy rizik starých zátěží je posoudit případný vliv kontaminovaného území na přírodní prostředí a zdraví obyvatel a popsat možná existující i potenciální rizika. Zhodnotit možná ohrožení a rizika v současném i budoucím stavu a jejich negativní dopad na lokalitu. Posuzují se vždy s ohledem na existující a předpokládaný způsob

funkčně využívané kontaminované lokality a okolního území podle územního plánu. Na základě posouzení možných rizik a na jejich závažnosti jsou pak navržena a následně stanovena nápravná opatření. Analýza rizik je rozhodujícím podkladem pro řízení a odstranění zjištěných rizik.

Jelikož jsou práce na analýze rizik spojeny s geologickými pracemi, musí být řízeny a projektovány odborně způsobilou osobou či akreditovanou firmou dle zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, v platném znění, včetně prováděcí vyhlášky č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek (MŽP, ©2011B).

Odborně zpracovaná analýza rizik obsahuje komplexní materiál, který by měl zahrnovat tyto části:

- veškeré dostupné informace o lokalitě, jejím okolí a kontaminaci na daném území,
- zhodnocení transportních cest znečištění a z toho plynoucí možnost zdravotního i environmentálního rizika,
- návrh cílů a cílových kritérií nápravných opatření a doložení prokazatelnosti těchto kritérií,
- návrh proveditelnosti nápravných opatření, včetně sanačních projektů,
- odhad finančních nákladů a časové náročnosti nápravných opatření.

Analýza rizik má časově omezenou platnost, protože vychází ze skutečností ověřených či známých v době zpracování samotné analýzy (MŽP, ©2011B). V případě, že v průběhu času nastanou změny, které významně ovlivní závěrečnou zprávu analýzy rizik, je potřebné analýzu rizik aktualizovat.

3.6.1 Projektování analýzy rizik

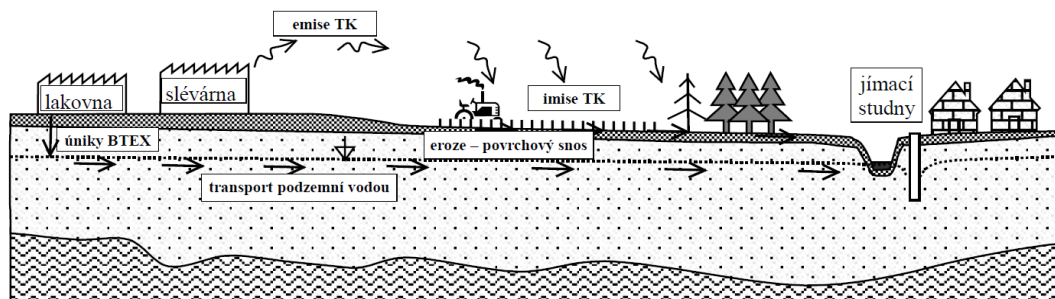
Pro potřeby projektu průzkumu znečištění a komplexní zpracování analýzy rizik je potřeba znalost transportních cest šíření kontaminace, kudy se může znečištění šířit i mimo původní ohnisko znečištění. Je tedy nutné identifikovat nebezpečí a stanovit reálná rizika.

V rámci průzkumného projektu je třeba zpracovat předběžný koncepční model kontaminovaného území, který musí jasně vycházet z doložených historických poznatků dané lokality, veškerých dostupných dat o zdrojích znečištění a vytipování rizikových faktorů včetně hrozeb, které vyplývají pro potenciální příjemce těchto rizik. V průběhu celého procesu zpracování analýzy rizik se postupně doplňují nové poznatky a aktuálně zjištěné skutečnosti (MŽP, ©2011B).

V koncepčním modelu jsou definovány všechny možné expoziční cesty včetně jejich stručné charakteristiky, která se pro zjednodušení uvádí ve většině případů v tabulce dle vzorce:

**Expoziční cesta = zdroj znečištění + transportní cesta + scénář expozice
příjemce rizik.**

Koncepční model musí logicky vysvětlovat aktuální přehled znečištění na lokalitě, který je podkladem pro projektování a dle něj se provádějí průzkumné a vzkovovací práce. Pro tyto účely se doplňuje i obrázkové schéma, kde jsou expoziční cesty vyznačeny, jak je uvedeno na obrázku 4 a v tabulce 4 (MŽP, ©2011B).



Obrázek 4: Příklad koncepčního modelu-schematický řez (MŽP, ©2011B)

Tabulka 1: Popis expozičních scénářů koncepčního modelu (vlastní zpracování podle MŽP, ©2011B)

Expoziční cesta	Ohnisko znečištění	Transportní cesta	Příjemce rizik	Poznámka
1.	Lakovna	Únik rozpouštědel a rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → drenáž do potoka	Povrchový tok a lidé spojení s rybařením (expozice ingescí)	Pokud není hladina podzemní vody významně snižována (zakleslá) jímáním podzemních vod
2.	Lakovna	Únik a rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → jímání vod studněmi	Obyvatelstvo obce (pitná voda - expozice ingescí, dermální a inhalační)	Pokud není veškerá kontaminace drénována potokem
3.	Slévárna	Emise prachu s toxickými kovy do ovzduší → imisní spad na ornou půdu → snížení úrodnosti a kontaminace plodin	Obyvatelstvo (konzumenti plodin - expozice ingescí)	
4.	Slévárna	Emise prachu s toxickými kovy do ovzduší → imisní spad na lesní půdu	Lesní ekosystém	Riziko se již naplnilo - část stromů již odumřela

3.6.2 Věcný obsah zpracování analýzy rizik

Všechny subjekty zpracovávající analýzu rizik se řídí předepsanou osnovou, která je závazná pro závěrečnou zprávu analýzy rizik.

V závěrečné zprávě je ihned v úvodu uveden název úkolu a důvod jeho realizace s jasně vytyčeným cílem a přesně lokalizované zkoumané území, kde je daný úkol prováděn. Jsou zde uvedeni účastníci smluvních vztahů, strana zadavatele neboli investora a zpracovatele analýzy rizik. Závěrečná zpráva je dále členěna do následujících kapitol:

- údaje o území (všeobecné údaje a přírodní poměry zájmového území),
- průzkumné práce (dosavadní prozkoumanost území a aktuální průzkumné práce,

- hodnocení rizika (identifikace rizik, hodnocení zdravotních a ekologických rizik, celkové shrnutí rizika a omezení a nejasnosti),
- doporučení nápravných opatření (cílová kritéria nápravných opatření a možný postup nápravných opatření s předpokládaným finančním rozpočtem),
- závěr a doporučení (vyhodnocení stavu, seznam literatury, zkratk a příloh) (MŽP, ©2011B).

3.6.2.1 Údaje o území

Informace v této kapitole slouží pro sestavení možných cest kontaminace a určení priorit v kontaminované oblasti. Popsána je geografická poloha území a základní charakteristika dané lokality s historickým vývojem území. Primárním podkladem jsou územní plány, letecké snímky a statistiky, přičemž při dlouhodobé kontaminaci se uvádějí i archivní letecké snímky například z vojenského mapování. Přehled současného i budoucího využívání území s popisem a uvedením vzdálenosti od míst se zvláštní ochranou přírody především jsou-li ve směru možného šíření kontaminace. S tím souvisí podkapitola, kde je uvedeno rozmístění obydlí, skladba osob a charakter jejich činnosti a majetkoprávní vztahy v kontaminované lokalitě. Kromě historických snímků a eventuálních řízených jednání s místními obyvateli, musí všechny části této kapitoly vycházet z aktuálních dat. Další kapitola popisuje přírodní poměry geomorfologické a klimatické, geologické, hydrogeologické poměry včetně využití podzemních vod, hydrologické, geochemické a hydrochemické poměry. Kapitoly jsou pro úplnost doplněny aktuálním grafickým znázorněním (MŽP, ©2011B).

3.6.2.2 Průzkumné práce

Rozsahem této kapitoly jsou doposud zjištěné výsledky z dřívějších průzkumných i sanačních prací, posudků a zpráv v určitém časovém rozmezí několika let, ať už archivované, nebo nejnovější projekty, realizované na zkoumaném území. Přičemž geologické podklady ověřuje archiv České geologické služby a pro získání informací o znečištění okolního území lze využít již zmíněnou databázi SEKM3. Veškeré získané údaje je nutné ověřit terénním průzkumem a historické výsledky dřívějšího průzkumu vyhodnotit ve srovnání se současným stavem a legislativou. V rámci

zjišťování dřívějších průzkumných prací zde bývá často popsána studie vlivu na prostředí a zdraví obyvatel v kontextu s odstraněním kontaminovaných míst. To vše je podstatné pro prvotní nastavení předběžného koncepčního modelu, kde je potřeba zadat potenciaální zdroje a šíření kontaminace včetně vytipování nebezpečných látek a rizikových faktorů.

Kapitola „Průzkumné práce“ obsahuje a metodicky popisuje rozsah průzkumných a analytických prací včetně vyhodnocení dat historických. Tato kapitola patří k nejdůležitějším, jelikož uvádí primární data pro následné provedení hodnocení rizik (MŽP, ©2011B).

Na starých nefunkčních skládkách komunálního odpadu začínají průzkumné práce geodetickým vytyčením hranic kontaminovaného území, dále je provedeno umístění budoucích kopaných sond a vyhloubení jádrových průzkumných vrtů, následně jsou prováděny odběry vzorků a příslušné laboratorní analýzy podzemní vody a odpadu ze skládky dle akreditovaných postupů. Výsledky průzkumných prací jsou pak vyhodnoceny, zda zjištěné množství koncentrace polutantů představuje ekologickou zátěž.

Pro porovnání množství koncentrace polutantů, jsou použity srovnávací limity dle platné legislativy, konkrétně pro horninové prostředí používané indikátory uvedené americkou agenturou pro ochranu životního prostředí, výše uvedené U.S. EPA. Další srovnání výsledných analýz se řídí limity vyhodnocování kvality pitné a povrchové vody prostřednictvím nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech a povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech a vyhláškou č. 252/2004 Sb., stanovující hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění. Pro rozhodující posouzení a porovnání limitů škodlivin na starých ekologických zátěžích je použita vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změna vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění, a vyhláška č. 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, v platném znění.

Z uvedené kapitoly by měly vyplynout kompletní výsledky zkoumané lokality, charakteristika a obsahy škodlivin, vývoj a šíření znečištění včetně vyplývajícího rizika. Měla by zde být popsána i charakteristika vývoje znečištění z hlediska procesů přirozené atenuace, což znamená přirozeného snižování kontaminace díky v přírodě se vyskytujícím procesům, kdy dochází k omezení množství toxicity, mobility, objemu či snížení koncentrace kontaminantů (MATĚJŮ, ©2011).

3.6.2.3 Hodnocení rizika

Hodnocení rizik je přesně daný postup, který vychází z výsledků doposud zpracovávaných dostupných údajů z průzkumných a vyhodnocujících prací za použití současných vědeckých poznatků tak, aby mohlo být identifikováno riziko plynoucí z ekologické zátěže. Hodnocení zahrnuje rozsah působení tohoto znečištění a charakterizaci existujících či potencionálních rizik. Na tomto základě je pak možné identifikovat reálná rizika a následně navrhnout nápravná opatření.

V první řadě je nutné identifikovat rizika a porovnat je se zákonem danými limity, určit nebezpečnost z hlediska zdravotního rizika, což znamená vyhodnocení zjištěných kontaminantů a určení prioritních škodlivin na zdraví člověka, přičemž hodnocení zdravotních rizik není nezbytně nutné provádět u látek, jejichž koncentrace prokazatelně překračuje limity dle platné legislativy, jelikož už tato skutečnost ukazuje stav, který by měl být neodkladně řešen. Na základě zjištěných skutečností musí být aktualizován koncepční model znečištění hodnocené lokality. Dále jsou stanoveny reálné expoziční scénáře u příjemců rizik v dané oblasti. V poslední řadě je nutné shrnout a vyhodnotit celkové riziko zdravotní i ekologické, kde jsou stanovena zjištěná rizika a charakterizována z pohledu škodlivosti na lidské zdraví či jednotlivé složky životního prostředí (MŽP, ©2011B).

Postup při hodnocení zdravotních rizik v rámci analýzy rizik starých ekologických zátěží řeší příloha 4 Věstníku MŽP Analýza rizik kontaminovaného území, kdy hodnocení zdravotního rizika je nedílnou součástí při procesech rozhodování realizace nápravných opatření (MŽP, ©2011B). Následnou součástí je metodika hodnocení zdravotních rizik standardní metodické postupy, které byly vypracované U.S. EPA a WHO a zahrnují čtyři základní kroky. V první řadě určení a charakterizaci nebezpečnosti a hodnocení expozice a charakterizaci rizika (EPA, ©2019B).

3.6.2.4 Doporučení nápravných opatření

Hlavním výstupem analýzy rizik je doporučení nápravných opatření. Doporučení je odborným podkladem pro následné rozhodování, jak budou probíhat postupy k odstranění nežádoucí kontaminace a eliminace všech zjištěných rizik. Schůdné řešení pro návrh opatření musí obecně vycházet z požadavku, že dané lokality nejsou zdrojem znečišťování životního prostředí nad zákonem dané limity a jejich rizikovost představuje akceptovatelnou míru rizika pro člověka i ekosystém. Nápravná opatření pro daná kontaminovaná území vychází vždy z hodnocení rizikovosti, kdy je potvrzena existence škodlivin na dané lokalitě.

Obsahem kapitoly doporučení nápravných opatření je stanovení cílových parametrů, jejich zdůvodnění včetně reálného návrhu směřujícího k dosažení těchto stanovených cílů při současném vyčíslení předpokládaných finančních nákladů.

Vybrané cíle realizace nápravných opatření:

- odstranit závadný stav na vodách, případně zabránit vzniku závadného stavu na vodách,
- zamezit dalšímu plošnému a prostorovému šíření kontaminace mimo definované hranice,
- zamezit promývání nenasaturované zóny srážkovými a jinými povrchovými vodami,
- obnovit původní kvalitu podzemních vod vodohospodářsky významného kolektoru,
- eliminovat možnost úniku nebezpečných látek ze starých technických zařízení a podzemních rozvodů,
- zabezpečit prostor proti vstupu nepovolovaných osob,
- předejít ekologické újmě,
- eliminovat zdravotní rizika související s identifikovatelnou expozicí (např. z ingesce, inhalace, dermálního kontaktu),
- zamezit použití vody z kontaminovaného zdroje,
- ověřit vývoj znečištění na lokalitě za účelem upřesnění jeho potencionálních negativních vlivů (MŽP, ©2011B).

Při vyhodnocování nejvhodnějšího postupu nápravných opatření je především přihlédnuto k faktu, splnit stanovené cílové parametry vedoucí k odstranění rizik. Doporučené postupy nápravných opatření mohou obsahovat několik variant provedení, ve kterých jsou jasně stanoveny jejich výhody, nevýhody a závěr, ve kterém se daná varianta provést doporučuje, či nikoli.

Objednatel však není povinen se výsledným doporučením řídit, jelikož toto doporučení, které předkládá analýza rizik, není závazné (MŽP, ©2011B).

3.6.2.5 Závěr a doporučení z analýzy

V závěru vypracované analýzy rizik je popsán aktuální stav ekologické zátěže na zkoumané lokalitě a z ní vyplývající fakta, která jsou uvedena ve zprávě. Souvislost těchto faktů ve vztahu vyhodnocení rizik pro relevantní příjemce je dále popsána a vyhodnocena ve vztahu charakteristiky uložených odpadů, jejich mobility a v neposlední řadě v možnostech navrhovaných variant pro případnou eliminaci zjištěných rizik. Zhotovitel závěrečné zprávy analýzy rizik navrhuje a srovnává alternativy dalších postupů a jejich minimalizace, zároveň vychází z historických i současných provedení průzkumných, monitorovacích a analytických prací.

Kapitola obsahuje přehled geologických prací a jejich vyhodnocení v návaznosti na cíle samotné analýzy rizik. Dále je zde uvedeno celkové shrnutí hrozícího rizika včetně shrnutí zásadních návrhů nápravných opatření a doporučení při eliminaci rizik včetně finančních nákladů (MŽP, ©2011B).

3.7 Sanace

Snaha o likvidaci starých ekologických zátěží a zajištění nápravy na kontaminovaném území je v popředí zájmu ve všech rozvinutých společnostech. Odstraňování kontaminovaných lokalit bývá velmi nákladné a v mnoha případech vyžaduje technicky náročná a obtížná řešení. Proto je velmi důležité zvolit efektivní a technicky proveditelné řešení s odpovídající finanční náročností.

Na základě hodnocení a posouzení možného rizika se navrhuje sanační postup, případně možné varianty sanačních zásahů a odpovídající vhodný postup rekultivace. To se provádí vždy s ohledem na stávající nebo potenciální využití dané lokality.

Samotná rekultivace skládky, nemusí být mnohdy dostatečným zabezpečením proti migraci škodlivin. Jde hlavně o případy, kdy hladina podzemní vody zasahuje do uloženého odpadu. Cílové hodnoty by měly v konečném stavu zaručovat zdraví člověka a životního prostředí.

Sanační práce spočívají v odstranění zdroje kontaminace, případně v zamezení šíření kontaminace do horninového prostředí a podzemních vod. V případě staré skládky může být sanačním zásahem jednoduché zakrytí neprostupným materiálem a úprava povrchu neboli sanace skládky na místě. Možností je i sanace kontaminovaného prostředí v podloží, tedy sanace podloží skládky. Provede se kompletním odtěžením celé staré skládky nebo její části, kdy je odpad následně odvezen k odborné likvidaci (MŽP, ©2016).

Samotný výběr sanační technologie ovlivňuje mnoho faktorů, které se získávají v podrobném průzkumu zpracovávané analýzy rizik včetně legislativní přípravy. Pro výběr nejvhodnější sanační technologie je tedy důležité získat dostatek informací o lokalitě, která má být vyčištěna. Bohužel, právě sběr veškerých primárních dat bývá velmi drahý, proto je mnohdy rozhodnuto na základě nedostatečných informací.

Mezi významné faktory ovlivňující tento výběr jsou zejména druh a charakteristika polutantu přítomného v horninovém prostředí, v jaké formě se vyskytuje, rozměr kontaminačního mraku, transport a znečištění. Dalším faktorem pro výběr sanační technologie je charakteristika znečištěné lokality. Zde je potřeba zjistit druh horninového prostředí, propustnost, porozita a vlastnosti, směr a rychlost proudění podzemní vody, klimatické podmínky v místě sanace a v neposlední řadě infrastrukturu v zájmové lokalitě. Dále pak je potřeba zjistit vlastnosti dané technologie, dosažitelnost cílových limitů sanace, časový horizont a investice. Velmi důležité kritérium je také přijatelnost sanačních prací pro místní obyvatele zájmového území (MATĚJŮ, 2016).

V mnoha případech bývá prvním krokem umístění monitorovacího systému na určitém místě ve zkoumané lokalitě po dobu až několika let, prostřednictvím kterého je prováděn pravidelný monitoring kvality podzemních a povrchových vod. Na základě výsledků je pak volen vhodný sanační postup a výběr technologie.

Pro eliminaci negativních dopadů z kontaminovaných lokalit bylo v průběhu let prostřednictvím praktických zkušeností vyvíjeno množství sanačních postupů, kterými se nežádoucí látky odstraňují.

Dnešní doba již přináší vysoký rozvoj sanačních technologií, inovace a jejich zavádění do praxe. Prostřednictvím odborníků, zkušených pracovníků z oblasti hydrogeologie, výzkumných i vzdělávacích zařízení a sanačních společností bylo zpracováno kompendium sanačních technologií. Toto kompendium poskytuje informace mnohdy o sanacích, které nebývají tak často použity v praxi, ale dle mého názoru posouvají hranice a zdokonalují možnosti efektivního odstranění starých ekologických zátěží. Jedná se o vícestupňové čistící systémy pomáhající zvýšit účinky sanace, nebo se používají jako doplňující postupy ke klasickým sanačním technologiím (MATĚJŮ ET AL., 2006).

3.7.1 Sanační technologie

Sanační technologie a technologické prvky jsou používány při napravování škod vzniklých na životním prostředí způsobených lidskou činností, jako je odstraňování starých ekologických zátěží, nebo následků ekologických havárií a mohou být rozdělovány podle:

- způsobu aplikace:
 - *in situ* – dekontaminace přímo v horninovém prostředí kontaminované lokality,
 - *ex situ* – dekontaminace ve vybraném místě v areálu kontaminované lokality,
- místa aplikace:
 - pro nenasycenou (nenasycenou) zónu,
 - pro nasycenou (nasycenou) zónu,
 - použitelné obecně,
- principů, na kterých je metoda založena:
 - biologické,
 - fyzikálněchemické a fyzikální,
 - chemické,
 - kombinované (integrované),
 - přirozená atenuace,

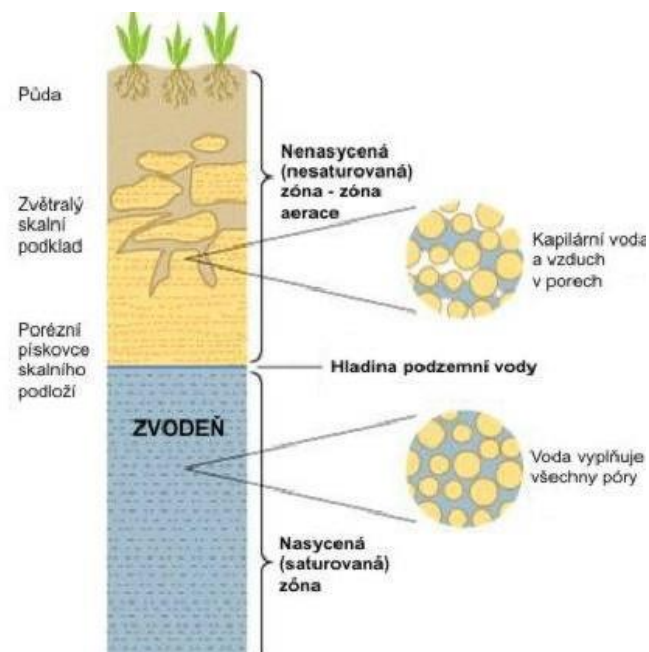
- podporovaná atenuace,
- zelené remediace (využití udržitelných energií při čištění),
- fytoremediace (MATĚJŮ, ©2012).

Základní sanační technologie:

- při sanaci půd a horninového prostředí spočívá dekontaminace v odtěžení kontaminovaných vrstev a zasypání inertním materiálem; kontaminovaný materiál je možné na povrchu dále čistit například biodegradací ropných látek, nebo může zůstat trvale uložen na skládce nebezpečných odpadů,
- při sanaci podzemních vod prostřednictvím sanačního čerpání, se čerpaná voda různým způsobem následně na povrchu čistí například gravitační separací, stripováním, prostřednictvím aktivních filtrů a již jako nezávadná je vypouštěna zpět do horninového prostředí, případně do toku nebo kanalizace (ENVIWEB, ©2012B).

3.7.2 Technologie pro ošetření saturované a nesaturované zóny

Povrchové vrstvy geosféry lze členit do dvou základních zón - nenasycené a nasycené (nesaturované a saturované). Nesaturovaná zóna se vyskytuje nad hladinou podzemní vody a vyznačuje se jen částečnou nasyceností všech pórů horninového prostředí. Nasycená zóna je již pásmem podzemní vody, kdy je v dolní části ohraničena například skalním masivem, nebo nepropustnou vrstvou jílu, a ve své horní části je vymezena buď volnou hladinou podzemní vody, nebo opět nepropustnou vrstvou. Póry v nasycené zóně jsou zcela vyplněny vodou. Základní schéma podpovrchových vod je zobrazeno na obrázku 5.



Obrázek 5: Schéma podpovrchových vod (VSB, ©2019)

Čištění „*in situ*“ zahrnuje širokou škálu biologických, chemických a fyzikálních postupně vykonávaných postupů, někdy i v kombinaci nebo využití podpory jiné sanační techniky.

Při dlouhodobé kontaminaci jako je stará ekologická zátěž se sanační práce neomezují pouze na nesaturovanou zónu, jelikož bývá kontaminována i saturovaná zóna. Mezi těmito postupy jsou například:

- **Biologické metody** – tyto metody využívají degradační či transformační aktivity přirozených nebo vpravených mikroorganismů, polutant je tak rozložen, nebo přetransformován na již neškodnou látku. Příklad je bioventing, kdy se do nesaturované zóny nuceně vpravuje kyslík, nebo se ventingovými vrty kyslík odsává, čímž se zvýší koncentrace kyslíku a prostředí tak tvoří podmínky pro biologický rozklad polutantů (HINCHEE ET ARTHUR, 1991). Metoda je používána k rozkladu všech aerobně rozložitelných polutantů, například polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU), acetonu, toluenu, benzenu, naftalenu a xylenu.
- **Fyzikálně chemické metody** – v nesaturované zóně představují mnohdy jediné možné řešení při sanaci staré ekologické zátěže. Znázorňují širokou škálu postupů založených na různých principech a jejich použití se liší

především díky různé technické a ekonomické náročnosti. Příkladnou technologií lze uvést venting, který se používá velmi často v kombinaci s jinými sanačními postupy. Princip ventingu spočívá v tom, že prostřednictvím podtlakového potrubí je ze saturované zóny odsáván znečištěný půdní vzduch vyvolaný vakuovou stanicí. Díky tomuto dochází ke strhávání těkavých podílů látky z matrice horninového prostředí. Vše je svedeno do dekontaminační jednotky. Metodu lze použít u obou způsobů aplikace.

- **Chemické metody** – chemická oxidace je oxidace organických polutantů využívaná v čištění odpadních vod již více než 100 let. Před aplikací této technologie je nezbytné provést laboratorní testy, a posoudit konkrétní poměry na daném území podle porozity půdy, koncentrace a druhu polutantu a sorpci polutantu na pevné částice zeminy. Principem je infiltrace vodného roztoku oxidačního činidla, jehož účinkem je destrukce přítomných polutantů. Lze použít k odstranění PCA, PCB, výbušniny, pesticidy, herbicidy (MATĚJŮ ET AL., 2006).

Použití technologie „*ex situ*“ kdy dochází k čištění kontaminovaných pevných materiálů po vytěžení například zeminy, nebo kontaminovaný stavební odpad či odpad vznikající při jiných technologických procesech jako jsou kaly s obsahem ropných látek, zahrnuje též složité biologické, chemické a fyzikální postupy. Jedná se o tyto postupy:

- **Biologické postupy** zahrnují zejména čištění půdy a jiných materiálů přímo na dekontaminačních plochách. Z organického materiálu se eliminují kontaminanty v průběhu kompostování. Naopak u látek, které jsou biologicky obtížně odbouratelné, nebo neodbouratelné vůbec jako jsou například kovy se používá biostabilizace či bioimobilizace, což zamezí další migraci polutantu a jeho stav se stane biologicky nepřístupný.
- **Chemické postupy** pro odstranění pevných materiálů *ex situ*, mezi nejčastější patří solidifikace a stabilizace, což jsou dva vzájemně neoddelitelné a komplementární procesy. Tato technologie spočívá v promíchání sanovaného materiálu a pojiva, případně jako podpory s chemickým reagentem. Jako pojivo se používá cement, popílky nebo vysokopepni struska.

- **Fyzikální postupy** zahrnují zejména termické pochody jako je spalování, pyrolýza nebo termická desorbce. V případě termické desorbce je odtěžený kontaminovaný materiál vystaven působení vysokým teplotám cca 600 °C v rotačním desorbéru. Zde dojde k desorbci, neboli uvolnění kontaminantů z nosné matice a další přechod do plynné fáze, který je následně upravován. Použití na lokalitách s kontaminací PAU, fenoly, chlorovanými organickými polutanty (PCB, herbicidy, pesticidy aj.) (MATĚJŮ ET AL., 2006).

3.7.3 Technologie čištění podzemní vody a průsakových vod

Kontaminované podzemní, povrchové a průsakové vody jsou zpravidla v kontaktu se zemínou nebo horninovým materiálem a mnoho důležitých parametrů tak vychází přímo z přítomnosti tuhé fáze. Čištění podzemní vody se provádí v lokalitách, kde jsou znečištěné velké objemy podzemní vody, ale i kde čištění *ex situ* z prostorových nebo jiných důvodů možné není. Technologie umožňuje eliminaci široké škály polutantů a pro vyšší účinnost lze ve správném uspořádání postupy různě kombinovat. Použití této technologie se používá zejména k odstranění ropných uhlovodíků. Jedná se o tyto technologie:

- **Přírozená atenuace** – probíhá za fyzikálních, chemických a biologických procesů zcela samovolně bez zásahu člověka. Dochází zde k rozkladu polutantů a snižování jejich koncentrace, někdy až k úplnému vymizení, což ve většině případů může trvat až desítky let. Tato metoda byla akceptována v USA jako sanační postup již na konci 90. let minulého století, kdy byla mimo jiných aplikována v sanacích starých ekologických zátěží. Její použití však předpokládá rozsáhlý monitorovací systém, který kontroluje množství polutantů včetně kontaminačního mraku.
- **Podporovaná atenuace** – je založena na stejných procesech jako atenuace přírozená, ale za podpory pro zvýšení podmínek pro biodegradaci nebo transformaci, přičemž u obou těchto technologií musíme počítat s poměrně dlouhou dobou trvání řádu až několika let. Výhodou ale zůstává, že díky znalostem probíhajících atenuačních procesů a znalosti koncentrace polutantů

můžeme prostřednictvím matematických modelů propočítat dobu trvání celého procesu.

Mezi další metody odstranění polutantů patří:

- **Integrované sanační technologie** – důvodů pro využití je mnoho. Zejména zvýšení účinnosti sanace, zkrácení doby pro dosažení stanovených limitů, dosažení zadaných limitů, snížení nákladů na sanaci a překonání „neřešitelných“ situací. Vystihuje chronologické řazení jednotlivých sanačních technologií za sebou, případně pak integraci jedné technologie do další (MATĚJŮ, 2016).
- **Zelené remediace** – využití udržitelných energií při čištění znamená nový přístup k realizaci sanačních prací, jehož cílem je omezení negativních dopadů sanované lokality, a to s ohledem na všechny složky životního prostředí na minimum. Tato metoda využívá zelené rostliny k odstranění znečišťujících látek z prostředí – povrchových vod. Mezi hlavní zásady patří snižování celkové spotřeby energie a naopak zvyšování spotřeby energie z obnovitelných zdrojů, snižování emise skleníkových plynů a celkového znečišťování atmosféry, snižování spotřeby vody, recyklace materiálů i odpadů a ochrana půdy a ekosystému (U. S. EPA, 2009B).
- **Fytoremediace** – je využití různých druhů rostlin v kontaminované oblasti ve většině případů jako *in situ* sanační technologie, ale i přímo na vytěženém materiálu. Tento proces nespočívá jen v kořenové oblasti rostlin, ale v procesu rostlin samotných. Využívá se především k eliminaci kovů a těžkých kovů z půd, dále k degradaci PAU, chlorovaných sloučenin, pesticidů, herbicidů, ropných uhlovodíků, výbušnin, BTEX a dalších polutantů (MATĚJŮ, 2016).

4. CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ

4.1 Všeobecné údaje

Pro bakalářskou práci bylo vybráno zájmové území bývalé skládky ležící na rozhraní katastrálních území Beroun a Hostim u Berouna. Problematika se týká zatížení starou ekologickou zátěží v CHKO Českého krasu blízko obce Lištice u Berouna v lokalitě Židovské rokle, dlouhou dobu neevidované skládky, která začala vznikat již za 2. světové války, a kam se postupně navážely odpady, především fekálie a popel. Zavážený odpad nebyl dlouhou dobu kontrolován, ani nijak evidován. Skládka byla oficiálně povolena až v roce 1968 odborem vodního a lesního hospodářství tehdejšího Okresního národního výboru města Berouna, kdy původně „neřízená“ skládka byla zlegalizována pro svoz komunálního odpadu města Berouna a pro okolní průmyslové podniky například: Eternitové závody Beroun, Gramo Loděnice, Královodvorské železářny, Státní technická kontrola Beroun, Kovodružstvo Žebrák, České autoopravny a jiné.

Od čtyřicátých do šedesátých let minulého století se před zavedením kanalizace do předmětné skládky zprvu zavážely fekálie z města Berouna a okolí, dále popel z okolních průmyslových podniků a místo též sloužilo pro odvoz „komunálního“ odpadu. Dále zde byly naváženy kaly z Berounských eternitových závodů, pravděpodobně ukládané již před 2. světovou válkou. Ke konci šedesátých let došlo díky nárůstu produkce těchto kalů k řešení situace, kdy docházelo ke splachům těchto kalů ze skládky do lokality Židovské rokle. Vydaný zákaz, který zakazoval vyvážení kalů z výroby eternitu na skládku, byl ze strany Berounských eternitových závodů ještě přibližně sedm let porušován. Povolení pro ukládání odpadů z galvanizovny mělo pouze Kovodružstvo Žebrák, a to v množství 4 m³ měsíčně. Zde konkrétně šlo o kaly z neutralizace odpadních vod z elektrolytického pokovování (hydroxidy zinku, železa, chromu a mědi) v omezeném množství cca 80 kg (CZ BIJO, 2017).

K masivnímu navážení odpadu došlo zejména v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století. Jednalo se o odpad komunální a odpad z cca 30 průmyslových podniků. Vedle odpadů z domácností, stavební sutě, zeminy zde byly ukládány například odpady z výroby gramofonových desek obsahujících PVC, fekálie z žump

a septiků, kaly z vepřína a kaly z čistící stanice Okresního ústavu národního zdraví Beroun. Byly zde také ukládány odpady z výroby eternitových šablon obsahující azbest (CZ BIJO, 2017).

Právě azbest se kdysi používal ve stavebních a výrobních procesech díky několika průmyslově žádoucím vlastnostem, jako je vysoká pevnost v tahu, odolnost vůči ohni a teple, trvanlivost a celková všestrannost (HARRIS ET KAHWA, 2003). Odpady s obsahem azbestových vláken je možné ukládat jen na skládky k tomu určené. Po jejich uložení na skládku by se takové odpady měly ihned překrýt vhodným materiálem a manipulaci by měly zajišťovat pouze oprávněně firmy tak, aby nedošlo k uvolňování azbestových vláken do ovzduší (ČERVENKA, 2006).

Dle odborného stanoviska Správy CHKO Český Kras z roku 2010, kde je uveden historicky doložený seznam ukládaných odpadů a výslovně se zde uvádí i několik odpadů kategorie N – nebezpečný, shrnutím se jedná především o azbestový odpad v podobě kalů a úlomků výrobků z azbestocementu, galvanizační kaly, organické odpady z výroby gramodesek a CD nosičů, odpady z nemocnic, rtuť ze zářivek, odpady z obsahujících těžké kovy. Aby se zabránilo nekontrolovatelnému sesouvání odpadu ze skládky směrem k Berounce, byla napříč Židovskou roklí vystavena 6 m vysoká betonová zeď (AOPK, ©2010).

Dle sdělení místních občanů část skládky během let velmi často hořela ať už z příčin zavinění neoprávněné osoby, nebo navezením žhavého popela, kdy došlo ke samovznícení. Svědectví občanů vypovídá o často až dusivém dýmu, jehož kouřová vlečka putovala různými směry, převážně k obci Tetín, která leží přímo na pravém břehu Berounky a k Národní přírodní rezervaci Koda. Dle směru větru se kouřová vlečka občas táhla údolím Berounky až k obci Srbsko, ojediněle i kaňonem Loděnického potoka k obci Svatý Jan pod Skalou. Jako opatření bylo zavedeno ukládat odpady odděleně, hořlavé od nehořlavých, a postupně navážení vrstvou výkopové zeminy či stavební suti na povrch skládky (JIŘÍ KRÍŽ, XI. 2019, IN VERB.).

Před samotným zahájením navážení odpadu, ani později nebyla skládka nijak izolována od okolního prostředí. K izolaci dna nebo svahů Židovské rokle dle sdělení místních starousedlíků nikdy nedošlo. Odpad se navážel přímo do neupraveného terénu Židovské rokle. Skládka dodnes není zabezpečená proti srážkové a prosakující

vodě, dokonce ani skládkové vody nejsou nijak řešeny. V Židovské rokli býval malý povrchový vodní tok, který se propadal do podloží krasu.

Skládkování tuhého komunálního odpadu bylo ukončeno v roce 1995 a od té doby se navážela pouze výkopová zemina do roku 1996, kdy byl provoz skládky zcela zastaven.

Areál bývalé skládky je v převážné většině majetkem Města Beroun, s výjimkou dvou pozemků, kde je majitelem soukromá osoba (CZ BIJO, 2017). Na obrázku 6 je stav čela skládky směrem k toku Berounky v roce 2017.



Obrázek 6: Opěrná zed' a nefunkční jímka pod skládkou (CZ BIJO, 2017)

4.1.1 Geografické vymezení území

Bývalá skládka je v rozmezí JZ směrem od silnice II. třídy, spojující obec Hostim s městem Beroun, kde je v této části obklopena poli a pastvinami, a dále se sklání k levému břehu řeky Berounky. Zájmová oblast je vyznačena na obrázku 7.



Obrázek 7: Místo zájmové oblasti na mapě ČR (vlastní zpracování podle SLEPÁ MAPA ČR, ©2020)

Zájmové území leží mimo hlavní osídlenou oblast Berouna a nachází se ve východní části katastrálního území města Beroun. Od skládky je nejbližze cca 250 m JV poslední stavení bývalé osady Lištice, která je v současné době částí Berouna. Od čela skládky je další nejbližší trvale obydlené stavení vzdálené cca 300 m SV směrem. Zhruba ve vzdálenosti 450 m od čela skládky protéká řeka Berounka. Obrázek 8 zobrazuje širší okolí kontaminované lokality.



Obrázek 8: Širší okolí lokality (vlastní zpracování podle MAPY, ©2020)

4.2 Přírodní poměry zájmového území

4.2.1 Geomorfologické a klimatické poměry

Orografické zařazení:

- provincie Česká Vysočina,
- subprovincie Poberounská soustava,
- oblast Brdská,
- celek Hořovická pahorkatina,
- podcelek Karlštejnská vrchovina.

Nadmořská výška horní, již zarovnané části skládky se pohybuje mezi 290 - 298 m n.m., a sklání se do dna Židovské rokle pod čelem skládky vysokým celkem 32 m v úrovni 253 m n.m. Sestupující rokle má u břehu Berounky kótu 216 m n.m (CZ BIJO, 2017).

Klimatické poměry zájmového území spadají podle Quittovy klasifikace do teplé klimatické oblasti T2 dle následující tabulky 2. Pro tuto oblast je charakteristické poměrně krátké jaro, které je teplé až mírně teplé, léto teplé dlouhé a suché, podzim je poměrně krátký, teplý až mírně teplý a zima je krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá, sněhová pokrývka má velmi krátké trvání (KVĚTOŇ ET VOŽENÍLEK, 2011).

Tabulka 2: Klimatická oblast jednotky T2 (vlastní zpracování podle KVĚTOŇ ET VOŽENÍLEK., 2011)

Klimatická charakteristika teplé oblasti	T2
Počet letních dní	50-60
Počet dní s prům. teplotou 10° C a více	160-170
Počet dní s mrazem	100-110
Počet ledových dní	30-40
Průměrná lednová teplota	-2 až -3
Průměrná červencová teplota	18-19
Průměrná dubnová teplota	8-9
Průměrná říjnová teplota	7-9
Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	90-100
Suma srážek ve vegetačním období	350-400
Suma srážek v zimním období	200-300
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40-50
Počet zatažených dní	120-140
Počet jasných dní	40-50

4.2.2 Geologické poměry

Regionální příslušnost:

- soustava – Český masiv – kristalinikum a prevariské paleozoikum,
- oblast – Středočeská – Bohemikum,
- region – ostrovní část zóny středočeského plutonu - Barrandien,
- jednotka – Paleozoikum Barrandienu,
- subjednotka – Pražská pánev.

Oblast CHKO Českého krasu je největším krasovým územím Čech vyvinutým v silurských a devonských vápencích staroprvohorní pánve Barrandienu. Kaňon Berounky je skalnatý a je lemován několika jeskynními portály (BLATKA ET RUBÍN, 2006) a krasologická jednotka zde eviduje přibližně 677 krasových a 28 pseudokrasových jeskyní (HROMAS ET AL., 2009).

Zájmové území je umístěno v geologicky složitém území, kdy vlastní skládka leží v prostoru odlišných geologických typových znaků, budovaném sedimentárními a vyvřelými horninami siluru.

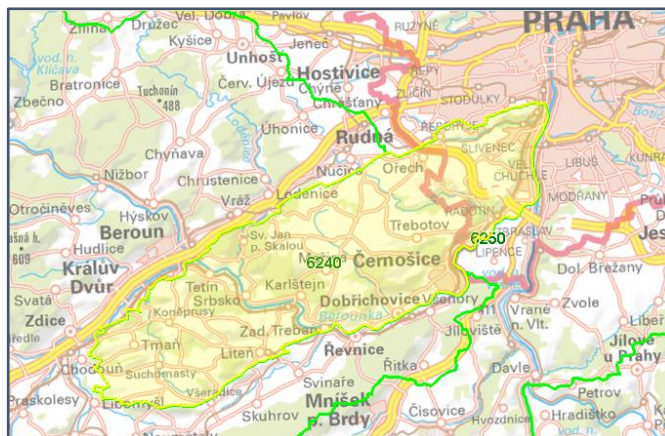
„*Silur*“ – (prvohorní znak), je tvořen horninami liteňské skupiny charakterizován vápenci a vápnitými břidlicemi s příměsí vulkanogenních hornin tvořeny bazalty, diabasy a granuláty a mladšími „*pleistocenními fluvialními písčitymi štěrky*“ (MUZEUM ČESKÉHO KRASU, 2020).

Horniny jsou v horních partiích zvětralé a na povrchu přecházejí v hlinito-kamenité, nepřemístěné zvětralině přecházející do matečné horniny v podloží.

Skalní podloží je pokryté písčito kamenitými svahovými hlínami a hlinitými sutěmi. Na geologické stavbě Židovské rokle se podílí odlišný horninový komplex. Směrem na západ jsou to diabasové tufy, na východ převažují vápence (CZ BIJO, 2017).

4.2.3 Hydrogeologické a hydrologické poměry

Zájmová lokalita se nachází na území hydrogeologického rajonu číslo 6240 – Svrchní silur a devon Barradienu, jehož oblast je vyznačena na mapě obrázku 9 (ČHMÚ, ©2020).



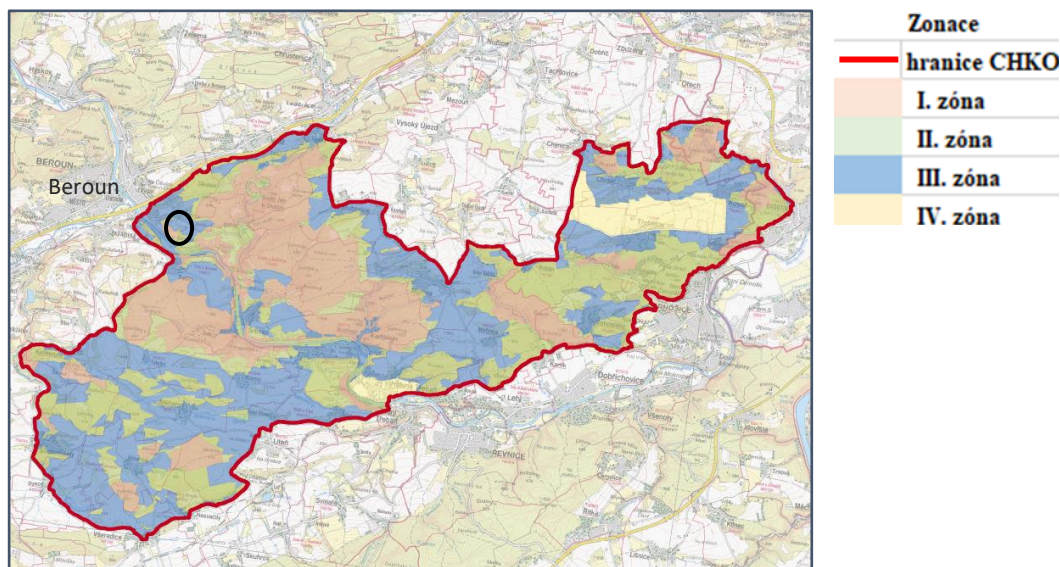
Obrázek 9: Rozsah vrstvy hydrogeologického rajónu (ČHMÚ, ©2020)

Barrandienská synklinála se táhne ve směru na jihozápad v délce přibližně 40 km, je intenzivně deformována do systému vrás a porušena četnými směrnými přesmyky. Propustnost hornin je krasová a puklinová, a díky vývoji krasu je oběh podzemních vod značně omezen a rozdělen na řadu několik hydrogeologických struktur (OLMER ET KESSL 1990).

Příčinou střídání vrstev, které mají různé hydrogeologické vlastnosti, je horninový profil siluru v dané lokalitě střídavě slabě až středně puklinově propustný (PERŠÍN, 2019). Podloží, které je tvořeno silurskými horninami zde působí jako izolátor nadložním, devonským vápencům, kdy v liteňském souvrství je průměrná vydatnost pramenů 0,2 l/s, s výkyvy do 2 l/s. Zájmová lokalita se nachází v prostředí diabasů, proto je zde tvorba krasových jevů omezená, nikoliv vyloučena (BRUTHANS ET ZEMAN, 2000). Typické projevy krasu jsou od zájmového území vzdáleny nejbližší cca 1,5 km vzdušnou čarou, nejbližší je Schüllerova jeskyně, dále pak lomy Amerika, Svatý Jan pod Skalou a lom Čerínka.

4.2.4 Chráněná území

Území se nachází v Chráněné krajinné oblasti Český kras a těleso skládky leží ve III. zóně CHKO, území Židovské rokly pod čelem skládky dosahuje až k řece Berounce a nachází se ve II. zóně, a lesní porost jihovýchodně a západně od skládky leží v I. zóně odstupňované ochrany CHKO. Na obrázku 10 je vyznačena zájmová lokalita a zonace CHKO Českého krasu.



Obrázek 10: Zájmová lokalita v CHKO, zonace (vlastní zpracování podle AOPK, ©2020)

Krajina v okolí skládky má vysokou přírodní, historickou, kulturní i estetickou hodnotu. V blízkém okolí, přibližně 300 – 500 m od tělesa skládky leží evropsky významná lokalita Karlštejn – Koda. Jedná se o Národní přírodní rezervaci patřící do maloplošných chráněných území. Přírodní rezervace Tetínské skály vzdálené od tělesa skládky asi 1 km vzdušnou čarou. Tok a niva řeky Berounky tvořící osu nadregionálního biokoridoru a je v zájmovém prostoru evropsky významné lokality CZ0214017 v rámci soustavy NATURA 2000 (NATURA 2000, ©2020).

Jsou zde biotopy zvláště i obecně chráněných druhů, mezi ně patří například kriticky ohrožený skokan skřehotavý (*Pelophylax ridibundus*) nebo užovka podplamatá (*Natrix tessellata*). Dále zde nacházejí hnízdiště nebo zimoviště četné druhy ptáků, k ohroženým zde patří potápka malá (*Tachybaptus ruficollis*) a kormorán velký (*Phalacrocorax carbo*), jsou zde i kriticky ohrožené druhy ptáků jako ostralka štíhlá

(*Anas acuta*), morčák velký (*Mergus merganser*) a je zde mapováno i několik hnízdišť ledňáčka říčního (*Alcedo atthis*) řazeného do kategorie silně ohrožených druhů dle vyhlášky č. 395/1992 Sb., ministerstva životního prostředí České republiky, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění (VESELÝ ET HADRAVOVÁ, 2019).

V již zmíněné přírodní rezervaci Tetínské skály se nalézají nelesní společenstva prealpínských rostlin a bezobratlých živočichů. Vyskytuje se zde v kategorii silně ohrožený lomikámen trojprstý (*Saxifraga tridactylites*), lomikámen latnatý (*Saxifraga paniculata*) a jiné zvláště chráněné druhy rostlin. Bohatá je i fauna měkkýšů a motýlů, ze zvláště chráněných bezobratlých se v rezervaci rozmnožuje například ohrožený otakárek ovocný (*Iphiclides podalirius*). Ke chráněným plazům zde patří silně ohrožená užovka hladká (*Coronella austriaca*), slepýš křehký (*Anguis fragilis*) a ještěrka obecná (*Lacerta agilis*). V přírodní rezervaci Tetínských skal hnízdí také široká řada druhů ptáků včetně silně ohrožených pěnice vlašské (*Sylvia nisoria*), bělořita šedého (*Oenanthe oenanthe*), kavky obecné (*Corvus monedula*) či ohrožených slavíka obecného (*Luscinia megarhynchos*), krkavce velkého (*Corvus corax*) a výra velkého (*Bubo bubo*) (AOPK, ©2010).

5. METODIKA

Bakalářská práce má charakter studie. Metodicky je koncipována jako aktuální literární přehled z oblasti zpracování analýzy rizik a technologických a legislativních možností nápravných opatření s modelovým příkladem na skládce Lištice. Pro zpracování studie byla využita dostupná analytická a jiná verifikovaná data (zejména podklady analýzy rizik zpracované firmou CZ BIJO a.s. Praha z roku 2017), současně bylo provedeno terénní šetření na místě, byla zadána analytická stanovení a byly provedeny modifikované zkoušky ekotoxicity.

5.1 Odběr vzorků

Pro účely této práce byl proveden dne 21.11.2019 odběr vzorků půdy. Odběrová místa byla volena s cílem co nejbližšího kontaktu s místem znečištění. K těmto účelům byl se souhlasem majitele dotčeného pozemku umožněn vstup na kontaminovanou lokalitu a následný odběr vzorků přímo z tělesa skládky a její bezprostřední blízkosti. Na obrázku 11 je zobrazen pohled na jižní část skládky, kde byl proveden vlastní terénní průzkum.



Obrázek 11: Čelo skládky směr k Berounce dne 21.11.2019

Odběry vzorků byly provedeny na třech vybraných místech kontaminované lokality.

Odběr vzorků S2 a S3 byl realizován na horní části skládky ve svahu čela skládky, jehož sklon je cca 75-80 stupňů. Pro odběr byly použity: zemní vrták ruční, nerezová lopatka a plastové vzorkovnice. Obrázky 12 a 13 zobrazuje místa odběru vzorků S2 a S3.



Obrázek 12: Odběr vzorku S2



Obrázek 13: Odběr vzorku S3

Vzorky DR1 a DR2 byly odebrány ze dvou drenážních výpustí zabudovaných v opěrné zdi čela skládky. Pro odběr byly použity: nerezová lopatka a plastové vzorkovnice. Na obrázcích 14 a 15 jsou zobrazena odběrová místa vzorků DR1 a DR2.



Obrázek 15: Odběr vzorku DR1



Obrázek 14: Odběr vzorku DR2

Vzorky ZPS1 a ZPS3 byly odebírány od paty skládky v Židovské rokli směrem k toku Berounky. Vzorek ZPS1 byl odebrán přímo pod patou skládky 0,24 m od opěrné zdi a vzorek ZPS3 cca 145 m v prostoru Židovské rokly kolmicí k opěrné zdi. Pro odběr byly použity: zemní vrták ruční, rýč, nerezová lopatka a plastové vzorkovnice. Vzhledem k pevnosti povrchu terénu byly odběry vzorků realizovány pouze do hloubky 0,4 m. Obrázky 16 a 17 zobrazují odběry vzorků ZPS1 a ZPS3.



Obrázek 16: Odběr vzorku ZPS1



Obrázek 17: Odběr vzorku ZPS3

Vzorky byly po odběru ručně homogenizovány ve třecí misce a následně předány do příslušné laboratoře. Zhomogenizované vzorky jsou zdokumentovány v příloze 2.

V následující tabulce 3 je uveden přehled odebraných vzorků odpadů a zemin v rámci vlastního terénního šetření.

Tabulka 3: Přehled odebraných vzorků

Označení vzorku	Místo odběru	Matrice	Hloubka (m pod terénem)	Specifikace odebraných vzorků
S2	odkrytý svah - 0,5 m nad opěrnou zdí	odpad	0 - 0,5	1 směsný vzorek: 1,5 kg
S3	odkrytý svah - 1,5 m nad opěrnou zdí	odpad	0 - 1,5	1 směsný vzorek: 2,5 kg
DR1	drenážní výpust' v opěrné zdi o průměru 0,145 m (střed)	odpad	0 - 0,6	1 vzorek: 0,8 kg
DR2	drenážní výpust' v opěrné zdi o průměru 0,145 m (pravá)	odpad	0 - 0,5	1 vzorek: 0,2 kg
ZPS1	0,24 m od paty skládky ve směru rokle	odpad/hlína	0 - 0,4	1 vzorek: 1 kg
ZPS3	145 m od paty skládky ve směru rokle	odpad/hlína	0 - 0,4	1 vzorek: 0,980 kg

5.2 Laboratorní a ekotoxikologické analýzy

Analýzy odebraných vzorků byly provedeny v akreditované analytické laboratoři Monitoring, s.r.o., Praha 6 a experimentální laboratoři Katedry aplikované ekologie, Fakulty životního prostředí, ČZU v Praze.

Testy byly provedeny na šesti vzorcích označených: S2, S3, DR1, DR2, ZPS1 a ZPS3, období 27.11. – 6.12.2019, jak v pevné matici, tak ve výluhu. Analýzy vybraných organických a anorganických polutantů a fyzikálně-chemických parametrů byly provedeny v laboratoři Monitoring, s.r.o. v souladu s příslušnými ČSN a Standardními operačními postupy (dále jen SOP) této akreditované laboratoře (MONITORING, 2019).

Ekotoxikologická stanovení vzorků byla provedena na vodných výluzích u šesti vzorků označených S2, S3, DR1, DR2, ZPS1 a ZPS 3, vyjma vzoru DR2, který byl odzkoušen pouze na semenech (*Sinapis alba*) z důvodu malého množství vzorku.

Testován byl výluh neředěný i výluh ředěný, v poměru 1:10. Ekotoxikologické testy byly provedeny na semenech (*Sinapis alba*), řase (*Selenastrum capricornutum*) (pomocí ALGALTOXKIT FTM) a hrotnatce (*Daphnia pulex*), ve dvou opakováních včetně kontroly, v souladu s příslušnými normami ČSN a MP MŽP pro test na semenech, s následujícími odchylkami:

- výluh připraven s prodlouženou dobou třepání ve výši 138 hod., tj. 5,75 dne (v normě 24 hod.), což je doba cca 5x vyšší oproti normě z důvodu dosažení maximálního vylouhování látek,
- filtrace výluhu provedena přes papírové filtry se střední velikostí póru, vyjma vzorku DR2, kde bylo třeba z důvodu jemných koloidních částic filtrovat přes membránový filtr,
- test na řasách byl proveden při prodloužené době expozice 16 dnů (doba 72 hod. prodloužena z důvodu nulového nárůstu řasy po 72 hod., (tj. doba expozice 8x vyšší), nárůst řasy byl nasnímkován a následně stanoven pomocí počítačící komůrky Cyrus I pod optickým mikroskopem Kern při zvětšení 100x,
- pro test na dafniích byla použita Hrotnatka obecná (*Daphnia pulex*) z důvodu snahy o odzkoušení toxicity na běžném druhu dafnie, vyskytující se volně v přírodě.

5.3 Vyhodnocení dat

Získaná data byla porovnána s přípustnými hodnotami dle vyhlášek uvedených níže:

- č. 294/2005 ve znění vyhlášky č. 387/2016 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, v platném znění,
 - č. 384/2001 Sb., o nakládání s polychlorovanými bifenyly (PCB), polychlorovanými terfenyly, monometyltetrachlordifenylmetanem, monometyldichlordifenylmetanem, monometyldibromdifenylmetanem a veškerými směsmi obsahujícími kteroukoliv z těchto látek v koncentraci větší než 50 mg/kg, v platném znění,
 - č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, tabulky 5.1 Skupiny 2, Tř. II. určena pro využití na povrchu terénu užívaného nebo určeného pro městskou zeleň, zeleň parků a lesoparků, pro využití při vytváření rekultivačních vrstev nebo pro přimíchávání do zemin při tvorbě rekultivačních vrstev, na území průmyslových zón, při úpravách terénu v průmyslových zónách, v platném znění,
 - č. 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, v platném znění,
- a následně byla slovně vyhodnocena.

6. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Těleso skládky včetně jejího čela má plošný rozsah přibližně 3,5 ha. Výměra pozemků, na kterých se daná bývalá skládka nachází je celkem cca 61 000 m² (AOPK, ©2010). Existence této ekologické zátěže má, mimo jiných vlivů, také markantní vliv na krajinný ráz, jelikož krajina v okolí dané skládky má vysokou přírodní, kulturní, historickou a estetickou hodnotu.

Původní dlouhou dobu neřízené ukládání odpadů vedlo ke styku a míchání různorodých látek, které mohly různě chemicky reagovat převážně za pomoci prosakující srážkové vody, ale také probíhaly spalné reakce, při již zmiňovaném hoření samotné skládky. Důsledky těchto procesů lze těžko odhadovat.

Pro stanovení množství, rozmístění a rozložení uloženého odpadu, jejich fyzikální a chemické vlastnosti a stanovení možností nápravných opatření a rizik spojených s otevřením tělesa skládky, byl nutný podrobný průzkum lokality včetně sondáže. Pro tyto účely byla společností CZ BIJO a.s. zpracována analýza rizik jejímž cílem bylo posoudit případný vliv existence bývalé skládky na zdraví obyvatel a blízké přírodní okolí, definovat případná rizika a navrhnout možné varianty nápravných opatření.

Společnost CZ BIJO s.r.o. provedla v roce 2016 a 2017 průzkumné analytické práce rozdělené do dvou etap. V rámci 1. etapy v roce 2016 byly realizovány dvě kopané sondy a jeden nevystrojený vrt v jižní části skládky. Následně v 2. etapě v roce 2017 byly realizovány dva monitorovací vrty (CZ BIJO, 2017). Rozmístění realizovaných vrtů je prezentováno v příloze 1 této práce.

6.1 Přehled zdrojů znečištění

Zdrojem znečištění je různorodý materiál, který byl navážen dlouhodobě, a to od období před 2. světovou válkou, kdy toto místo fungovalo jako skládka TKO a jiných materiálů. Zprvu se jednalo o fekálie, popel a suť. Později skládka fungovala pro odvoz komunálního odpadu a s rozvojem průmyslu zde byl navážen také odpad z místních i okolních průmyslových podniků. Sem patřily již zmiňované:

- Eternitové závody Beroun - azbestový odpad v podobě kalů a úlomků výrobků z azbestocementu a eternitových šablon,
- Kovodružstvo Žebrák – neutralizační kaly obsahující hydroxidy zinku, železa, chromu niklu a mědi a kaly z odmašťovacích procesů obsahující chlorované uhlovodíky,
- Gramofonové závody Loděnice – odpady z výroby gramodesek (AOPK, ©2010).

Nemalý poměr odpadu činí i odpad z autoopraven jako jsou odpadní oleje a odpady z výroby gumy. K dalším neméně významným odpadům patří odpady z nemocnic, rtuť ze zářivek, odpady z obsahující těžké kovy, komunální odpad včetně podílu biologicky rozložitelných složek, zeminy a sutě (AOPK, ©2010).

Jelikož byl odpad dlouhou dobu navážen bez jakékoliv regulace, nedá se jednoznačně určit a identifikovat další možné látky v tělese skládky.

K dalším zdrojům znečištění může přispívat i současné zemědělství, jelikož tato oblast je intenzivně obdělávaná a zanedbatelná není ani živočišná výroba.

6.2 Vytipování látek potencionálního zájmu a rizikové faktory

Dle inspekční správy společnosti ČIA Foster Bohemia s.r.o., která v letech 2013 a 2014 zpracovávala analýzu rizik podle MP odboru ekologických škod MŽP, byl doložen výskyt azbestocementového materiálu u posuzovaných vzorků v podobě úlomků 4 – 30 mm dlouhých (CENIA, © 2018A). Na základě tohoto zjištění se jeví hrozbou případné odstraňování při sanaci, jelikož při narušení azbestového materiálu hrozí uvolňování azbestových vláken do ovzduší.

Při hodnocení rizika kontaminace podzemní vody bylo vycházeno dle závěrů studie Hydrologické společnosti, s.r.o. z roku 2014, kde bylo konstatováno překročení ukazatelů základního chemismu stanovené limity pro pitnou vodu u dusitanů a manganu. Vysoký obsah dusitanů (2,02 mg/l) byl zjištěn i v letech 1991 a 2000, přičemž limit pro pitnou vodu je dle současné vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v platném znění je 0,5 mg/l. Dále byly zohledněny látky, které byly vesměs pod limitem pro pitnou vodu. Mezi nimi veškeré kyanidy, z těkavých organických

látek chlorované uhlovodíky (tetrachlorethen), PAU, PCB, rozpuštěné látky, sírany, chloridy, železo a hliník. Zvýšená byla i hodnota $CHSK_{Mn}$. Prioritní látkou byl označen jednoznačně azbest (CZ BIJO, 2017).

Jako další rizikový faktor byl konstatován špatný technický stav jižní strany skládky, nad jejíž železobetonovou stěnou je odpad v nedostatečné míře zakrytý nerovnoměrně rozprostřenou zeminou a ve strmém sklonu je odpad téměř nezakryt. Dochází tak k uvolňování odpadu a jeho samovolné distribuci do okolí. Samotná železobetonová stěna u paty skládky je v dnešní době ve špatném stavu a jeví se zde mnoho zjevných prasklin. Samotná zeď zabezpečuje nejstrmější svažitou část skládky, a zejména při dlouhodobých vydatných srážkách hrozí porušení její stability.

6.3 Koncepční model

Na základě výše uvedených skutečností byl firmou CZ BIJO a.s. zpracován předběžný koncepční model, v němž byla podchycena všechna možná potenciaální rizika a možné transportní cesty k příjemcům rizik. Jako potenciaální příjemci rizik byli stanoveni náhodní návštěvníci, rekreanti, místní obyvatelé a zvěř. V těchto případech bylo uvažováno v souvislosti s expozicí dermálního kontaktu či inhalace, nebo náhodným a neúmyslným polknutím. Možná rizika s technickým stavem opěrné zdi pak souvisí s možností zasypání nesoudržným materiálem.

Dále jako možné riziko byly detekovány okolní zdroje pitné vody a povrchová voda v řece Berounce.

V případě dělníků provádějících stavební úpravy skládky mohou tito být vystaveni riziku kontaminace při manipulaci odpadu obsahujícího azbest. Podrobnosti uvádí tabulka 4.

Tabulka 4: Koncepční model znečištění (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017)

Předběžný koncepční model znečištění				
Expoziční cesta č.	Ohnisko znečištění / typ znečištění	Transportní cesta	Příjemce rizik	Možná rizika
1	Areál bývalé skládky azbest/výluhy odpadů	Uložený odpad → přímý kontakt → požití a inhalace kontaminovaného odpadu, prachových částic	Náhodní návštěvníci, obyvatelé v okolí, zvěř	Zasypání uloženým nesoudržným materiálem pod betonovou stěnou
2			Dělníci provádějící stavební úpravy	Dermální kontakt
				Neúmyslná ingestce
3		Náhodní návštěvníci, obyvatelé v okolí, zvěř		Dermální kontakt
				Neúmyslná ingestce
4		Vymývání škodlivin srážkovými vodami z navezeného odpadu → migrace do saturované zóny → transport škodlivin podzemní vodou	Obyvatelstvo - okolní zdroje pitné vody	Expozice ingestcí, dermální a inhalační
5	Povrchová voda v Berounce		Sedimenty - ekosystém v Berounce	
6	Povrchová voda v Berounce		Koupající se lidé, rybáři - dermální kontakt, neúmyslná ingestce	

6.4 Monitoring CZ BIJO, 2017

V následující tabulce 5 je uveden přehled všech vzorků odpadů a zemin odebraných v rámci průzkumů provedených CZ BIJO a.s. v roce 2016 a 2017. Pro porovnání vzorků vody byly použity výsledky analýz historických odběrů podzemní a povrchové vody pod skládkou z objektu HJ1 a HJ2.

Tabulka 5: Odebrané vzorky (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017)

Objekt	Datum odběru	Materiál	Hloubka (m pod terénem)	Specifikace odebraných vzorků
KS1	2017	jíl. písč. hlína	0 - 0,5	1 směsný vzorek: 0,5 – 1,5 m
		odpad	0,5 - 3	1 směsný vzorek: 1 – 3 m
KS2	2017	jíl. písč. hlína	0 - 4	1 směsný vzorek: 0,5 – 1,5 m
		odpad	4 - 5	1 směsný vzorek: 4 – 5 m
J1	2017	jíl. písč. hlína	0 - 5	z každého 1 bm odebrán 1 vzorek
		odpad	5 – 28,5	z každého 1 bm odebrán 1 vzorek
J2	2017	odpad	1 - 10	z každých 3 bm odebrán 1 vzorek
HV1	2/2017	podzemní voda nad skládkou	25	dynamický odběr
HJ1	7/1991	podzemní voda pod skládkou	neuveďeno	neuveďeno
	9/2000			
HJ2	7/1991	podzemní voda pod skládkou	neuveďeno	neuveďeno
	9/2000			
Vývěr pod skládkou	7/1991	povrchová voda	neuveďeno	neuveďeno
	9/2000	povrchová voda	neuveďeno	neuveďeno

6.4.1 Analýza podzemní a povrchové vody

Podzemní voda byla odebrána z vrtu HV1 zhotoveného na severní části skládky v roce 2017, který se nachází prakticky nad skládkou a výsledky z laboratorních analýz ze vzorku byly porovnány s historickými odběry podzemní a povrchové vody pod skládkou prostřednictvím uchovaných vzorků vod z vrtů HJ1 a HJ2 z roku 1991 a roku 2000.

Podzemní voda se díky vlastnostem zdejšího horninového prostředí vyznačuje vysokou tvrdostí, zvýšeným obsahem síranů, vápníku a ve spojitosti s místní naměřenou elektrickou vodivostí cca 145 mS/m (limit pro pitnou vodu 125 mS/m) je spojena celkově vysoká mineralizace a obsah rozpuštěných látek.

V následující tabulce 6 jsou porovnány výsledky analýz podzemní a povrchové vody, u kterých byly překročeny limitní hodnoty dle vyhlášky č. 252/2004 Sb., v platném znění a vyhlášky č. 5/2011 Sb., o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod, v platném znění.

Tabulka 6: Porovnání analýz podzemní a povrchové vody (vlastní zpracování podle CZBIJO, 2017)

Označení vzorku	HV1	HJ1		HJ2		Vývěr pod skládkou		Limity pitná voda Vyhl.č. 252/2004 Sb.	Limity podzemní voda Vyhl.č. 5/2011 Sb.
		1991	2000	1991	2000	1991	2000		
Odběr → Koncentrace (mg/l)↓	2017	1991	2000	1991	2000	1991	2000		
Železo	0,17	10,2	0,08	11,4	0,36	0,08	<0,05	0,2	
Mangan	0,04	0,63	0,21	0,4	0,05	0,05	<0,05	0,05	0,05
Amonné ionty	<0,1	0,66	0,2	0,48	0,19		<0,05	0,5	0,5
Sírany	336	361	384	339	408	361	432	250	400
Chloridy	30	393	314	318	351	353	425	100	200
Dusičnany	64,8	187	41	139	115	177	103	50	50
Dusitany	0,05	0,5	2,02	0,39	0,034		<0,015	0,5	0,5
Hliník	0,23		0,45		0,16			0,2	0,2
Nikl	<0,003		0,03		0,03			0,02	0,02
Ropné látky (NEL)		1,13	0,02	0,48	0,01	0,03			0,1

Z dané tabulky vyplývá, že analýzy podzemní vody u vrtu HJ1 a HJ2 jsou v rozmezí cca 10 let nevyrovnané. Některé ukazatele z roku 1991 se nepotvrdily, konkrétně jde o zvýšené koncentrace NEL zjištěné z vrtu HJ1, které se v roce 2000 rovněž nepotvrdily, dále pak u železa, manganu, dusičnanů koncentrace klesla.

Naopak vysoké hodnoty koncentrace chloridů ve vývěru pod skládkou, a to 314 – 425 mg/l poukazuje na vliv skládky. Ve vrtu HV1 byl obsah chloridů 30 mg/l.

Obsah síranů, dusičnanů a hliníku ve vrtu v roce 2017 je v porovnání s hygienickými požadavky pro pitnou vodu mírně zvýšený:

- sírany 336 mg/l (limitní koncentrace 250 mg/l),
- dusičnany 68,8 mg/l (limitní koncentrace 50 mg/l),
- hliník 0,23 mg/l (limitní koncentrace 0,2 mg/l).

Pro další porovnání s analýzami vody pod skládkou bylo použito vodních výluhů vzorků odpadu. Vzhledem ke skutečnosti, že hladina podzemní vody pod tělesem skládky se nalézá více než 30 m pod původním dnem Židovské rokle, nebyl z ekonomických důvodů proveden vrt do takové hloubky, kde by mohla být odebrána a ověřena kvalita podzemní vody. Byl zvolen alternativní postup zjištění kvality podzemní vody a obsah škodlivin tím, že byly vybrány vzorky odpadů, které byly následně podrobeny analýze vodního výluhu. V následující tabulce jsou uvedeny naměřené hodnoty z odebraných vzorků v porovnání s vyhláškou pro pitnou a podzemní vodu.

Tabulka 7: Výsledky analýz podzemní a povrchové vody z vodních výluhů odpadu (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017)

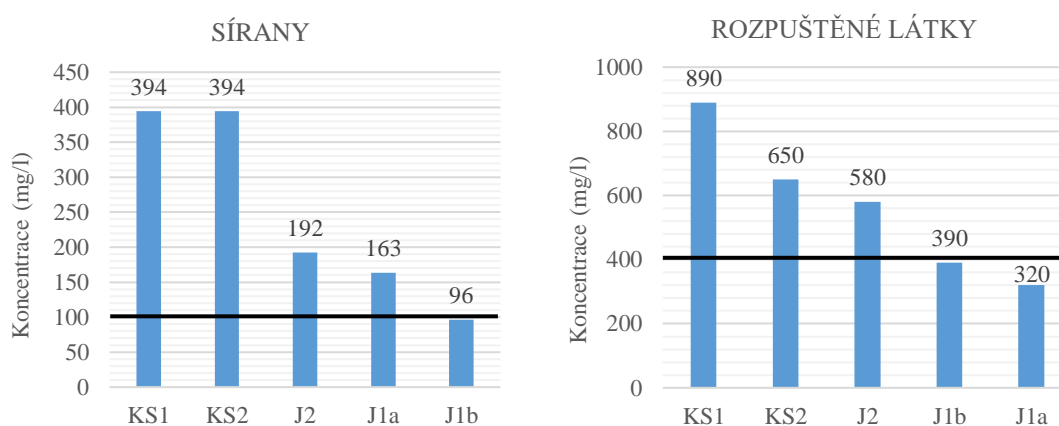
Označení vzorku	KS1	KS2	Odpady	Pitná voda	Podzemní voda
Hloubka (m) → Koncentrace (mg/l) ↓	0,5 - 3	4 - 5	Jižní část	V. 252/2004 Sb.	V. 5/2011 Sb.
Amonné ionty			17	0,5	0,5
Sírany	394	394		250	400
Dusitany			2,3	0,5	0,5
CHSK-Mn			9,6	3	3

Vysoká pravděpodobnost uvolňování z tělesa skládky a další migraci ve směru proudění podzemních vod byla zjištěna u polutantů: amonné ionty, sírany, dusitany, a CHSK_{Mn} . Limit pro pitnou vodu byl překročen u dusitanů a CHSK_{Mn} . Tato voda ovšem není a nebude určena pro pitné účely.

Ze zjištěných dat provedené analýzy rizik se dá předpokládat, že skládkové těleso podzemní vodu pod samotnou skládkou nijak neovlivňuje, jelikož s ní není v kontaktu. Za předpokladu zvýšené srážkové činnosti může dojít k vymývání škodlivin deponovaných odpadů.

6.4.2 Analýzy vzorků vodních výluhů odpadu

V níže uvedených grafech jsou uvedeny hodnoty koncentrace dvou látek, u kterých byly významně překročeny limitní hodnoty vyhlášky 294/2005 Sb., tř. výluhu I., u provedených vrtů a kopaných sond.



Obrázek 18: Výsledky analýz vodních výluhů, sírany a RL (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017)

KS1 směsný vzorek – 0,5-3 m
 KS2 směsný vzorek – 0,5-5 m
 J2 směsný vzorek – 1-10 m

J1a směsný vzorek – 0-5 m
 J1b směsný vzorek – 5-28,5 m
 — V. 294/2005 Sb., tř. výluhu I

Z grafů vyplývá, že analyzované vzorky nevyhověly limitům třídy vyluhovatelnosti I., kde je limitní koncentrace síranů 100 mg/l, u rozpuštěných látek 400 mg/l. To znamená, že tento odpad nelze deponovat na skládky S – IO, interního odpadu.

Z grafů na obrázku 18 dále vyplývá, že tyto analyzované vzorky vyhovují limitům třídy vyluhovatelnosti IIa, kde je stanovena limitní koncentrace síranů 3 000 mg/l, u rozpuštěných látek 8000 mg/l. To znamená, že by odpad mohl být deponován na skládkách S – OO, ostatní odpad.

Při analýze kovů byla dále v nadlimitních hodnotách třídy I detekována rtuť, a to u dvou vzorků J1a a KS2. Limitům třídy vyluhovatelnosti IIa s limitní koncentrací 0,2 mg/l však vyhověla.

Ze všech směsných vzorků odpadu, a na základě výsledků provedených analýz bylo konstatováno (CZ BIJO, 2017), že sledované koncentrace jsou velmi nízké, ale je zde znát určitý rozptyl, daný charakterem materiálu. Na základě těchto naměřených hodnot se dále nepředpokládá překročení limitní koncentrace pro třídu II.

6.4.3 Škodliviny v odpadech využívaných na povrchu terénu

6.4.3.1 Analýza těžké kovy

Za účelem posouzení potenciálního využití deponovaných odpadů v rámci terénních úprav bývalé skládky byly u dvou vzorků KS+J1 a KS1 provedeny screeningové analýzy dle vyhlášky 341/2008 Sb., skupiny 2, třídy II., v platném znění.

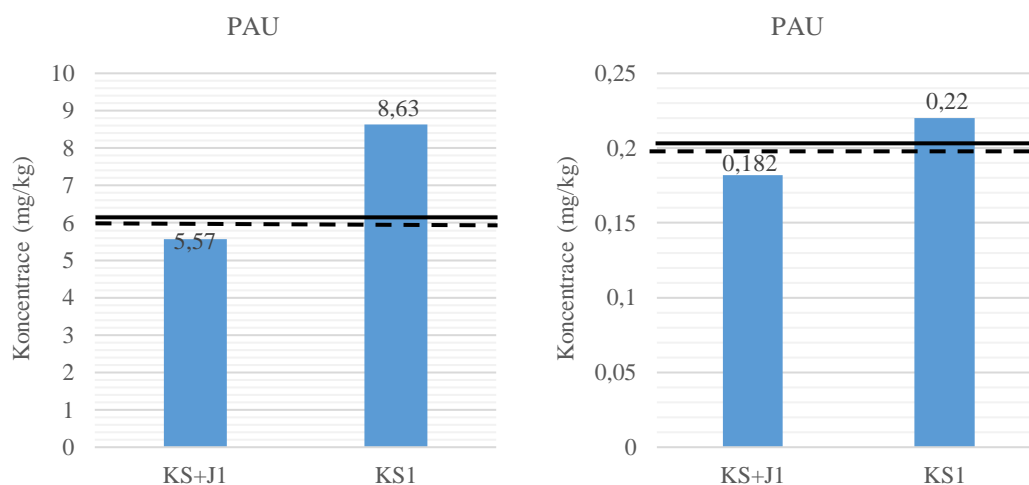
Dále jsou uvedeny koncentrace vzorků z analýzy provedené firmou CZ BIJO a.s., u kterých byly překročeny limitní hodnoty. Současně byly obsahy kovů porovnány s limity vyhlášky 294/2005 Sb., požadavky na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu, tabulka 10.1, limitní koncentrace škodlivin v sušině odpadů.

V rámci provedených analýz bylo (CZ BIJO, 2017) konstatováno, že obsahy kovů v porovnání s vyhláškou 294/2005 Sb., v platném znění pro odpady, je možné využít na povrchu terénu, jelikož naměřené koncentrace jsou pro komunální odpady běžné.

Dle vyhlášky 341/2008 Sb., koncentrace kovů pak vyhovuje daným limitům s výjimkou arsenu, kde byl překročen maximální limit skupiny 3, což je 40 mg/kg. Tato naměřená vysoká hodnota arsenu byla zřejmě důsledkem přítomnosti popela v deponovaném odpadu.

6.4.3.2 Analýza PAU a PCB

Následující grafy uvádí hodnoty PAU a PCB z monitoringu CZ BIJO a.s., v porovnání s vyhláškou 294/2005 Sb., tabulky 10.1, v platném znění a vyhláškou 341/2008 Sb., skupiny 2, třídy II., v platném znění.



Obrázek 20: Výsledky analýz koncentrace PAU a PCB (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017)

KS+J1 směsný vzorek
 ————— V. 341/2008 Sb., Sk.2, tř. II

KS1 směsný vzorek 0,5-3 m
 - - - - - V. 294/2005 Sb.

Z grafů na obrázku 20 vyplývá, že směsný vzorek KS1 + J1 překračuje limitní hodnoty pro obě dané vyhlášky, a to v případě PAU o cca 30 % a PCB o 10 %. Vzhledem k tomu, že se nejedná o vysoké překročení hodnot, v případě odpadů je tato hodnota akceptovatelná.

6.4.3.3 Výsledky ekotoxických testů

Ekotoxikologické testy byly prováděny prostřednictvím monitoringu na dvou směsných vzorcích. Vzorek KS1+J1 odebraný z jižní části skládky a vzorek J2 ze severního okraje skládky. Oba vzorky byly testovány dle 294/2005 Sb., a posouzení nebezpečné vlastnosti HP 14 dle vyhlášky 94/2016 Sb., v platném znění. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Výsledky HP 14 – ekotoxický testů dle vyhlášky 94/2016 Sb. (vlastní zpracování podle CZBIJO, 2017)

Zkušební organismus	Doba působení	Limitní hodnoty	Sonda J2
Ryba <i>Poecilia reticulata</i>	96 hodin	LC50 ≤ 10ml.l ⁻¹	>10
Perloočka <i>Daphnia magna</i> Straus	48 hodin	EC50 ≤ 10ml.l ⁻¹	>10
Řasa <i>Desmodesmus subspicatus</i>	72 hodin	IC50 ≤ 10ml.l ⁻¹	>10
Semeno <i>Sinapis alba</i>	72 hodin	IC50 ≤ 10ml.l ⁻¹	>10

Vzorek KS1+J1 splňuje podmínky z pohledu ekotoxikologických vlastností sloupce I a II, tabulky 10.2 vyhlášky 294/2005 Sb. o využití na povrchu terénu, v platném znění. U vzorku vrtné sondy J2 nebyly překročeny limitní hodnoty. U žádného zkušebního organismu nebylo dosaženo EC a IC 50, vlastnost HP 14 nebyla prokázána.

6.4.3.4 Přítomnost azbestu

Přítomnost azbestu byla testována ze vzorků z vrtů J1 v jižní části skládky, kdy byl vzorek odebírán z pěti etáží několika metrů až do hloubky 28,5m a z jádra vrtu J2 na severním okraji sládky. Přítomnost azbestu byla prokázána u vrtu J2, což odpovídá původnímu zavážení skládky, kdy byl historicky zavážen odpad obsahující azbest.

Dle výpočtu s limitem detekce užití metody 0,1 % hmotnosti při celkovém objemu 260 000 m³ uloženého materiálu, odpovídá přibližně 340 000 t. Dá se tedy pouze předpokládat, kolik tun azbestu je uloženo v celé skládce po různých místech. Teoreticky jde o 300 t azbestu.

Použitá krycí zemina kromě obsahu azbestu neobsahuje jiné škodliviny, a lze se domnívat, že byly použity navážky nekontaminovanou výkopovou zeminou (CZ BIJO, 2017).

6.4.4 Plynometrický průzkum

V rámci navazujících prací byl v listopadu 2017 proveden plynometrický průzkum ze zárazných sond a postupně z různých hloubek v rozmezí 0,1 - 0,5 m odebrán vzorek půdních plynů. Sledována byla objemová koncentrace CH₄, CO₂, O₂, N₂. Průzkum vykázal nulové hodnoty koncentrace metanu (CENIA, © 2018A).

6.5 Navrhovaná nápravná opatření

V rámci doporučených nápravných opatření bylo přihlédnuto k cílovým parametrům odstranění možných rizik a následně zvolit efektivní a technicky proveditelné řešení, kterému odpovídá i finanční náročnost. Zároveň byla nápravná opatření navržena v souladu s platnou legislativou, přičemž konečný stav nesmí znamenat žádná rizika pro okolí skládky.

Dle posudku „Konečné řešení skládky Lištice“, zpracovaného dle přílohy č. 5 k zákonu č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, v platném znění, vyhotoveného Ing. Pavlem Beranem, Ph.D. – Rustical B v červenci roku 2018, byly posuzovány tři reálné varianty řešení (CENIA, © 2018A).

Varianta A

Ponechání stávajícího stavu s následnými konečnými terénními úpravami. Tato varianta předpokládá minimální přesun hmot omezený na dovoz zemin za účelem technické rekultivace. S odpadem na skládce by nebylo nijak manipulováno (CENIA, © 2018A).

Srážkové vody budou zasakovány mimo těleso skládky. Na základě posouzení statiky stávající opěrné zdi přijmout odpovídající opatření, a to ve smyslu požadavku na zpevnění a zabezpečení čela skládky. Upravit nevhodný sklon svahu nad opěrnou zdí a zamezit uvolňování odpadu vzdušnou cestou (CENIA, © 2018B).

Varianta B

Vyklizení pozemků ve vlastnictví soukromého majitele a jiných doprovodných opatření s konečnou fází terénních úprav. Ve variantě se předpokládá odtěžit pouze část skládky s objemem cca 80 500 m³ odpadu, jeho následné třídění na místě s předpokládaným odvozem poloviny vytríděného odpadu v množství cca 40 250 m³ na skládku s odpovídajícím technologickým vybavením s tím, že druhá polovina vytríděného odpadu v množství cca 40 250 m³ bude využita v místě (CENIA, © 2018A). Tato varianta navrhuje odtěžit odpad z vymezeného prostoru s přihlédnutím na zjištěná rizika manipulace s dopadem obsahující azbest (CENIA, © 2018B).

Varianta C

Vyklizení celé skládky. Tato varianta předpokládá vytěžení celé kubatury navážených odpadů a jeho odvoz na vhodnou řízenou skládku včetně doprovodných opatření a s konečnou fází terénních úprav. Objem skládky je odhadován až na 240 000 - 260 000 m³ (CENIA, © 2018A). U této varianty se předpokládá vysoká finanční náročnost (CENIA, © 201 B).

Závazné stanovisko vydané dne 3. 9. 2018, k posouzení vlivů provedení záměru na životní prostředí podle ustanovení § 9a, odst. 1 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění, stanovilo na základě dokumentace, všech vyjádření doporučených k dokumentaci, vyjádření při veřejném projednávání i na základě posudku EIA k záměru „Konečné řešení skládky Lištice“ jednoznačně doporučit realizaci varianty A. Zároveň zde bylo uvedeno, že se dá předpokládat přítomnost dalších různorodých rizikových a toxických látek v tělese skládky, a proto byl navržen reprezentativní monitoring u všech variant pro kvalitnější vyhodnocení sledovaných veličin a zmapování migrace kontaminantů na lokalitě (CENIA, ©2018B).

7. VÝSLEDKY

7.1 Vlastní terénní šetření

Pro účel ověření závěrů předchozích průzkumů byly odebrány vzorky ze tří vybraných míst na dané lokalitě.

Směsné vzorky S2 a S3 byly odebrány nad čelem skládky ve sklonu svahu cca 75 %, kde odpad není zcela zakryt zeminou a kde dochází k jeho samovolnému uvolňování do okolí. Vzorky DR1 a DR2 což jsou drenážní výpustě ze skládky, kterými se částečně při vydatnějších deštích uvolňuje přebytečná vlhkost. Vzorky ZPS1 a ZPS3 ze zeminy pod patou skládky pro posouzení míry eventuálně unikajících kontaminantů po povrchu.

Tabulka 9 zobrazuje klimatický přehled základních mezních dat naměřených amatérskou meteorologickou stanicí Vysoký Újezd u Berouna, v den odběru vzorků.

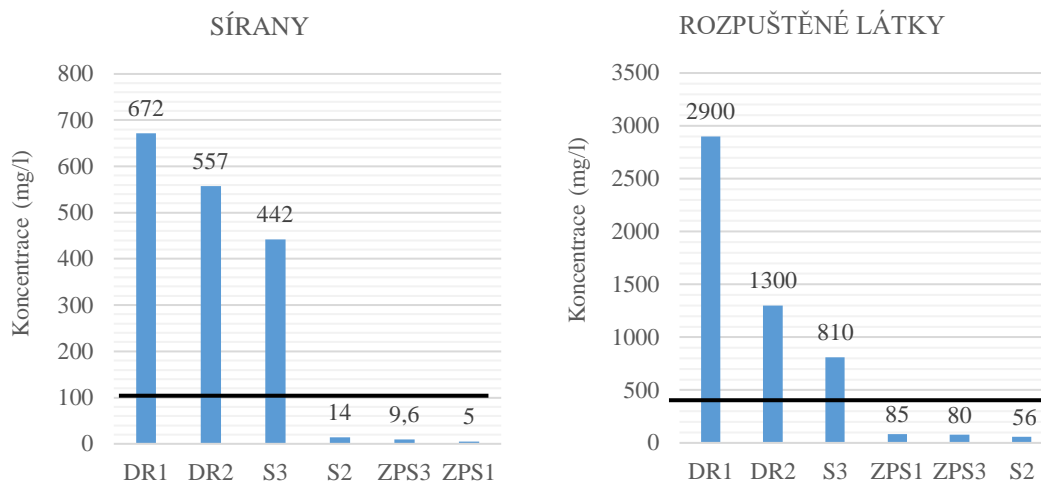
Tabulka 9: Klimatický přehled dne 21.11.2019 (vlastní zpracování podle Vumeteo, ©2020)

Den	Teplota průměr (°C)	Vlhkost maxima (%)	Max. náraz větru (m/s)	Směr větru (prům.)	Denní srážky (mm)	Max. intenzita srážek (mm/hod)
21.11.2019	7,3	88	4,7	J	1,2	3,6

7.2 Analytické a ekotoxikologické stanovení

Analýza síranů a RL

V níže uvedených grafech jsou naměřené koncentrace síranů a rozpuštěných látek u jednotlivých odebraných vzorků. Tyto látky byly vybrány pro porovnání s provedenou analýzou společnosti CZ BIJO a.s. u analýz vodních výluhů odpadu, jelikož u těchto látek jejich koncentrace překročila limitní hodnoty dané vyhláškou.



Obrázek 21: Výsledky analýz vodních výluhů, sírany a RL

DR1	drenážní výpust' – 0,6 m	ZPS3	pata skládky – 0,4 m
DR2	drenážní výpust' – 0,5 m	ZPS1	pata skládky – 0,4 m
S3	odkrytý svah – 1,5 m	———— V. 294/2005 Sb., tř. výluhu I	
S2	odkrytý svah – 0,5 m		

Z daných grafů uvedených na obrázku 21 vyplývá, že naměřená koncentrace nevyhověla limitům třídy vyluhovatelnosti I. Koncentrace u síranů i u rozpuštěných látek je 7x vyšší než limity dané vyhláškou. Vzorke vyhovely limitům třídy vyluhovatelnosti IIa a mohou být deponovány na skládkách S – OO, ostatní odpad. V porovnání s analýzou CZ BIJO a.s. jsou hodnoty analyzovaných vzorků vlastního výzkumu 2x vyšší.

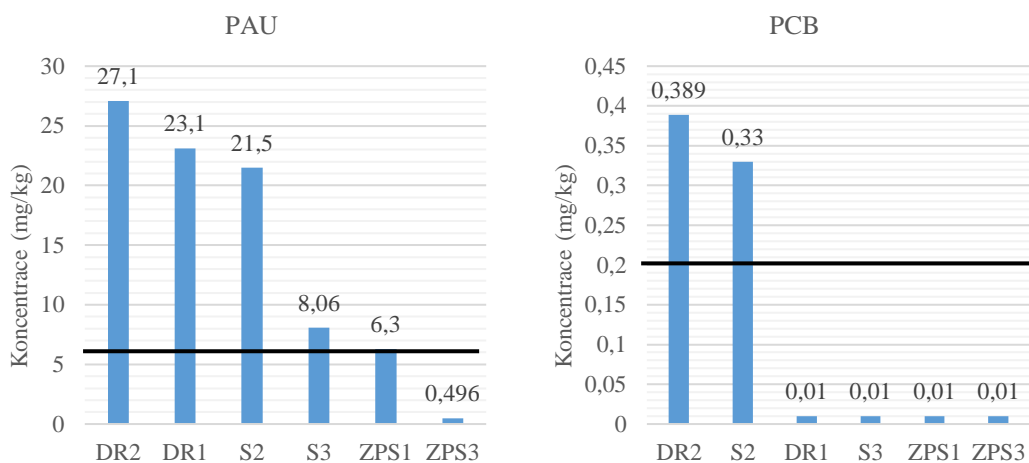
Dále bylo zjištěno, že u vzorku DR2 překračuje limitní koncentraci třídy vyluhovatelnosti IIa rozpuštěný organický uhlík (DOC) a to 1x nad limitní koncentrací.

Analýza těžkých kovů

U analýzy těžkých kovů dle vyhlášky 294/2005 Sb., v platném znění, nebylo v rámci vlastního terénního šetření detekováno žádné překročení limitů ani u jednoho výluhu analyzovaných vzorků.

Analýza PAU a PCB

V následujících grafech jsou uvedeny hodnoty PAU a PCB z jednotlivých odebraných vzorků a porovnání s vyhláškou 294/2005 Sb., v platném znění. V tomto případě byly koncentrace měřeny přímo v pevné matici.



Obrázek 22: Výsledky analýz koncentrace PAU a PCB

DR2	drenážní výpusť – 0,5 m	ZPS1	pata skládky – 0,4 m
DR1	drenážní výpusť – 0,6 m	ZPS3	pata skládky – 0,4 m
S2	odkrytý svah – 0,5 m	— V. 294/2005 Sb., tř. výluhu I	
S3	odkrytý svah – 1,5 m		

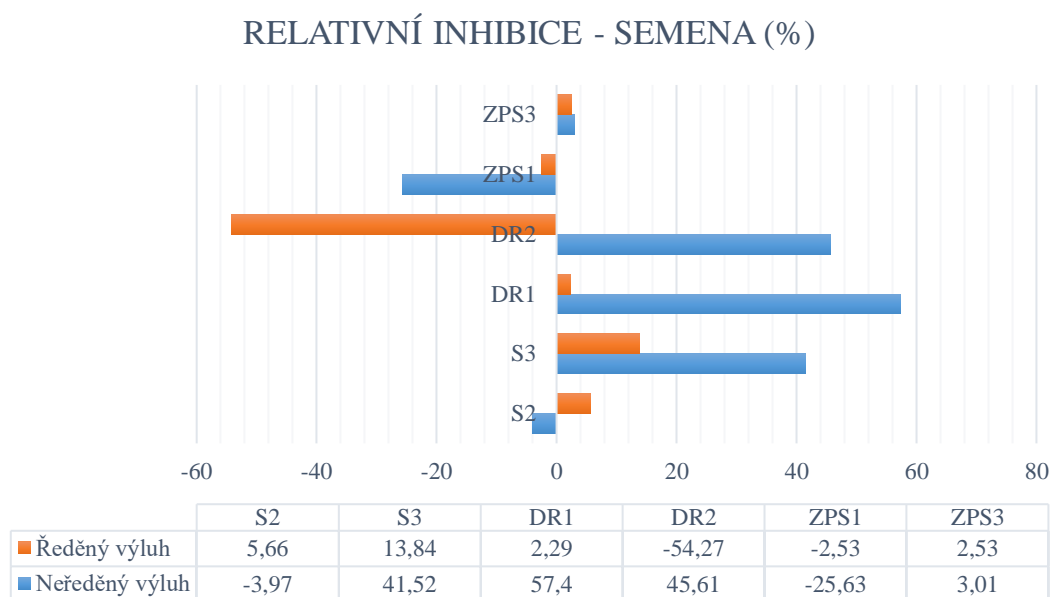
Při analýze pro koncentraci PAU a PCB bylo zjištěno, že suma PAU u vzorků S2, DR1 a DR2 výrazně překračují limitní hodnoty dané vyhláškou, vzorek S3 a ZPS1 vykazují mírné překročení. Suma PCB vykazuje mírné překročení u vzorků S2 a DR2. Všechny tyto vzorky byly odebírány přímo z tělesa skládky, vzorek ZPS1 přímo u její paty. U vzorku ZPS3, který byl odebírán cca 145 m od čela skládky, nebyly limitní hodnoty dané vyhláškou překročeny.

Analýza azbestu

Přítomnost azbestu byla detekována laboratoří Monitoring s.r.o., pouze ve vzorku S3, odebraného v rámci terénního průzkumu.

Ekotoxikologický test na semenech *Sinapis alba*

Následující graf porovnává výsledky výpočtu relativní inhibice na jednotlivých vzorcích ředěného a neředěného výluhu po 72 hod. expozice.



Obrázek 23: Výsledky testů na semenech *Sinapis alba*

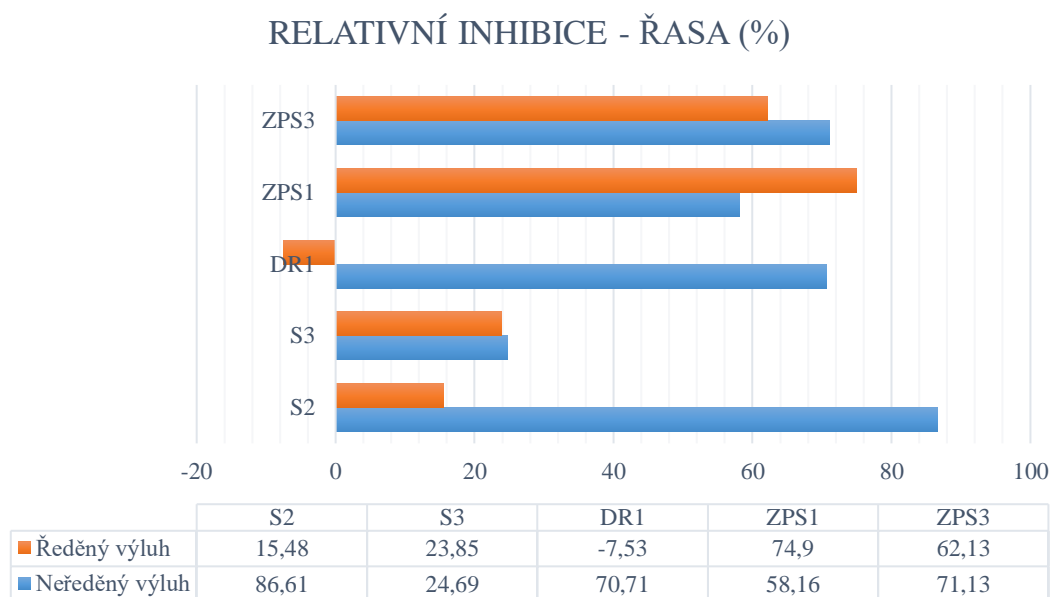
S2	odkrytý svah – 0,5 m	DR2	drenážní výpust' – 0,5 m
S3	odkrytý svah – 1,5 m	ZPS1	pata skládky – 0,4 m
DR1	drenážní výpust' – 0,6 m	ZPS3	pata skládky – 0,4 m

Inhibiční účinek byl u neředěného výluhu jednoznačně prokázán ze vzorků DR1 a DR2. V případě vzorku S3 byl rozdíl mezi stanoveními vyšší než 30 %, a proto nelze považovat výsledek inhibičního působení u tohoto vzorku za jednoznačný. U vzorku ZPS1 byla naopak prokázána stimulace pravděpodobně související s vyšším obsahem přirozených organických látek v zemině pod skládkou (stimulace však nepřesáhla limitních 30 %). U zbylých dvou vzorků byl pozorován minimální účinek.

U vzorků ředěného výluhu 1 : 10 byl výraznější inhibiční účinek naměřen pouze u ředěného výluhu vzorku S3, nicméně nepřesáhl 30 % v porovnání s kontrolními vzorky. V případě vzorku DR2 byl po naředění naopak pozorován významný stimulační efekt přesahující limitních 30 %. U zbylých vzorků byl účinek na klíčivost semen minimální (ať již pozitivní, či negativní).

Ekotoxikologický test na řase *Selenastrum capricornutum*

U všech vzorků (neředěných i ředěných) byla vykázána 100 % inhibice. Výsledky níže jsou po 16 dnech expozice (tj. 8x delší době) než uvádí příslušná ČSN norma.



Obrázek 24: Výsledky testů na řase *Selenastrum capricornutum*

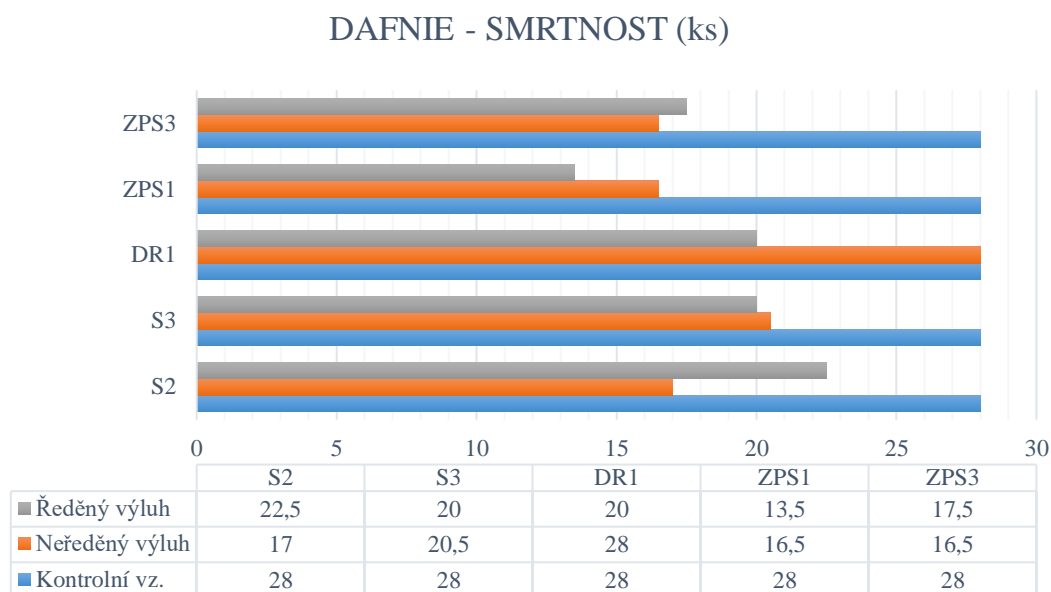
S2	odkrytý svah – 0,5 m	DR2	drenážní výpusť – 0,5 m
S3	odkrytý svah – 1,5 m	ZPS1	pata skládky – 0,4 m
DR1	drenážní výpusť – 0,6 m	ZPS3	pata skládky – 0,4 m

Inhibiční účinek byl naměřen u všech neředěných výluhů vzorků. Nejvyšší účinek byl naměřen ve vzorku S2, dále ZPS3 a DR1, vždy přesahující 30 %.

Inhibiční účinek byl naměřen také u všech ředěných výluhů, nejvyšší u ZPS1 a ZPS3, kdy byla míra inhibice vyšší než 30 %.

Ekotoxikologický test na dafnii *Daphnia pulex*

Dodržena doba expozice dle normy - 48 hod.



Obrázek 25: Výsledky testů na dafniích

S2	odkrytý svah – 0,5 m	DR2	drenážní výpusť – 0,5 m
S3	odkrytý svah – 1,5 m	ZPS1	pata skládky – 0,4 m
DR1	drenážní výpusť – 0,6 m	ZPS3	pata skládky – 0,4 m

Výrazný rozdíl vs smrtností dafnií u neřaděného výluhu nebyl sledován u žádného ze vzorků. Výluh vzorku DR1 prokázal identické hodnoty jako kontrola.

Výrazný rozdíl v úmrtnosti dafnií nebyl sledován ani u řaděných výluhů. Řaděné výluhy vzorků S3 a DR1 prokázaly nejvyšší smrtnost, ale i tak byla nižší než u kontroly.

7.3 Shrnutí míry znečištění a rizika

Předpokládaná plocha skládky je přibližně 35 ha a mocnost odpadu dosahuje přes 25 m. V zájmové lokalitě nebylo detekováno závažné znečištění, které by představovalo akutní míru rizika.

Na základě porovnání výsledků analýz CZ BIJO a.s. a analýz vlastního průzkumu, realizované v rámci této práce, bylo zjištěno, že u analyzovaných polutantů byly naměřeny podobné hodnoty. Z výsledků vyplývá, že znečištění v podzemní vodě nepředstavuje zjištělná rizika, jelikož nebyly zjištěny reálné transportní cesty

k příjemcům. Nedá se však vyloučit a je pravděpodobné, že v tělese skládky i podzemní vodě stále probíhají atenuační procesy, jež ovlivňují chování kontaminantů v prostředí. Vyhodnocení celkové bilance znečištění by předpokládalo rozsáhlejší průzkum tělesa skládky.

Na základě provedeného šetření byl aktualizován navrhovaný koncepční model možných scénářů znečištění a potenciálních rizik uvedený v kapitole 6.2. Stávající rizikové oblasti uvádí tabulka 10.

Tabulka 10: Aktualizovaný koncepční model

Riziková oblast	Transportní cesta	Příjemci rizik	Možná rizika
Areál skládky	Přímý kontakt, požití a inhalace kontaminovaného odpadu, prachových částic, vymývání škodlivin srážkovými vodami	Náhodní návštěvníci, obyvatelé v okolí, zvěř	Ano
		Dělníci provádějící stavební úpravy	Ano
		Povrchová voda v Berounce	Ano
Trasa dopravy odpadů s azbestem na jinou lokalitu		Obyvatelé na trase přepravy	Ano

Z tabulky 9 je zřejmé, že v současnosti vysokou míru rizika představuje:

- uvolňování a šíření azbestových vláken (prostřednictvím neodborné manipulace),
- špatné zabezpečení jižního čela skládky (v důsledku atmosférických vlivů dochází k distribuci odpadu vzdušnou cestou, dále technický stav opěrné zdi není v dostatečné míře bezpečný),
- možná kontaminace podzemní vody na odtoku z lokality,
- nedostatečné zamezení přístupu nepovolaným osobám.

8. DISKUZE

Analýza rizik zpracovaná společností CZ BIJO a.s. v roce 2017 prokázala skutečnost, že bývalá skládka TKO nepředstavuje akutní ani potencionální riziko pro žádnou složku životního prostředí, ani riziko pro místní obyvatele. Přesto bylo u některých látek detekováno překročení limitních hodnot stanovené vyhláškou. Z chemických analýz vzorků ze sítě monitorovacích vrtů provedené společností CZ BIJO a.s., lze lokalitu hodnotit jako silně znečištěnou zejména látkami anorganické povahy, konkrétně amoniakem, chloridy, sírany, hořčíkem, sodíkem, draslíkem a rtutí, což vzhledem ke skutečnosti, že je pravděpodobné, že se bývalá skládka nachází na vápencovém podkladu, může ovlivnit kvalitu podzemních vod. Proto shledávám za velmi opodstatněné navrhované doporučení CZ BIJO a.s. před samotnou realizací nápravného opatření vybudovat nový monitorovací systém pro kontrolu podzemních vod na odtoku z lokality a zmapovat migrační cesty potenciálně unikajících polutantů v zájmové lokalitě, kdy rozsah nových analýz bude vycházet ze zjištěných koncentrací detekovaných škodlivých látek.

Dále společnost zhotovitele analýzy rizik konstatovala fakt, že vrt, který by monitoroval kvalitu vody pod patou skládky, tj. pod opěrnou stěnou v údolí vedoucí k řece Berounce, nebylo možné z důvodu majetkoprávních vztahů realizovat.

K přihlídnutí ke skutečnosti, že v době „neřízené“ skládky nebyl navážený odpad kontrolován, ani nijak evidován, nelze tedy jednoznačně určit kvantitu ani prostorové rozložení historicky ukládaného nebezpečného odpadu. A právě z důvodu nedostatku informací lze těžko určit chemické a biologické procesy, které ve skládce probíhaly a s velkou pravděpodobností ještě probíhají. Na základě vlastních průzkumů i na základě závěru CZ BIJO a.s. tedy vyplývá, že vypracovaný přehled expozičních scénářů nelze považovat za neměnný a kompletní.

Dále nastává otázka, zda uvedené varianty nápravných opatření budou vyhovovat v dostatečné míře odstranění kontaminantů z tělesa skládky. K úvaze se zde nabízí i možnost využití jiné sanační technologie, například biologické, chemické nebo fyzikálněchemické metody v kombinaci podpory jiné sanační techniky. Provedení by probíhalo „*in situ*“ přímo v horninovém prostředí kontaminované lokality na tělese skládky. Výběrem vhodné metody by mohlo dojít k vyčištění zejména PAU a PCB.

Nevýhodou těchto metod zůstává jejich poměrně vysoká cena a komplikované technické řešení.

Nápravné opatření uvedené ve variantě A, které bylo doporučeno ve stanovisku k posouzení vlivů provedení záměru na životní prostředí, tedy ponechání stávajícího stavu s následnými konečnými terénními úpravami, se jeví jistě jako nejvýhodnější řešení z hlediska dosažitelnosti jak technické, zejména ekonomické.

Pokud budeme vycházet z tvrzení již zmíněné provedené analýzy rizik, že současný stav bývalé skládky nepředstavuje žádná akutní rizika pro obyvatele a ani okolní ekosystémy, nelze opomenout fakt přítomnosti azbestu. Monitoring společnosti CZ BIJO a.s. prokázal přítomnost azbestu pouze u vrtu J2, ale přítomnost vláken amfibolů byla detekována i ve vzorku S3 provedeného vlastním terénním šetřením. Vzhledem ke skutečnosti, že vzorek S3 byl odebírán z místa přímo nad opěrnou zdi čela skládky, a to v maximální hloubce 1,5 m pouze s pomocí ručního zemního vrtáku, dá se předpokládat samovolné uvolňování azbestových vláken z tohoto místa i při silném větru.

Přítomnost azbestu dále souvisí s realizací nápravných opatření týkajících se variant vytěžení odpadu (B a C), buď částečného či celé kubatury navážených odpadů. Vyhláška č. 294/2005 Sb., § 7 - technické požadavky na ukládání odpadů z azbestu na skládky písmeno d), v platném znění, uvádí, že se na skládce nesmí provádět žádné vrtné, výkopové a jiné práce, které by mohly vést k uvolnění vláken azbestu. V případě staré ekologické zátěže je ovšem mnohdy nápravné opatření žádoucí, ale v případě nevhodně realizovaných sanačních i rekultivačních prací hrozí možný rozptyl azbestových vláken vzduchem. Pokud by byla volena varianta odtěžení, každopádně by tento odpad měl být deponován dle dalších požadavků na technicky zabezpečené skládky kategorie S-OO1, S-OO3 za podmínek stanovených ve výše uvedeném § 7 a skládky kategorie S-NO.

Současný stav čela skládky, kde byl mimo jiných odebírán vzorek S3, je ve stavu dlouhodobě neudržitelném. Stále zde hrozí riziko sesuvu odpadu ze staticky nezabezpečeného svahu, kdy opěrná železobetonová zeď již vykazuje značné známky poškození v podobě prasklin. Těleso skládky není nijak izolováno od pronikajících srážkových vod, a v důsledku přívalových dešťů lze předpokládat možné nasáknutí jednotlivých vrstev skládky, což by mohlo způsobit zvyšování hydrodynamických

tlaků v tělese sládky, jimž by narušená zeď nemusela odolat. Právě z těchto důvodů by se konečné řešení nemělo dlouhodobě odkládat.

Jelikož se celou kauzou Lištické skládky táhne již několik let soudní spor mezi městem Beroun a soukromou osobou, která je majitelem dvou pozemků na řešené lokalitě, je celkové řešení velmi problematické.

Podle posledních zjištění město Beroun obdrželo rozsudek Nejvyššího soudu v kauze skládky Lištice, kde v prvním výroku byl zamítnut nárok vysokého finančního odškodnění soukromému majiteli a druhý výrok zrušil původní rozsudky Krajského soudu v Praze a navazující rozsudek Okresního soudu v Berouně ve výrocích, kterými bylo městu uloženo vyklidit části pozemků na obou parcelách, které jsou v katastru evidovány jako vlastnictví soukromého majitele (NOVINY KRAJE, ©2020). Z dostupných informací města Beroun (©2019), je neustále vyvíjena snaha o vybudování a provoz monitorovacího systému podzemních vod, jehož projekt navrhovala společnost CZ BIJO a.s. v roce 2017.

Dle vyjádření samotného soukromého majitele je spor mezi ním a městem Beroun veden od roku 1991, kdy závozy na skládku začaly zasahovat na jeho pozemky (KVĚTOSLAV ŠEBELA, XI. 2019, IN VERB.).

S ohledem na CHKO, místní zvěř a hrající si děti, které se mohou bez zábran dostat přímo až k místu skládkového tělesa doufám, že se celá situace rychle vyřeší a budou eliminovány všechny negativní dopady.

9. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Bakalářská práce se zabývá obecnými a legislativními zásadami a postupy při zpracování analýzy rizik ekologických zátěží starých nezabezpečených skládek a definuje řešení možných nápravných opatření a sanačních technologií vedoucích k jejich likvidaci. Současně popisuje postup zpracování analýzy rizik kontaminovaných míst dle MP MŽP z roku 2011. V případové studii je řešena bývalá skládka TKO Beroun – Lištice, u které byly hodnoceny možné negativní dopady na okolní ekosystém a zdraví obyvatel. Jsou zde uvedeny tři varianty nápravných opatření navrhované společností CZ BIJO a.s., které byly v posudku zhotoveného dle zákona č. 100/2001 Sb. posuzovány a vybrány jako reálné řešení pro danou lokalitu.

Aktualizace monitoringu rizikových látek realizovaná v bakalářské práci neprokázala významné překročení limitních parametrů, a tedy ani bezprostřední ohrožení kontaminací okolních ekosystémů, ani ohrožení obyvatel. Nicméně, na základě vlastního terénního průzkumu dané lokality, lze konstatovat, že současný stav skládky je nevyhovující, nejen z pohledu krajinného rázu, ale hlavně z pohledu technicky nezajištěného a nestabilního samotného tělesa skládky. Dále je zde riziko uvolňování azbestových vláken, která byla detekována ve vzorku odebraného z vrchní části tělesa skládky.

Přínosem bakalářské práce je dokumentace současného stavu a aktualizace analýzy rizik bývalé skládky TKO nacházející se v lokalitě Beroun – Lištice s cílem podpořit snahu o její odstranění v budoucnu a tím zlepšení kvality životního prostředí v okolí CHKO Český kras, řeky Berounky i města Berouna. Cíle bakalářské práce byly tak zcela naplněny.

10. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Odborné publikace

- BLATKA, B., RUBÍN, J., 2006: Přírodní klenoty České republiky. Vyd. 1., Academia, Praha. 318 s. ISBN 80-200-1377-6.
- BRUTHANS, J., ZEMAN, O., 2000: Odborný časopis pro regionální výzkum, Vydání 26/2000, Muzeum Českého krasu, Nové poznatky o hydrogeologii Českého krasu. S. 41-49.
- ČERVENKA, V., 2006: Azbest a jeho nebezpečnost: vybrané kapitoly ze základní problematiky azbestu. Skanska CZ, Praha. 202 s. ISBN 80-254-0002-6.
- DODSON, R., HAMMAR, S. [eds.], 2012: Asbestos. Risk Assessment, Epidemiology, and Health Effects, Second Edition, 680 s.
- HARRIS, L.V., KAHWA, I.A., 2003: Asbestos. Old foe in 21st century developing countries, Science of Total Environment, svazek: 307. S. 1–9.
- HINCHEE, R.E., ARTHUR, M. 1991: Bench Scale Studies of the Soil Aeration Process for Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon Soil. Appl. Biochemistry and Biotechnology, 28/29, S. 287-289.
- HOFFMAN, D., RATTNER, B., BURTON, JR. G., CAIRNS, JR. J. 2003: Handbook of ecotoxicology. second edition, Boca Raton, Florida: Lewis publishers. S. 855-860.
- HROMAS, J. [ED.], 2009: Chráněná území ČR. XIV., Jeskyně. Vyd. 1. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 608 s. ISBN 978-80-87051-17-7.
- LOUČKA, T., 2014: Chemie životního prostředí. Univerzita J.E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem. 163 s.
- JANČÁŘOVÁ, I., 2008: Právní prostředky a cesty k řešení ekologických zátěží. Vyd.1., Masarykova univerzita, Brno. 227 s.
- KURAŠ, M., 2008: Odpadové hospodářství. Vyd. 1., Ekomonitor, Chrudim. 143 s. ISBN 978-80-86832-34-0.
- KURAŠ, M., 2014: Odpady a jejich zpracování. Vyd. 1., Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim. ISBN 978-80-86832-80-7.
- KVĚTOŇ, V., VOŽENÍLEK, V., 2011: Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta za období 1961-2000 = Climatic regions of the Czech Republic. S. 6. ISBN 978-80-86690-89-6.

- LANDA, I., KOVALSKÁ, G., 2001: Vlivy na životní prostředí – rizika uzavřených skládek. Odpady 6. S.11-12.
- LAWRENCE, K., WANG, 2009: Heavy Metals in the Environment. S. 3-12.
- MATĚJŮ, V. [ED.], 2006: Kompendium sanačních technologií. Vyd., 1., Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim. 255 s. ISBN 80-86832-15-5.
- MATĚJŮ, V., 2016: Integrované sanační technologie. Vyd. 1., Vodní zdroje Ekomonitor Chrudim. 263 s. ISBN 978-80-86832-91-3.
- MOLDAN, B., HÁK, T., 2000: Ten years on, environment and quality of life after ten years of transition. Charles University, Prague. 50 s. ISBN 80-238-5946-3.
- OLMER, M., KESSL, J., 1990: Hydrogeologické rajóny - Hidrogeologičeskije rajony - Hydrogeological zones. Výzkumný ústav vodohospodářský, Praha. 154 s. ISBN 80-209-0114-0.
- PERŠÍN, J., 2019: Odborný časopis pro regionální výzkum. Vyd. 45/2019, Poznámky k faciálnímu vývoji břidlic šareckého a dobrotivského souvrství v severovýchodním okraji pražské pánve, Muzeum Českého krasu. S.5-28.
- PROKEŠ, J. [ED.], 2005: Základy toxikologie, Obecná toxikologie a ekotoxikologie. Vyd., 1. Praha. 248 s. ISBN 80-7262-301-X.
- ROSENFELD, P.E., FENG, L., 2011: The Risks of Hazardous Wastes. Binghamton: Elsevier Science & Technology Books. 473 s.
- SAMUELSON, J.P., 2008: Industrial Waste. Environmental Impact, Disposal and Treatment Hauppauge, Nova Science Publishers. 420 s.
- VANÍČEK, I., 2002: Sanace skládek, starých ekologických zátěží. Vydavatelství ČVUT, Praha. 247 s. ISBN: 80-01-02438-5.
- SCHETTER, T., SOLOMON, G., VALENTI, M., HUDDLE, A., 1999: Generations at risk, Reproductive health and the environment, MIT Press, Massachusetts. S. 57–65.
- PFUP, 1993: Podkladové materiály pro koncepční řešení zátěží životního prostředí způsobených starými a nevyhovujícími skládkami. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Olomouc. 206 s.
- ŠTAMBERG, K., 1996: Modelování migračních procesů v životním prostředí. Vyd. 1. ČVUT, Praha. 120 s. ISBN 80-01-01510-6.
- TUHÁČEK, M., JELÍNKOVÁ, J., 2015: Právo životního prostředí, praktický průvodce, Praha. 279 s. ISBN 978-80-247-5464-2.

- VESELÝ, J., HADRAVOVÁ, A., 2019: Odborný časopis pro regionální výzkum, Vydání: 45/2019. Hnízdění ledňáčka říčního v CHKO Český kras a v blízkém okolí v roce 2019, Muzeum Českého krasu. S. 67-73.
- VRÁBLÍKOVÁ, J., JUREKOVÁ, Z., VRÁBLÍK, P., 2010: Udržitelné hospodářství v krajině Podkrušnohoří. Vyd. 1., Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem. 181 s. ISBN 978-80-7414-322-9.

Legislativní zdroje

- NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 401/2015 SB., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění.
- VYHLÁŠKA Č.5/2011 SB., o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod, v platném znění.
- VYHLÁŠKA Č. 252/2004 SB., stanovující hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění.
- VYHLÁŠKA 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, v platném znění.
- ZÁKON Č.100/2001SB., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění.
- ZÁKON Č.185/2001SB., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v pozdějším znění a prováděcí předpisy k tomuto zákonu, v platném znění.
- ZÁKON Č. 167/2008 SB. o předcházení ekologické újme a o její nápravě a o změně některých zákonů, v platném znění.

Internetové zdroje

- AOPK, ©2020: Správa CHKO Český kras, (online) [cit. 2020.03.02], dostupné z <<http://ceskykras.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>>.
- CENIA, ©2018A: Konečné řešení skládky Lištice – Posudek dle přílohy č. 5 k zákonu č. 100/2001 Sb. (online) [cit. 2020.03.20], dostupné z <https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX1NUQzIxNTBfcG9zdWRla0RPQ183OTIyOTQ0NDI3MjI1ODk2MDYxLnBkZg/STC2150_posudek.pdf>.
- CENIA, ©2018B: Konečné řešení skládky Lištice – Závazné stanovisko k posouzení vlivů provedení záměru na životní prostředí dle zákona 100/2001 Sb. (online) [cit. 2020.03.20], dostupné z <https://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_STC2150>.
- ČHMÚ, ©2020: Hydrogeologické rajóny ČR, (online) [cit. 2020.02.23], dostupné z <<http://hydro.chmi.cz/ismnozstvi/ciselnik.php?id=hgr50&ordrstr=ID&filter=1&fid=6240&fnm=&ok=Filtruj>>.
- ENVIWEB, ©2012A: Zpravodajství životního prostředí, Černé skládky, podrobný právní rozbor, (online) [cit. 2020.01.17], dostupné z <<http://www.enviweb.cz/93573>>.
- ENVIWEB, ©2012B: Staré ekologické zátěže, (online) [cit. 2020.01.20], dostupné z <<http://www.enviweb.cz/91587>>.
- IRZ, ©2019: Integrovaný registr znečišťování, (online) [cit. 2019.12.03], dostupné z <https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/PAU_PAH.pdf>.
- EPA, ©2019A: Agentura pro ochranu životního prostředí, Polychlorinated Biphenils (PCBs) (online) [cit. 2019.11.27.], dostupné z <<https://www.epa.gov/pcbs/learn-about-polychlorinated-biphenyls-pcbs#healtheffects>>.
- EPA, ©2019B: Agentura pro ochranu životního prostředí, pokyny pro posuzování rizik, (online) [cit. 2019.12.28.], dostupné z <<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidelines#tab-2>>.
- ČAOH, ©2019: Česká asociace odpadového hospodářství (online) [cit. 2019.11.27.], dostupné z <<http://www.caoh.cz/odborne-clanky-a-aktuality/odpadove-zakony-jsou-v-meziresortnim-pripominkovem-rizeni.html>>

- MAPY, ©2020: Mapový portál, (online) [cit. 2020.02.16.], dostupné z <<https://mapy.cz/turisticka?mojemapy&x=14.2472523&y=49.9502460&z=12&l=0&cat=mista-trasy>>.
- MATĚJŮ, V., ©2011: Přírozená atenuace, (online) [cit. 2020.01.12.], dostupné z <http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/file/seminare/2011-03-30/prezentace/1_Mateju.pdf>.
- MATĚJŮ, V., ©2012: Náprava ekologických škod (online) [cit. 2020.01.12.], dostupné z <https://is.muni.cz/el/1431/podzim2012/ENV008/um/Cast_1_2012.pdf>.
- MĚSTO BEROUN, ©2019: Žádost o informaci – doklady související s bývalou skládkou (online) [cit. 2020.04.25.], dostupné z <<https://www.mesto-beroun.cz/mesto-a-urad/povinne-informace/poskytnute-informace-podle-zakona-c-106-1999-sb/inf-57-2019-zadost-o-informaci-doklady-souvisejici-s-byvalou-skladkou-listice-16863.html?ftresult=Li%C5%A1tice>>.
- MŽP, ©2019A: Staré ekologické zátěže, respektive kontaminovaná místa (online) [cit. 2019.11.27.], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/stare_ekologicke_zateze>.
- MŽP, ©2019B: Zprávy o stavu životního prostředí (online) [cit. 2019.11.27.], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi_publicace>.
- MŽP, ©2019C: Databáze SEKM dostává novou podobu (online) [cit. 2020.05.07.], dostupné z <https://www.mzp.cz/cz/news_20191018_SEKM_aktualizace_odstavka>.
- NATURA 2000, ©2020: Úřední věstník Evropské unie (online) [cit. 2020.03.06.], dostupné z <<http://www.nature.cz/natura2000-design3/sub-text.php?id=7012>>.
- NKÚ, ©2019: Nejvyšší kontrolní úřad. Staré ekologické zátěže a kontaminovaná místa v ČR (online) [cit. 2019.11.28.], dostupné z <<https://www.nku.cz/assets/kontrola/analyzy/analyza-ekologicke-zateze.pdf>>.
- NOVINY KRAJE, ©2020: Nejvyšší soud rozhodl v kauze Lištice (online) [cit. 2020.05.19.], dostupné

z <<https://www.novinykraje.cz/blog/2019/10/30/nejvyssi-soud-rozhodl-v-kauze-listice/>>

- SEKM 3, ©2020: Systém evidence kontaminovaných míst ČR (online) [cit. 2020.04.24.], dostupné z <<https://www.sekm.cz/portal/>>.
- SLEPÁ MAPA ČR, ©2020: Mapa ČR, (online) [cit. 2020.02.16.], dostupné z <<https://korthar2015z.blogspot.com/2018/10/slepa-mapa-cr.html>>.
- VŠB, ©2019: Geologie, přednáška fluviální procesy a reliéfy jimi vznikající (online) [cit. 2019.02.15.], dostupné z <http://geologie.vsb.cz/geomorfologie/Prednasky/9_kapitola.htm>.
- WWF, ©2019: Persistentorganicpollutants, Toxic, Persistent, and Pervasive (online) [cit. 2019.10.27.], dostupné z <http://wwf.panda.org/knowledge_hub/teacher_resources/webfieldtrips/toxics/or_chemical_world/pops/?type1>.
- VUMETEO, ©2020: Vysoký Újezd u Berouna, Amatérská meteorologická stanice, (online) [cit. 2020.03.09.], dostupné z <<http://www.vumeteo.cz/infos.php>>.

Ostatní zdroje

- AOPK, 2010: Správa chráněné krajinné oblasti Český kras, odborné stanovisko č.j.: 00910/CK/2010, Karlštejn.
- CZ BIJO, 2017: Management a služby pro životní prostředí. Analýza rizik Beroun – Lištice, 74 s.
- FŽP, 2019: Analytická laboratoř. Ekotoxikologické stanovení vzorků. Praha 6.
- MONITORING, S.R.O., 2019: Analytická laboratoř, Areál VÚV T.G.M., Podbabská 30, Praha 6.
- MŽP, 2011A: Metodický pokyn k plnění databáze SEKM včetně hodnocení priorit. Věstník MŽP, č. 3, březen 2011, 10 s.
- MŽP, 2011B: Metodický pokyn Analýza rizik kontaminovaného území. Věstník MŽP, XXI, č. 3, březen 2011, 52 s.
- MŽP, 2013: Metodický pokyn Indikátory znečištění. Věstník MŽP, č. 1/2014, 9 s.
- MŽP, 2016: Metodika 5.2 odstranění starých skládek odpadů provozovaných obcemi před rokem 1995-1996 za využití podpory z Operačního programu životního prostředí ČR, 11 s.
- MUZEUM ČESKÉHO KRASU: Příspěvková organizace, Husovo náměstí 87, 266 01 [Beroun, 23.02.2020].

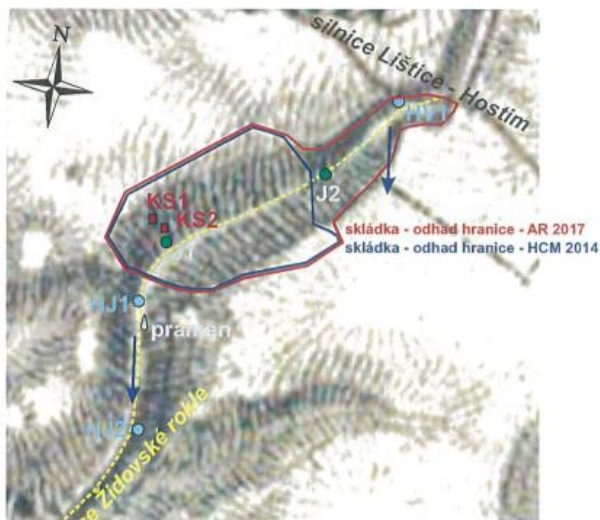
Seznam obrázků

Obrázek 1: Počet evidovaných kontaminovaných lokalit v ČR (vlastní zpracování podle SEKM3, ©2020)	7
Obrázek 2: Mechanismy šíření kontaminace ze skládek (vlastní zpracování podle PFUP, 1993).....	14
Obrázek 3: Mechanismy šíření kontaminace ze skládky do ovzduší (vlastní zpracování podle PFUP, 1993)	15
Obrázek 4: Příklad koncepčního modelu-schematický řez (MŽP, ©2011B).....	18
Obrázek 5: Schéma podpovrchových vod (VSB, ©2019).....	28
Obrázek 6: Opěrná zeď a nefunkční jímka pod skládkou (CZ BIJO, 2017).....	34
Obrázek 7: Místo zájmové oblasti na mapě ČR (vlastní zpracování podle SLEPÁ MAPA ČR, ©2020).....	34
Obrázek 8: Širší okolí lokality (vlastní zpracování podle MAPY, ©2020).....	35
Obrázek 9: Rozsah vrstvy hydrogeologického rajónu (ČHMÚ, ©2020)	38
Obrázek 10: Zájmová lokalita v CHKO, zonace (vlastní zpracování podle AOPK, ©2020).....	39
Obrázek 11: Čelo skládky směr k Berounce dne 21.11.2019	41
Obrázek 12: Odběr vzorku S2 Obrázek 13: Odběru vzorku S3	42
Obrázek 15: Odběr vzorku DR2.....	43
Obrázek 14: Odběr vzorku DR1.....	43
Obrázek 16: Odběr vzorku ZPS1 Obrázek 17: Odběr vzorku ZPS3	44
Obrázek 18: Výsledky analýz vodních výluhů, sírany a RL (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017).....	55
Obrázek 19: Výsledky analýz, těžké kovy (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017)...	57
Obrázek 20: Výsledky analýz koncentrace PAU a PCB (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017).....	58
Obrázek 21: Výsledky analýz vodních výluhů, sírany a RL.....	63
Obrázek 22: Výsledky analýz koncentrace PAU a PCB	64
Obrázek 23: Výsledky testů na semenech <i>Sinapis alba</i>	65
Obrázek 24: Výsledky testů na řase <i>Selenastrum capricornutum</i>	66
Obrázek 25: Výsledky testů na daňních.....	67

Seznam tabulek

Tabulka 1: Popis expozičních scénářů koncepčního modelu (vlastní zpracování podle MŽP, ©2011B).....	19
Tabulka 2: Klimatická oblast jednotky T2 (vlastní zpracování podle KVĚTOŇ ET VOŽENÍLEK., 2011).....	36
Tabulka 3: Přehled odebraných vzorků	45
Tabulka 4: Koncepční model znečištění (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017)	51
Tabulka 5: Odebrané vzorky (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017)	52
Tabulka 6: Porovnání analýz podzemní a povrchové vody (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017).....	53
Tabulka 7: Výsledky analýz podzemní a povrchové vody z vodních výluhů odpadu (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017).....	54
Tabulka 8: Výsledky HP 14 – ekotoxický testů dle vyhlášky 94/2016 Sb. (vlastní zpracování podle CZ BIJO, 2017)	59
Tabulka 9: Klimatický přehled dne 21.11.2019 (vlastní zpracování podle Vumeteo, ©2020).....	62
Tabulka 10: Aktualizovaný koncepční model.....	68

11. PŘÍLOHY



LEGENDA:

- HV1 vystrojený vrt s odběry vzorků podzemní vody v r. 2017
- HJ1, HJ2 vystrojený vrt s odběry vzorků podzemní vody v r. 2017 v r. 1991 a 2000
- odhad směru proudění podzemní vody
- nevystrojený průzkumný vrt s odběry pevných vzorků (r. 2016)
- bagrovaná sonda s odběry pevných vzorků (r. 2016)
- bagrovaná sonda - průzkum výskytu azbestu (r. 2014)

Příloha 1: Sondy CZ BIJO (CZ BIJO, 2017)



Příloha 2: Fotodokumentace – odebrané vzorky



Příloha 3: Fotodokumentace lokality – povrch svahu nad opěrnou zdi



Příloha 4: Fotodokumentace lokality – pohled z opěrné zdi



Příloha 5: Fotodokumentace lokality – opěrná zeď čela skládky směr Židovská rokle