

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky



Analýza možnosti sanace staré ekologické zátěže

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Bc. Petr Junga, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Zuzana Balušková

Brno 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci na téma *Analýza možnosti sanace staré ekologické zátěže* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne

.....

podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce panu Ing. Bc. Petru Jungovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a vřelou pomoc vedoucímu diplomové, kterou mi poskytl při psaní této práce. Také bych chtěla poděkovat vedoucímu oddělení lagun panu Ing. Kamilu Prokešovi za poskytnutí informací a spolupráci na mé diplomové práci. Děkuji zároveň své rodině za podporu a pomoc a všem svým kolegům za podnětné připomínky.

Abstrakt

Tato diplomová práce se věnuje problematice starých ekologických zátěží. V části literárního přehledu jsou shrnuty obecné informace o starých ekologických zátěžích, postup před výběrem sanace dané zátěže, sanační technologie jak pro saturovanou, tak pro nesaturovanou zónu, dále rozděleny na biologické a fyzikálně chemické metody. V závěru je shrnuta průřezová legislativa týkající se starých ekologických zátěží. V samotné praktické části byla vybrána konkrétní stará ekologická zátěž, a to Laguny Ostramo v městě Ostrava. Byla zhodnocena na základě analýzy rizik a byly navrženy návrhy na postup pro dokončení sanace.

Klíčová slova: stará ekologická zátěž, polutanty, kontaminanty, podzemní voda, sanace, ropné uhlovodíky

Abstract

This Master's thesis is devoted to the issue of old ecological burdens. Literal review summarizes general information about old ecological burdens, selection process of remediation, remediation technologies, in both saturated and unsaturated zones, further divided into biological, physical and chemical methods. Within the content cross-cutting legislation regarding to old ecological burdens is summarized. Second part of this thesis is dedicated to specific old ecological burden namely Laguny Ostramo in Ostrava. Selected burden was evaluated by the risk analysis and proposals for the completion of remediation was suggested.

Key words: old ecological burden, pollutants, contaminants, groundwater, remediation, petroleum hydrocarbons

Obsah

1	ÚVOD	- 9 -
2	Cíl	- 11 -
3	Literární přehled	- 12 -
3.1	Staré ekologické zátěže	- 12 -
3.1.1	Analýza rizik	- 14 -
3.2	Kontaminanty	- 15 -
3.3	Metodika sanace a rekultivace starých ekologických zátěží	- 16 -
3.3.1	Fáze sanačního procesu	- 16 -
3.3.2	Fáze rekultivačního procesu	- 17 -
3.4	Sanační technologie	- 18 -
3.4.1	Technologie ošetřování nesaturované zóny a pevných materiálů	- 19 -
3.5	Biologické sanační metody	- 20 -
3.5.1	Bioventing	- 21 -
3.5.2	Kometabolický bioventing	- 22 -
3.5.3	Podporovaná bioremediace	- 23 -
3.5.4	Fytoremediace a rhizoremediace	- 24 -
3.6	Fyzikálně chemické sanační metody	- 25 -
3.6.1	Chemická oxidace	- 26 -
3.6.2	Elektrokinetická dekontaminace	- 26 -
3.6.3	Narušování struktury, štěpení	- 27 -
3.6.4	Vymývání půdy	- 28 -
3.6.5	Venting	- 28 -
3.6.6	Solidifikace a stabilizace	- 29 -

3.6.7	Metody tepelného ošetření a tepelné podpory	- 30 -
3.6.8	Zakrytí uzavření a enkapsulace.....	- 30 -
3.6.9	Vitrifikace	- 31 -
3.6.10	Chemická extrakce.....	- 31 -
3.6.11	Chemická oxidace/redukce	- 32 -
3.6.12	Fyzikálně mechanická separace	- 32 -
3.6.13	Praní půdy a pevných materiálů.....	- 32 -
3.6.14	Spalování	- 33 -
3.6.15	Technologie termické desorpce	- 33 -
3.7	Technologie čištění vod.....	- 34 -
3.8	Biologické postupy.....	- 34 -
3.8.1	Podporovaná bioremediace	- 35 -
3.8.2	Biosparging	- 36 -
3.8.3	Bioslurping.....	- 36 -
3.8.4	Biologické reaktivní bariéry	- 36 -
3.8.5	Přirozená, monitorovaná a podporovaná atenuace	- 37 -
3.8.6	Bioreaktory	- 37 -
3.9	Fyzikální a chemické metody.....	- 38 -
3.9.1	Air sparging	- 38 -
3.9.2	Metody tepelného ošetření.....	- 38 -
3.9.3	Vertikální bariéry	- 39 -
3.9.4	Hluboká injektáž	- 39 -
3.9.5	Hydraulické a pneumatické štěpení, torpedace.....	- 39 -
3.9.6	Radiolytický rozklad.....	- 40 -
3.9.7	Air stripping	- 40 -

3.9.8	Adsorpce	- 40 -
3.9.9	Sanační čerpání a čištění po vyčerpání	- 41 -
3.9.10	Srážení, koagulace, flokulace, flotace.....	- 42 -
3.10	Související právní úprava	- 42 -
3.10.1	Obecná ochrana přírody a krajiny	- 43 -
3.10.2	Ochrana životního prostředí.....	- 43 -
3.10.3	Právní úprava vztahující se ke starým ekologickým zátěžím.....	- 44 -
3.10.4	Právní režim ochrany půdy	- 45 -
3.10.5	Ochrana vod.....	- 47 -
4	Praktická část	- 49 -
4.1	Metodika.....	- 49 -
4.2	Geomorfologické a klimatické poměry lokality.....	- 49 -
4.3	Hydrologické poměry	- 51 -
4.4	Geologické poměry	- 52 -
4.5	Geochemické poměry	- 52 -
4.6	Laguny Ostramo	- 53 -
4.7	Historie vzniku skládky.....	- 53 -
4.8	Majetkové poměry skládky	- 54 -
4.9	Geografické vymezení území a popis širšího okolí.....	- 55 -
4.10	Popis a situace na skládce odpadů.....	- 56 -
4.11	Průběh odstranění znečištění v lagunách Ostramo v průběhu let 1992- 2015-	57 -
4.11.1	Podzemní těsnící stěna.....	- 58 -
4.11.2	Čistírny odpadních vod	- 58 -
4.11.3	Udržovací čerpání	- 59 -

4.11.4	Čerpání ze štoly Českých drah.....	- 59 -
4.11.5	Havarijní nápravná opatření.....	- 60 -
4.11.6	Výstupní monitorovací profil.....	- 61 -
4.11.7	Zařízení pro nízkoteplotní nepřímou termickou desorpci.....	- 62 -
4.12	První etapa sanace lagun	- 65 -
4.13	Druhy uložených odpadů v jednotlivých lagunách	- 68 -
4.13.1	Popis laguny R0	- 69 -
4.13.2	Popis laguny R1	- 70 -
4.13.3	Popis laguny R2	- 70 -
4.13.4	Popis laguny R3	- 71 -
4.14	Polutanty.....	- 71 -
4.14.1	Charakteristika polutantů.....	- 71 -
4.14.2	Výskyt polutantů na zvolené lokalitě.....	- 77 -
4.14.3	Charakteristika rizik.....	- 79 -
4.15	Návrhy na dokončení sanace	- 81 -
5	Diskuze	- 84 -
6	Závěr	- 87 -
7	Literatura	- 90 -
8	Seznam zkratk	- 97 -
9	Seznam obrázků	- 98 -
10	Seznam tabulek	- 99 -
11	Seznam příloh	- 101 -

1 ÚVOD

Problematika sanací starých ekologických zátěží je velice aktuálním tématem. Starou ekologickou zátěž můžeme definovat jako pozůstatek lidské činnosti s negativním dopadem na životní prostředí. Je to tedy úroveň lokálního znečištění, u kterého nelze vyloučit negativní důsledky pro zdraví člověka a jednotlivé složky životního prostředí. Projevy těchto zátěží jsou kontaminace podzemních vod, kontaminace půdy a horninového prostředí, a ve většině případů kombinace těchto zátěží. Tento problém vznikal v minulosti průmyslovou či zemědělskou činností. Z velké části byly tyto činnosti řádně povoleny a odpovídaly tehdejšímu právním předpisům a technickým normám. S vývojem technologií a zpřísněním právním předpisů se situace změnila a do té doby, než bude provedeno podrobnější šetření, je nutno každé místo, kde bylo nakládáno s nebezpečnými látkami, a jeho okolí, považovat za potenciální starou ekologickou zátěž. Za starou pak zátěž považujeme v případě, že původce není znám nebo neexistuje [www2].

Mezi nejčastější ekologické zátěže na území České republiky jsou kontaminace ropnými látkami, polychlorovanými bifenyly, pesticidy, chlorovanými a aromatickými uhlovodíky a těžkými kovy. Kontaminovaná místa mohou být různého charakteru – v zásadě jde o skládky odpadů, průmyslové a zemědělské areály, úpravní ropných produktů – ropné rafinerie, drobné provozovny, nezabezpečené sklady nebezpečných látek, bývalé vojenské základny, území postižená těžbou nerostných surovin nebo opuštěná a uzavřená úložiště těžebních odpadů představující závažná rizika[www1, www2].

Důležitou stránkou věci je i legislativní úprava problematiky, zároveň evidence a monitoring kontaminovaných míst a určení priorit sanačních prací a jejich financování. Ministerstvo životního prostředí, jako zodpovědný orgán Evropské environmentální agentury, sestavilo metodiku určování kategorizace priorit pro odstraňování starých ekologických zátěží a vede evidenci starých ekologických zátěží na území České republiky, kde vede jejich detailní popis a stádium sanace. Jelikož staré sanace mají neznámého původce, je sanace financována ze zdrojů ministerstva, potažmo ze zdrojů Evropské unie[www2].

Staré ekologické zátěže představují velké nebezpečí pro zdraví osob i ekosystém. Tímto tématem se zabývám, protože je důležitý z hlediska ochrany a zlepšování kvality životního prostředí jako základního principu trvale udržitelného rozvoje. Kvalitní životní

prostředí je základem pro zdraví lidí a zvířat a přispívá ke zvyšování atraktivity České republiky pro život, práci a investice, a tím podporuje naši celkovou konkurenceschopnost.

Základním problémem sanace starých ekologických zátěží je jejich identifikace a určení jejich rizikovosti pro zdraví člověka a jednotlivé složky přírodního prostředí. Ačkoli polutanty a jejich koncentrace v půdě mohou být jednoduše určené chemickými analýzami, celková kvalita půdy a vliv na jednotlivé složky životního prostředí nejsou reflektovány pouze touto analýzou. Je třeba určit možný vliv polutantů v celkovém měřítku. Celý proces sanace, který má končit eliminací dopadů, je proto nutné provádět v etapách a dle jejich výsledků průběžně rozhodovat o dalším postupu. V průběhu let bylo popsáno mnoho způsobů sanací. Řešení jednotlivých zátěží je ale velice individuální, a je třeba pohlížet na každý problém jednotlivě. V následujících kapitolách práce budou popsány jednotlivé přístupy detailně[www3].

Řešení sanací starých ekologických zátěží zahrnuje zapojení odborníků z mnoha inženýrských odvětví. Rozsah jednotlivých činností sanačních prací zahrnují zejména analýzu výskytu znečišťujících látek, rozsah kontaminace, projektování, provádění, sledování a vyhodnocování sanačních prací, dekontaminaci saturované i nesaturované zóny, nakládání s odpady vzniklými při sanačních pracích, čištění jímek a nádrží, vyklízecí práce, řešení ekologických havárií, biologickou rekultivaci, ozelenění a další lesotechnické práce, monitoring všech složek životního prostředí po ukončení sanace a supervizi sanačních prací[www3].

Jednou z účinných cest snížení negativních dopadů je rekultivace zasaženého místa, která má z hlediska kvality životního prostředí mimořádný význam. Řešení starých ekologických zátěží však vyžaduje významné finanční prostředky a zároveň mnoho času. Rekultivace samotná se skládá z vícestupňového ošetření zasaženého místa. Nejdůležitějším krokem je zvolení správné sanační technologie. Pro různé druhy znečištění se hodí různé druhy sanačních technologií. Je třeba zohlednit dostupnost dané technologie a zároveň její finanční náročnost. Tento krok, zahrnující průzkum daného prostředí, chemické analýzy, analýzu rizik, monitoring a ekologický audit, umožní určit vhodnou sanační technologii. Následující fáze zahrnuje samotné plánování sanačních prací, vymezení jednotlivých postupů a technologií pro daný problém. Následuje rekultivace, která je časově značně náročná a poslední fází je pak monitoring a analýza snížení rizik [www3].

2 CÍL

Cílem mé diplomové práce je zhodnocení dosavadních sanačních prací a navrhnoutí dokončení sanace staré ekologické zátěže Lagun Ostramo. V první části práce se zaměřím na rešerši literárních zdrojů v oblasti starých ekologických zátěží, budou popsány sanační technologie pro čištění vod, nenasycované zóny a pevných materiálů, bude shrnuta legislativa týkající se této problematiky a budou sepsány základní postupy při řešení sanace vybraného místa. V druhé části práce vypracuji analýzu rizik, ve které provedu charakteristiku vybraného území, stanovím rizika pro jednotlivé složky životního prostředí a zanalyzuji provedené práce na vybraném území. V závěru stanovím návrhy na dokončení sanace a všechny tyto skutečnosti, jež budou zanalyzovány, podrobím diskuzi a v závěru práce shrnu obecně platné závěry týkající se sanace starých ekologických zátěží.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Staré ekologické zátěže

Pro téma své práce jsem si vybrala problematiku starých ekologických zátěží. Právně podložená definice tohoto pojmu neexistuje, lze ji tedy uvést pouze na základě definic uvedených různými autory. Slovenská právní definice ve smyslu geologického zákona definuje staré ekologické zátěže jako znečištění území způsobené činností člověka, které představuje závažné riziko pro lidské zdraví anebo horninové prostředí, podzemní vodu a půdu s výjimkou environmentální škody. Dle ministerstva životního prostředí Slovenské republiky se jedná o široké spektrum území kontaminované průmyslnou, vojenskou, báňskou, dopravní a zemědělskou činností a zároveň nesprávným nakládáním s odpadem [www4].

Americká agentura pro ochranu životního prostředí EPA uvádí, že zátěž nebo dopad pro životní prostředí, může být ovlivněno místními podmínkami, konkrétními, plošnými a kumulativními zdroji. Toto břemeno může ovlivnit lidské zdraví, stejně tak ekologické bohatství přírodního prostředí. Určení velikosti zátěže na životní prostředí ale není jednoduchý proces [1].

Dle Filipa, Kotovicové a Božka (2003) zní definice staré ekologické zátěže takto: „Pojem staré zátěže či ekologické zátěže se chápe ve smyslu škod, které z nich vznikají, a ze které by se měly považovat takové obsahy a podmínky výskytu a migrace nežádoucích látek, včetně přeměněných vlastností vod, hornin, ovzduší, odpadů a výrobků, které svým výskytem či svými vlastnostmi a projevy v zájmovém území způsobují či mohou v reálném čase způsobit nežádoucí ekologickou újmu a tím i nepřiměřené ekonomické škody. Starými zátěžemi jsou obvykle místa, na nichž jsou nebo byly uloženy odpady a nejrůznější materiály, často i zdraví nebezpečné, a potom místa, na nichž se manipulovalo s rizikovými látkami. Škodlivost starých zátěží spočívá v kontaminaci životního prostředí, čímž je ohroženo zdraví člověka a fauny, je poškozena flora, emisemi narušen rovnovážný stav plynů v atmosféře, především ozonoféry. Jejich nebezpečnost vzrůstá omezenou možností předpokládat probíhající chemicko-biologické a fyzikální procesy uvnitř tělesa zátěže, neboť pravděpodobně není přesně znám obsah uložených látek [2].“

Další dostupnou definicí, jež řeší riziko SEZ pro životní prostředí je portál Ministerstva životního prostředí. Ten uvádí že: „Za starou ekologickou zátěž považujeme závažnou kontaminaci horninového prostředí, podzemních nebo povrchových vod, ke které došlo nepřiměřeným nakládáním s nebezpečnými látkami v minulosti, například se jedná o ropné látky, pesticidy, PCB, chlorované a aromatické uhlovodíky, těžké kovy apod. Zjištěnou kontaminaci můžeme pokládat za starou ekologickou zátěž pouze v případě, že původce kontaminace neexistuje nebo není znám [www2].“

Staré ekologické zátěže vznikly v období, kdy nebylo nakládání s odpady řádně upraveno legislativou. Hlavním problémem tedy bylo nekontrolovatelné ukládání různě nebezpečných odpadů do nezabezpečených míst a migrace polutantů byla a je jednoduše umožněna. Snahou Evropské agentury pro životní prostředí prostřednictvím Ministerstva životního prostředí ČR je lokalizace, kvantifikace a klasifikace starých ekologických zátěží [www10]. Byl vytvořen systém Systém evidence kontaminovaných míst [www6]. Tento systém umožňuje vstup do databáze starých ekologických zátěží, detailní popis a stav nápravných opatření.

K nejčastěji se vyskytujícím kontaminantům na území České republiky patří:

- Ropné uhlovodíky (používané označení NEL nebo RU),
- chlorované uhlovodíky (používané označení CIU - dichloretheny, trichlorethen, tetrachlorethen, popř. vinylchlorid) - původem z ředidel a odmašťovacích procesů,
- uhlovodíky benzenové skupiny (používané označení BTEX - benzen, toluen, ethylbenzen, xyleny) - původ z dehtů, nátěrů a konzervačních prostředků,
- polyaromatické uhlovodíky (používané označení PAU) - původ z dehtů, koksárenství a ropných produktů,
- polychlorované bifenyly (používané označení PCB) - původ z náplní kondenzátorů a transformátorů; již se nepoužívají a indikují tak stáří zátěže,
- dioxiny - původ z chemické výroby a spalování odpadů,
- těžké kovy (především As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) - původ z pokovování, zpracování kovů a chemické výroby [www12].

3.1.1 Analýza rizik

Pro zhodnocení kontaminace území se využívá nástroje zvaného ekologický audit. Při nabytí majetku novým majitelem byl proveden audit, který identifikoval přítomnost, druh, velikost a intenzity znečištění. V případě identifikace staré ekologické zátěže je třeba vypracovat Analýzu rizik, na jejímž základě se vypracují možné návrhy variant sanace a následně se zvolí postup sanace kontaminovaného místa [www11].

Analýza rizik by měla přinést odpovědi na otázky, jaké hrozby vyvstávají ze staré ekologické zátěže. Identifikuje se hrozba a problémy z ní plynoucí. Posledním krokem je pak navrhnutí variant řešení. Mezi základní oblasti spadající do analýzy rizik patří údaje o území charakterizující všeobecné údaje, geografické vymezení území, stávající a plánované využití území, základní charakterizace obydlivosti území, majetkoprávní vztahy, přírodní poměry zájmového území, geomorfologické a klimatické poměry, geologické poměry, hydrogeologické poměry, hydrologické poměry a geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě [www11].

Dále jsou podrobně rozepsány průzkumné práce zahrnující dosavadní prozkoumanost území, základní výsledky dřívějších průzkumných a sanačních prací na lokalitě, přehled zdrojů znečištění, vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů, předběžný koncepční model znečištění, aktuální průzkumné práce, metodika a rozsah průzkumných a analytických prací, výsledky průzkumných prací, shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění, posouzení šíření znečištění, šíření znečištění v nesaturované a satureované zóně, šíření znečištění povrchovými vodami, charakteristika vývoje znečištění z hlediska procesů přirozené atenuace, shrnutí šíření a vývoje znečištění a na závěr omezení a nejistoty [www11].

Následně se přistupuje k samotnému hodnocení rizik, kde jsou identifikovány rizika, určeny a zdůvodněny prioritní škodliviny a další rizikové faktory, charakterizovány rizika příjemců, shrnuty transportní cesty a přehled reálných scénářů expozice, vyhodnoceny a odhadnuty zdravotní a ekologické rizika a na závěr shrnuty celkové rizika. V závěrečné části analýzy rizik jsou doporučena nápravná opatření spolu s cílovými parametry a postupy na základě celkové analýzy [www11].

3.2 Kontaminanty

Dle EPA je kontaminant charakterizován jako jakákoliv chemická, fyzikální či biologická látka či hmota, která se nachází nepřírozně ve zkoumaném prostředí, a která má v určitých koncentracích a délce působení škodlivý vliv na živé organismy. Rozdíl mezi kontaminantem a polutantem je velmi nepatrný a literatury je používají jako synonyma, stejně tak to bude dodržováno pro účely této práce [www13, www14]

Polutant může vzniknout přirozeným procesem v přírodě, ale činností člověka překračuje limity množství, která jsou pro složky životního prostředí toxická. Na druhou stranu může být polutant látkou cizorodou, nevznikající přírodní činností, avšak pouze antropogenní činností. Škodlivost kontaminantu dominantně spočívá v jeho charakteru, koncentraci, délce expozice a povaze kontaminovaného média. Výskyt kontaminantu je jak ve všech skupenstvích, tak ve všech dostupných médiích jako voda, půda, ovzduší, potraviny, živé organismy apod. [www5, www16].

Mezi prioritní polutanty, to znamená látky významně nebezpečné pro životní prostředí dle EPA, patří:

- Kovy,
- azbest,
- kyanidy,
- nitrosaminy a další dusíkaté sloučeniny,
- monocyklické aromatické uhlovodíky,
- fenoly a kresoly,
- halogenované alifatické uhlovodíky,
- polycyklické aromatické uhlovodíky,
- PCB a 2-chlornaftalen,
- pesticidy a produkty jejich rozkladu,
- ethery,
- estery kyseliny ftalové [www7, www16].

Dalšími látkami, které nejsou, jako celek zařazeny v seznamu prioritních látek jsou tzv. perzistentní organické látky (POPs). Tyto organické látky se vyznačují často velmi jedovatými a karcinogenními vlastnostmi. Z názvu (z originálu Persistent organics pollutants)

vyplývá, že za normálních podmínek vysoce odolné a velmi stabilní. Některé z perzistentních organických látek jsou uvedeny i v seznamu prioritních polutantů [www15,www16].

3.3 Metodika sanace a rekultivace starých ekologických zátěží

Sanační postup má za cíl přijetí takových nápravných opatření, které napraví škody způsobené antropogenní činností. Rekultivace je jako součást sanace diktována horním zákonem a nutí provozovatele k obnově přírodního prostředí a odstranění následků způsobených nesprávnou lidskou činností [4].

Sanace je definována zákonem č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) a odstraňování škod na krajině komplexní úpravou územních struktur v platném znění. Dle § 31 je rekultivace součástí sanace. Rekultivace dle § 2 vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu v platném znění a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady v platném znění je uvedení místa, zpravidla dotčeného antropogenní činností, do souladu s okolím a obnovení funkčnosti povrchu terénu ve vztahu k jeho původnímu užívání nebo nově zamýšlenému užívání [www17, www19].

K fázím sanačního procesu patří fáze průzkumná, fáze definování potencionálního nebezpečí, fáze rozhodovací, fáze nejefektivnější metody sanace, fáze realizační a fáze post realizační [11]. Literatura uvádí čtyři fáze rekultivačního procesu. Jsou to fáze na sebe navazující a patří k nim přípravná fáze, provozně technologická fáze, biologická fáze a post-rekultivační fáze [5].

3.3.1 Fáze sanačního procesu

Fáze průzkumná

Hlavním cílem této fáze je získání co nejvíce informací o povaze kontaminantu a jeho zdroji, o ohrožení saturované i nesaturované zóny.

Fáze definování potencionálního nebezpečí

Hlavním cílem této fáze je zjištění rozsahu kontaminace. V případě, že kontaminant pronikl do saturované zóny, je třeba zjistit, jak dalece je kontaminační mrak zanesen.

Fáze rozhodovací

Hlavním cílem této fáze je rozhodnutí, zda je nutná sanace postižené oblasti anebo lze území využívat za omezujících podmínek. Kontaminace může být buďto vytěžena a odstraněna, nebo může být kontaminant zakonzervován tak, aby nepředstavoval budoucí riziko.

Fáze nejefektivnější metody sanace

Hlavním cílem této fáze je volba vhodné sanační metody. Jejich výčet je uveden v následujících kapitolách.

Fáze realizační

Hlavním cílem této fáze je praktické a dozorované odstranění kontaminantu dle zvolené metody na základě výše uvedených kroků.

Fáze post realizační

Hlavním cílem této fáze je provádění monitoringu lokality a tím dokladování splnění vytýčených cílů [4,11].

3.3.2 Fáze rekultivačního procesu

Přípravná fáze

Pro úspěšné odstranění vybrané ekologické zátěže je třeba zvolit vhodný rekultivační postup. Vhodným se myslí postup, který uvede místo do takového stavu, který bude splňovat limity určené v rozhodnutí úřadů, jež vycházejí z právní úpravy. Tento fakt by měl zajistit snížení znečištění na únosnou míru a to tak, že zátěž se nebude dále šířit a místo bude v takovém stavu, aby se dalo využívat k danému účelu. Je třeba vzít v potaz finanční náročnost jednotlivých metod v poměru k efektivnosti. Během první fáze je třeba získat finanční prostředky a zajistit všechny potřebné rozhodnutí správních úřadů, hlavně územně plánovací dokumentaci.

Provozně technologická fáze

Tento proces zahrnuje provoz skládky a je význačný pro rozsah a intenzitu znehodnocení krajiny a jednotlivých složek životního prostředí. Hraje významnou roli při výsledném zhodnocení úspěšnosti rekultivace. Stavba probíhá v souladu s vydanými správně územními rozhodnutími a z finančních zdrojů získaných při první fázi.

Biologická rekultivace

Zahrnuje soubor prací technické a biologické úpravy, které vedou k obnovení základních funkcí stanoviště. Patří sem terénní úpravy, navážky úrodných a potenciálně úrodných hornin a zemin, základní půdní melioraci, hydrotechnická opatření, hydromeliorační opatření, technickou stabilizaci svahů a systém protierozních opatření, výstavbu komunikací, kterými jsou rekultivované pozemky zpřístupňovány, a tak je umožňována rekultivace, monitoring a jejich využívání.

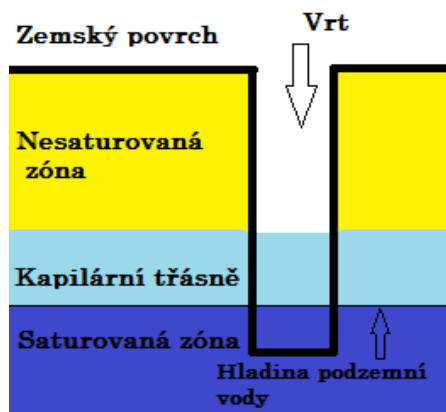
Post-rekultivační fáze

Konečná fáze rekultivačního procesu, kdy jsou rekultivované pozemky předány do následného užívání. Dochází k monitoringu k zajištění negativních vlivů na životní prostředí [www20].

3.4 Sanační technologie

Antropogenní činnost ovlivňuje prostředí kolem nás a s rostoucí vyspělostí technologií a poptávkou po produktech se zároveň zvyšuje tlak na životní prostředí. Jakákoliv výrobní či zemědělská činnost vnáší do životního prostředí těžko rozložitelné látky, či přirozeně nerozložitelné látky. K eliminaci negativních vlivů těchto činností a jejich působení na zdraví lidí a zvířat a ostatní složky životního prostředí byly vyvinuty mnohé sanační technologie. Rozvoj těchto technologií, jejich výzkum, vývoj a zavádění do praxe zaznamenaly největší rozvoj v druhé polovině 20. Století [3].

Sanační technologie je postup, který řadou po sobě jdoucích kroků zajistí sanaci kontaminovaného místa. Kontaminovaná může být saturovaná či nesaturovaná zóna a na základě této skutečnosti se volí užití sanační technologie. Nesaturovaná zóna je oblast mezi povrchem půdy a hladinou podzemní vody, ve které je obsah vlhkosti nižší než nasycený a tlak je nižší než atmosférický.



Obrázek 1: Schematické znázornění nesaturované zóny [Zdroj: www8, Upraveno: Balušková 2015].

Saturovaná zóna je oblast pod hladinou podzemní vody, kde jsou póry zcela nasyceny vodou. Sanační práce mohou probíhat dvojím způsobem, a to in situ a ex situ. Práce in situ jsou takové práce, které probíhají na místě kontaminace, přičemž kontaminovaná jednotka není přemístěna. Nejčastějšími způsoby bývá podpora biologických a chemických procesů v půdě či horninovém prostředí. Existují i fyzikální metody sanace. Často bývají tyto metody kombinovány za účelem zvýšení efektivity.

Práce ex situ jsou takové práce, které probíhají mimo místo kontaminace. Kontaminované medium (voda, půda) je převezeno na místo určení, kde dochází následně k sanaci. Také tyto práce zahrnují biologické, chemické a fyzikální metody. Každá metoda má svá omezení jak finanční, tak technologické a je třeba volit dle parametrů kontaminovaného média a dostupnosti technologií [3,5]. K podrobnějšímu popisu byly zvoleny jen vybrané metody.

3.4.1 Technologie ošetřování nesaturované zóny a pevných materiálů

V oblasti technologie ošetřování nesaturované zóny a pevných materiálů bylo vynalezeno velké množství biologických, fyzikálních a chemických metod. V některých případech jsou tyto metody kombinovány k podpoře jiných sanačních metod. Je třeba si uvědomit fakt, že vzhledem k době trvání znečištění u starých ekologických zátěží nedochází k samotnému kontaminování pouze jedné složky životního prostředí, ale mnohdy je to kombinace více z nich [3].

3.5 Biologické sanační metody

Biologické sanační metody jsou založeny na aktivitě mikroorganismů. Ty mohou být pak v zásadě dvojí - vnesené, anebo přirozeně se vyskytující. Velkým kladem biologických metod je fakt, že organismy rozloží polutanty na látky, které se v přírodě přirozeně vyskytují, a tudíž není třeba dalších postupů pro zneškodňování vyseparovaných polutantů. Jejich aplikace má však své meze a není využitelná v řadě případů.

Proces může probíhat jak za aerobních, tak za anaerobních podmínek. V zásadě se ale využívají sanační metody za aerobních podmínek, protože jsou rychlejší. Vzniklými produkty jsou pak hlavně voda, uvolněné teplo, oxid uhličitý a mikrobiální biomasa. Uvolněné teplo je znakem, že aerobní reakce jsou exotermního charakteru. Omezujícím faktorem je inhibiční přítomnost polutantů či jiných látek, a zároveň musí být splněny následující podmínky – dostatek terminálního akceptoru elektronů, dostatek makrobiotických a mikrobiotických prvků, vhodné pH, redoxní potenciál prostředí, vhodná teplota a dostatek vlhkosti.

Organismy, které můžeme teoreticky využívat pro čištění nesaturované zóny a pevných materiálů jsou bakterie, kvasinky, plísňe, houby působící bílou hnilobu dřeva a vyšší rostliny. V praxi jsou používány především bakterie a vyšší rostliny.

Důležitým faktorem využitelnosti jednotlivých metod je jejich okruh použití. Mezi transformovatelné či biologicky rozložitelné látky biologickými postupy patří monoaromatické uhlovodíky, n-alkany, isoalkany, alicyklické a alifatické uhlovodíky, většina halogenderivátů ropných uhlovodíků, hydroxyl a karbonyl deriváty ropných uhlovodíků, organické kyseliny, některé polycyklické a heterocyklické uhlovodíky, fenoly, různá organická rozpouštědla, některá syntetická barviva, povrchově aktivní látky, polyethylenglykoly, amoniak, některé organické i anorganické sulfidy, terpeny a několik dalších látek [3, 6, www1]. Biotechnologie využívají živých organismů (nebo jejich částí) taky, aby pozměnily produkty, vylepšují rostliny a vytvářejí mikroorganismy pro specifické účely [www15]. Mezi biologické metody in situ řadíme:

- Nejvyžívanější bioventing a kometabolický bioventing,
- podporovaná bioremediace,
- fyto-remediace a rhizo-remediace.

Mezi biologické metody ex situ používané řadíme:

- Ošetřování půdy a ostatních pevných materiálů o vytěžení na dekontaminační plošině,
- kompostování,
- biostabilizace a bioimobilizace,
- landfarming a méně používané biologické suspenzní systémy [3].

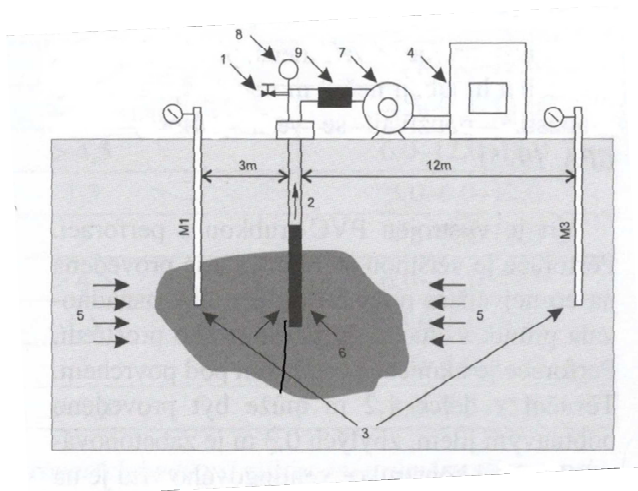
3.5.1 Bioventing

Princip této metody spočívá ve vhánění kyslíku anebo odsávání vzduchu z nesaturevané zóny tzv. ventingovými vrty za účelem zvýšení koncentrace kyslíku, a tím zlepšení podmínek pro biologický rozklad látek. Množství vzduchu, se kterým operujeme, není velké, rovná se spotřebě kyslíku při biodegradaci. Druhým typem bioventingu je tzv. pasivní bioventing, který využívá rozdíl atmosférického tlaku a tlaku vzduchu v podzemí. Jeho nespornou výhodou je snížení energetické náročnosti.

Pro řádnou funkčnost této metody je třeba zajistit dvě základní podmínky. Průchod vzduchu nesaturevanou zónou musí mít dostatečnou rychlost pro zajištění aerobních podmínek a přítomnost mikroorganismu schopného degradovat přítomný polutant.

Aplikace bioventingu je vhodná pro eliminaci ropných uhlovodíků a odstranění polycyklických aromatických uhlovodíků, acetonu, toluenu, etylbenzenu, xylynu a naftalenu. Jeho omezení spočívají v zajištění adekvátních podmínek pro život mikroorganismů. Při velmi nízké vlhkosti půdy či nízké teplotě je možné, že nastane snížení rychlosti biodegradace. Dále pak nelze aplikovat bioventing při nízké mocnosti nesaturevané zóny tj. méně než 1,5 m, a při inhibiční koncentraci polutantů dochází k zastavení procesu biodegradace.

Doba průběhu sanace je v tomto případě zařazena do kategorie pomalých sanačních technologií. Z praktických zkušeností víme, že se může pohybovat mezi 5 měsíci až několika lety. Rychlost je ovlivněna mnoha faktory jako druh koncentrace polutantu, stupeň zvětrávání nesaturevané zóny, schopnosti polutantu biologicky se rozkládat, sorpci na pevné částice horninového prostředí a jiné [3, 8].



Obrázek 2 Základní schéma uspořádání bioventingu, 1 - vzorkovací místo odtahovaných par, 2 - ventovací vrt, 3 - monitorovací vrt, 4 - zařízení na čištění par, 5 - směr proudění par, 6 - kontaminovaná půda, 7 - vývěva, 8 - tlakoměr, 9 - měření průtoku par [Zdroj: 3].

3.5.2 Kometabolický bioventing

Metoda, která je ve stádiu vývoje a plošně není v praxi vysoce užívaná. Jedná se o vhánění vzduchu do nesaturevané zóny spolu s látkami, které představují kosubstrát pro biologický rozklad kontaminované zóny. Zapravování kosubstrátu by pro řádnou funkci tohoto systému mělo být v závislosti na rychlosti spotřeby biologického substrátu. Kometabolický bioventing lze využít k sanaci oblastí kontaminované například chlorovanými rozpouštědly a jinými látkami, které je možné rozložit pouze za přítomnosti kosubstrátu.

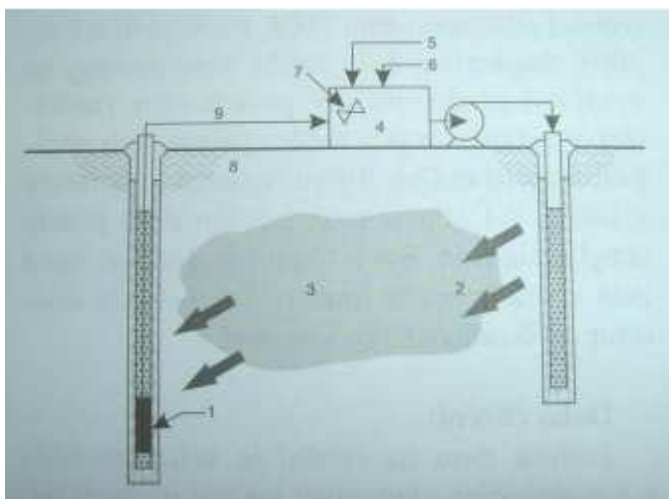
Omezení použití je v tomto případě podobné jako u samotného bioventingu – zne-možnění aplikace při mocnosti půdy nesaturevané zóny menší než 1,5m, při nízké vlhkosti půdy, nízké teploty mohou snižovat rychlost rozkladu a vyloučená je i inhibiční koncentrace polutantů. Výhodou této metody je kratší doba čištění v porovnání s anaerobními pochody. Pilotní testy však ukázaly, že je třeba dobře zvolit kosubstrát v závislosti na vznikajících sloučeninách.

Její využití spatřujeme hlavně v aplikaci in situ při sanování hustě zastavěných průmyslových areálech a v jiných areálech, kde by byla těžba zeminy vysoce nákladná či nemožná [3, 8, www27].

3.5.3 Podporovaná bioremediace

Obecně popisující technologie je v praxi možno rozdělit do dvou způsobů aplikace. Jeden je podpora aktivity mikroorganismů, např. zapouštění roztoku živin do zasažené zóny, zásobení terminálními akceptory elektronů, vpouštění vzduchu do kontaminované zóny, desorpce polutantů a jejich zpřístupněním biodegradaci zapouštěním roztoků povrchově aktivních látek nebo kosolventů nebo zapouštění roztoku donorů elektronů. Druhý způsob je využíván v případě nízké biodegradční aktivity přirozeně se vyskytujících organismů. Půda je inokulována autochtoními organismy s vysokou biodegradční aktivitou – tzv. bioaugmentace. Mezi základní metodu aerobního rozkladu kontaminované půdy patří bioventing.

Podporovanou bioremediaci využíváme k dekontaminačním pracím v prostředí znečištěném ropnými uhlovodíky, rozpouštědly, halogenovými sloučeninami, organickými kyselinami, alkoholy, monoaromatickými uhlovodíky a nitrosloučeninami. Mezi omezující faktory použití podporované bioremediace patří příliš silná sorpce polutantů na pevné částice půdy, kdy je polutant nedostupný a není možno dosáhnout jeho odstranění. Dále je pak tento postup nevhodný pro jílovité a ostatní málo propustné zeminy, nízké teploty mohou snižovat biodegradční rychlost a tím prodlužovat dobu sanace [1,3,ww18,ww27].



Obrázek 3 Schéma podpory bioremediace zapuštěním roztoku živin do vrtů s recirkulací, 1 -ponorné čerpadlo, 2 - roztok živin, 3 - kontaminovaná zemina, 4 - příprava roztoku živin, 5 - voda, 6 - živiny, 7 - míchadlo, 8 - úroveň terénu, 9 - recirkulace vody [Zdroj: 3].

3.5.4 Fytoremediace a rhizoremediace

Obě tyto metody jsou založeny na využití zelených rostlin k extrakci, imobilizaci či degradaci nebezpečných látek z půdy, sedimentů, kalů i vody. Fytoremediace je způsob využití schopnosti vybraných zelených rostlin akumulovat některé látky a využít je ve svůj prospěch. Tyto látky jsou nejprve přijímány z prostředí do vlastního těla rostliny, kde pak dochází k transformaci, transportu a akumulaci nefytotoxických produktů. Rhizoremediace využívá schopnosti kořenového systému vytvořit vhodné prostředí pro růst mykorhizních hub, které obsahují enzymové dráhy napomáhající při degradaci organických látek nerozložitelných samotnými bakteriemi či rostlinami [3].

Velkou roli hrají v tomto případě rozmanité biotické a abiotické faktory. Látky, které chceme extrahovat z prostředí, musejí být biologicky dostupné a jejich hloubková distribuce v půdě musí pronikat do oblastí, ze které kořeny rostlin jsou schopné čerpat živiny. Tento způsob dekontaminace je závislý na růstu rostliny. Proto musí být splněny základní podmínky pro růst, jako je teplota, vlhkost a dostupnost živin. Vysoká koncentrace polutantu může být inhibičním faktorem. Nevýhodu můžeme spatřovat také ve faktu, že tento proces je pomalý, je ovlivněn mnoha faktory a nedochází k úplnému odstranění polutantů. Výhodou jsou nízké finanční a energetická náročnost na sanaci a malý zásah do životního prostředí. Dále pak estetická stránka věci hraje určitou roli. Veřejnosti se tento způsob zdá být méně násilný vzhledem k tomu, že během sanačních prací spatřují pouze zazeleněnou plochu. Ideálním druhem rostliny k využití pro tento způsob remediace je takový, který dokáže tolerovat a akumulovat vysoké množství toxických látek, zároveň je částí akumulující tyto látky možné sklídit, rychle roste a současně produkuje velké množství biomasy za ideálních podmínek dále využitelné energeticky či jinak [3, www21].

Existují rostliny, které mají zvýšenou schopnost akumulovat některé látky tzv. hyperakumulátory. Tytu vlastnost lze využít při sanaci velkoplošných kontaminací některými kovy. Nevýhodu spatřujeme v selektivní vlastnosti rostlin akumulovat pouze určité prvky. Mezi dobře extrahovatelné kovy rostlinami patří nikl, kadmium, zinek, arsen, selen a měď. Hůře extrahovatelné jsou kobalt, mangan a železo a mezi prvky bez úpravy nedostupné patří chrom a uran. Výzkum v oblasti druhové rozmanitosti rostlin vhodných pro fytoremediaci stále probíhá, byl však dokázán doposud nejefektivnější druh *Thlaspi caerulescens* (*Brassicaceae*) [3, www21].

3.6 Fyzikálně chemické sanační metody

Fyzikálně chemické metody sanace nenasycené zóny pevných částic řadíme velké množství postupů spočívajících v různých principech. Četnost jejich využití je pak různorodě dána díky různé finanční a technické náročnosti. Mezi těmito metodami existují takové, které se na území České republiky využívají standardně a také takové, které v našich podmínkách zatím nebyly použity. Metody solidifikace a stabilizace a zakrytí, uzavření, enkapsulace a vitifikace nejsou metodami dekontaminačními, pouze bránící v šíření kontaminantů. Omezení u fyzikálně chemických metod není ve škále dekontaminovatelných polutantů, ale v zásadě hlavně v jejich omezení použití dle bezpečnostních předpisů.

Fyzikálně chemické metody hrají nezastupitelnou roli v oblasti sanačních technologií. Při sanaci starých ekologických zátěží můžeme narazit na mnoho komplikací, a tudíž se může stát, že jsou tyto metody jedinou výchozí variantou [3,9].

Mezi fyzikálně chemické metody in situ řadíme:

- V našich podmínkách méně využívaná chemická oxidace,
- elektrokinetická dekontaminace,
- narušování struktury, štěpení,
- vymývání půdy,
- venting,
- solidifikace a stabilizace,
- metody tepelného ošetření a tepelné podpory,
- zakrytí uzavření a enkapsulace,
- vitifikace [3].

Mezi fyzikálně chemické metody ex situ řadíme:

- Chemická extrakce,
- chemická oxidace/redukce,
- fyzikálně mechanická separace,
- praní půdy a pevných materiálů,
- solidifikace a stabilizace ex situ,
- spalování [3].

3.6.1 Chemická oxidace

Principiálně je chemická oxidace infiltrace vodného roztoku oxidačního činidla do horninového prostředí tak, aby došlo k rozpadu kontaminovaných látek rozpuštěných v podzemní vodě, vázaných v horninovém prostředí nebo přítomných ve formě volné fáze. Tato metoda je aplikovatelná v saturevané i nesaturevané zóně a prakticky pro jakýkoliv polutant, který je oxidovatelný za vzniku netoxických či méně toxických látek. Jako oxidační činidla při sanaci chemickou oxidací jsou využívány manganistany alkalických kovů, ozon, peroxid vodíku a Fentonovo činidlo. Fentonovo činidlo je směs peroxidu vodíku a sloučenin dvojmocného železa.

Jednoznačnou výhodou nad ostatními sanačními metodami je relativně rychlý průběh destrukce polutantu za vzniku netoxických sloučenin a za vzniku malého množství odpadu. Jako hlavní nevýhoda je spatřována v omezeních kladených bezpečnostními předpisy vztahující se na nakládání s oxidačními činidly. Metoda je také málo účinná vůči některým látkám a hrozí reakce s balastními organickými látkami. Testy ukázaly, že množství oxidačního činidla potřebného k dekontaminaci určitého množství polutantu je při aplikaci vyšší kvůli k reakcím s netoxickými látkami. Mezi polutanty, které jsou chemickou oxidací sanovány, patří chlorované etyleny, chlorované alkany, ropné uhlovodíky, monoaromatické uhlovodíky, fenoly, polychlorované bifenyly, chlorované benzeny, polycyklické aromatické uhlovodíky, výbušniny, insekticidy a herbicidy [3, www28].

Vzhledem k faktu, že při sanaci oxidačními činidly operujeme s chemickými látkami, je třeba věnovat zvýšenou pozornost a péči při přípravných sanačních pracích jako laboratorní zkoušky, stopovací zkoušky a poloprovozní zkoušky a samozřejmě provádíme monitorovací činnosti během zásahu. [3,9, www27].

3.6.2 Elektrokinetická dekontaminace

Elektrokinetická dekontaminace využívá k sanaci stejnosměrného elektrického pole. V kontaminované zóně se vytvoří stejnosměrné elektrické pole, které svým působením vytvoří transportní dráhy pro pohyb iontů v elektrickém poli, neboli elektromigraci. Tento jev umožňuje migraci látek ve formě iontů, například toxických kovů. Zároveň vzniká pohyb vodného roztoku, ve kterém jsou rozpuštěné či dispergované nežádoucí organické látky tzv. elektroosmóza. Tento pohyb zajišťuje přenos kontaminantu ve vodném roztoku

směrem k elektrodě. Technologicky je tento proces prováděn vyhloubením šachovnicově rozmístěných vrtů, do kterých jsou vloženy střídavě kladné a záporné elektrody. Vrty jsou vyplněny elektrolytem pro zajištění vodivosti mezi elektrodami a kontaminovaným materiálem. Polutanty jsou působením elektrického pole přemístěny do elektrolytu. Z toho je pak možno polutanty odstranit běžnými metodami.

Omezujícími faktory elektrokinetické dekontaminace jsou bezpečnostní předpisy při práci v zařízení pod elektrickým napětím, nevýhodné relativní rozložení iontových pohyblivostí, neefektivní využití elektrické energie při ohřevu matice a přenosu nezávadných látek a nutnost dostatečné vlhkosti matrice pro zajištění vodivosti. Pozitiva spatřujeme v nízké ekonomické náročnosti a rychlém průběhu dekontaminace. V praxi komerční využívání této metody doložitelně pouze v Nizozemí, zatímco na území České republiky jen sporadicky a většinou ve fázi výzkumu [3, www27].

3.6.3 Narušování struktury, štěpení

Narušování struktury a štěpení jsou metody rozvolňování horninového prostředí. Díky těmto metodám dochází ke zvyšování účinnosti sanace v prostředí, kde jsou jiné sanační postupy těžko aplikovatelné a z důvodu nepropustnosti neúčinné. Jak už z názvu metody vypovídá, jedná se o narušování struktury horninového prostředí za účelem usnadnění odčerpávání kontaminantů z horninového prostředí a usnadnění injektáže reaktivních látek do horninového prostředí za účelem rozkladu polutantu. Omezení, které způsobuje málo propustné či puklinově propustné prostředí, je hlavním důvodem narušování struktury a štěpení. Lze aplikovat jak v saturované tak v nesaturované zóně a není vázáno na druh znečištění [3].

V praxi jsou sanační postupy aplikované in situ kombinovány s touto metodou za účelem zvýšení účinnosti. Mezi tři základní typy narušování struktury a štěpení patří pneumatické štěpení, které kontrolovanými impulzy vysokého tlaku vzduchu nebo jiného plynu vytváří v horninovém prostředí trhliny a zpřístupňuje tím kontaminovanou oblast jiným sanačním metodám. Druhým typem je hydraulické štěpení, které využívá tlakového začerpávání kapaliny do horninového prostředí. Posledním typem je torpedace, která rozrušuje strukturu horninového prostředí podzemní detonací [3].

Spolu s aplikací těchto metod mohou být začerpávány látky určené k biodegradaci in situ. Aplikujeme v kombinaci s jinými metodami, jako sanační čerpání, venting, in situ oxidace, metody založené na principech in situ biodegradace.

Nebezpečím při využívání těchto postupů je možnost vzniku vertikálního pohybu či zvedání povrchu terénu a značného šíření seismických vln. Z tohoto důvodu je třeba, předem vypracovat analýzu míry ovlivnění okolí v závislosti na ochraně zdraví a majetku obyvatelstva [3].

3.6.4 Vymývání půdy

Vymývání půdy je metoda zapravování vodného roztoku povrchově aktivních látek do půdy, jež mohou rozpouštět či jinak měnit povrchové vlastnosti kontaminantů v horninovém prostředí a změnit jejich strukturu tak, aby byly rozpuštěny ve vodném roztoku, a tím extrahovány nebo porušeny sorpční vazby s pevnými částicemi horninového prostředí. Můžeme aplikovat v prostředí s dostatečnou propustností a homogenitou prostředí. Polutanty, jež jsme schopni vymýt z půdy, jsou těžké kovy, radionuklidy, halogenové uhlovodíky, těkavé organické látky, monoaromatické uhlovodíky, ropné uhlovodíky, fenoly, polycyklické aromatické uhlovodíky, chlorované bifenyly, pesticidy a výbušniny [3].

Nevýhodou je jednostrannost vymývacích roztoků a v případě, že se v kontaminovaném prostředí nachází kombinace polutantů, je třeba použít více roztoků. V případě, že je horninové prostředí málo propustné a nehomogenní narážíme taky na procesní problémy. Výhodou je vysoká účinnost a relativně krátká doba čištění [3].

3.6.5 Venting

Venting využívá podtlaku k extrakci z nesaturované zóny půdního vzduchu kontaminovaného těkavými látkami. Tato metoda je jednou z nejvyužívanějších sanačních postupů na území České republiky a je standardně aplikována. Kontaminovaný vzduch je častěji odsáván vertikálními vrty, ale v odůvodněných případech i vrty horizontálními. Horizontální vrty se využívají především, když je kontaminace rozšířena mělce pod povrchem. Podtlak je vyvoláván ventilovou, neboli vakuovou stanicí. Metodu lze využít in situ i ex situ, však in situ je častěji instalováno. Plyny vakuově extrahované z kontaminované zóny jsou ná-

sledně upravovány, tak aby vyhovovaly předpisovým limitům a mohly být vypuštěny do ovzduší, a to buďto přímo na místě nebo externě [3, www23, www24].

Cílová skupina látek, které mohou být odstraněny ventilovými vrty, jsou těkavé organické sloučeniny, zejména chlorované alifatické uhlovodíky, chlorované rozpouštědla, benzen, toluen, ethylbenzen a xylen (BTEX). Rozhodujícím faktorem pro určení aplikovatelnosti je Henryho konstanta a parciální tlak kontaminantu. Tato technologie je použitelná pouze pro látky s hodnotou Henryho konstanty vyšší než $0,1 \text{ kPa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ a parciálním tlakem kontaminantu vyšším než 66 Pa při teplotě 25 °C (v jednotkách SI pak minimální výška sloupce rtuti 0,5 mm). Dalšími faktory ovlivňující účinnost technologie jsou obsah vlhkosti v půdě, obsah organických látek, propustnost půdy, sorpční kapacita půdy, obsah organického uhlíku, koncentrace znečištění a hloubka saturované zóny [3, www23, www24].

Pro zjištění aplikovatelnosti metody je třeba zjistit základní údaje jako počáteční koncentraci kontaminantu, objem kontaminované nesaturované zóny, počet extrakčních vrtů, předpokládaný průtok plynů, jaké množství plynů bude třeba odčerpát a jaké bude zbytkové množství kontaminantu v horninovém prostředí [3, www23, www24].

3.6.6 Solidifikace a stabilizace

Hlavním účelem solidifikačních a stabilizačních metod je trvalé snížení až zamezení mobility toxických látek obsažených v materiálu. Solidifikace je fyzikální přeměna a uzavření toxického materiálu tak, aby nedocházelo k dalšímu šíření polutantů, přičemž chemické vlastnosti kontaminovaného materiálu nemusí být změněny. Takto upravený odpad se nejčastěji deponuje na skládce odpadů. U stabilizace dochází ke změně chemických vlastností a tím imobilizaci polutantu a převedení materiálu do stabilní málo rozpustné formy. V případě nemožnosti převozu či těžby materiálu přicházíme k ošetření in situ a aplikuje se reakční činidlo v zóně kontaminace. V případě ex situ je materiál vytěžen a zpracován na externím pracovišti.

Během procesu dochází k promíchávání kontaminovaného materiálu s pojivem a v případě, kdy je třeba i s chemickými činidly. Mezi nejpoužívanější pojiva řadíme cement, popílky a vysokopeční struska. Stabilizace a solidifikace jsou procesy navzájem se doplňující a jsou neoddelitelné. Materiály zpracovatelné touto technologií jsou pak kontaminovaná zemina, kalové laguny a popř. jiné kontaminované sedimenty. Na problém můžeme

narazit při výskytu kontaminace v hloubce vyšší než 15 – 18 m. Dále se mohou vyskytovat látky jako sulfáty, organické sloučeniny a některé kovy, které mohou narušovat průběh tuhnutí a tím komplikace při imobilizaci polutantu. Problémy mohou při aplikaci nastat i s neheterogenním materiálem a materiálem obsahující těžko vázatelné sloučeniny.

V případě solidifikace a stabilizace tekutého či kašovitého materiálu - kalových lagun – se využívá specifického zařízení, které zároveň aplikuje pojivo a promíchává kontaminovaný materiál. Postup sanace je takový, aby se vytvářely plošiny pro nové umístění zařízení a možnosti pokračovat v sanaci [3, www2, www25, www26].

3.6.7 Metody tepelného ošetření a tepelné podpory

Existuje velká škála metod zvyšující teplotu kontaminované zóny. Jsou to podpůrné metody pro následnou sanaci nejběžněji vakuovou extrakcí či ventingem. Zvýšení teploty může být využito i při podpoře bioremediace v případě výskytu kontaminace v oblasti s nízkými teplotami. Principiálně se zvýší teplota různými médii, ať už vodou, plynem či elektrickým proudem, na teplotu nutnou pro uvolnění polutantu, jak do plynné fáze, tak do volné fáze na hladině vody. Mezi základní metody řadíme odporové zahřívání, vstřikování vodní páry, termická desorpce in situ, zatláčení horkého vzduchu a indukční ohřev [3].

3.6.8 Zakrytí uzavření a enkapsulace

Všechny tyto technologie sanace starých ekologických zátěží jsou založeny na zamezení úniku škodlivin do okolního prostředí bez chemické úpravy. Jedná se o zamezení styku se srážkovými vodami, vzduchem nebo jiným činitelem, který by mohl zapříčinit mobilizaci polutantů. Výhodou je rychlé zamezení šíření kontaminace a využití v případech, kdy jiné technologie jsou nepoužitelné. Nevýhodou spatřujeme v reálném nezneškodnění zátěže jen v jejím zakonzervování. Mezi tyto metody řadíme zakrytí, uzavření a enkapsulaci. V případě zakrytí a uzavření si musíme být jisti nepropustností vrstvy v podloží, aby nebyla ohrožena kvalita podzemní vody. Využívá se různých druhů těsnících vrstev a zavedení drenážních systémů spolu s odvodem kontaminovaného vzduchu a následně jeho vyčištění. V případě enkapsulace se jedná o celkové zapravení kontaminovaného materiálu do souvislého obalu v původním prostředí [3].

3.6.9 Vitřifikace

Principem této technologie je elektrické odporové tavení znečištěného materiálu při vysokých teplotách (1600 °C až 2000 °C). Tento proces se uskutečňuje mezi čtyřmi grafitovými elektrodami nainstalovanými v místě kontaminace. Vytváří se sklovitá tavenina, která v sobě izoluje netěkavé kontaminanty. Těkavé látky jsou vysokou teplotou částečně rozloženy a částečně vytěkány. Z tohoto důvodu musí být řádně odváděn vznikající plyn při použití technologie. Metodu lze využít k odstranění organických a těkavých anorganických polutantů a k solidifikaci a imobilizaci netěkavých anorganických polutantů jako kovů a radionuklidů. Na území České republiky není vitřifikace komerčně využívána, ale vzhledem k ekonomické a ekologické efektivnosti můžeme čekat v blízké budoucnosti její vzešup [3, www23].

3.6.10 Chemická extrakce

Vytěžená kontaminovaná zemina je čištěna extrakčním činidlem, kterým zpravidla bývá organické rozpouššedlo, které separuje toxické složky z kontaminovaného materiálu. Následně je odebrána kapalná část od pevné a je zneškodňována dále. Využití spatřujeme při sanaci organických polutantů jako polychlorované bifenyly, netěkavé halogenové rozpouššedla a některé odpadní produkty ze zpracování ropy nebo ropných frakcí.

Velikostně separovaný kontaminovaný materiál je vsazen do vsádkového reaktoru, kde je smíchán s extrakčním činidlem. Výstupem je tuhý materiál zbavený na podlimitní hodnotu původního kontaminantu, upotřebené organické rozpouššedlo s rozpušštěným polutantem a odpadní voda. Všechny výstupní frakce jsou dále upravovány tak, aby vyhovovaly zadaným cílovým hodnotám. Výhodou této technologie je nízká doba čištění a bezesporu je to vysoce kontrolovatelný proces. Nevýhodou jsou finanční náklady na zavedení nové technologie, některá rozpouššedla jsou toxická a zdravotně závadná. Negativní ovlivnění procesu může nastat díky neselektivnímu chování rozpouššedla, což má za následek separace i přirozených organických složek v materiálu. V případě nevhodné zeminy je proces také těžko použitelný, hlavně zeminy s vysokým podílem jílovité složky a vysokým obsahem vlhkosti [3, www27].

3.6.11 Chemická oxidace/redukce

Metoda používaná jak ex situ tak in situ. Principiálně stejný postup jako u chemické oxidace in situ, jak je popsáno v kapitole výše. Do kontaminované matrice se přidá vhodné oxidační či redukční činidlo a dojde k separaci polutantu. Výhodou tohoto procesu je vyšší možnost kontroly a tím dosažení vyššího stupně vyčištění. Mezi oxidační činidla patří ozon, peroxid vodíku, chlornany, chlor či manganistan. Redukční činidlo pak může být siřičitan nebo pyrosyřičitan.

Využití této technologie je při dekontaminaci anorganických látek, například sloučeniny šestimocného chromu. Méně efektivní je u sloučenin organických, jako například kyanidů, nehalogenovaných a halogenovaných těkavých a částečně těkavých látek a pesticidů. Metoda chemické oxidace či redukce ex situ má v porovnání se stejnou metodou in situ vyšší finanční náročnost, ale dochází k efektivnějším procesům a tudíž čistšímu produktu [3, www27, www28].

3.6.12 Fyzikálně mechanická separace

Metoda založena na předpokladu, že kontaminant je v tuhé fázi a lze tudíž mechanicky oddělit od ostatního méně či vůbec nekontaminovaného materiálu. Mezi základní metody patří gravitační separace a prosítí na sítích. Používá se jako úprava kontaminovaného materiálu před jinými metodami, a tím se snižují náklady na sanaci. Metoda je účinná za předpokladu dobré oddělitelnosti kontaminantu od sanovaného materiálu. V případě gravitačních metod využíváme rozdílných hustot a v případě magnetické separace využíváme magnetických vlastností kontaminantu. Lze využít k separaci koncentrátů ze zemin, kalů a sedimentů. Vzniklý materiál je rozdělen na dvě frakce. Jedna je předčištěná potažmo vyčištěná a druhá je připravena k dalšímu zpracování. [3].

3.6.13 Praní půdy a pevných materiálů

Odstraňování kontaminovaného materiálu probíhá promýváním vodou či vodním roztokem obohaceným o povrchově aktivní látky či jiné podpůrné látky. Na základě sklonu organických a anorganických polutantů se vázat na prachové částice, jíly a organický podíl půdy a opačného sklonu částic půdy vázat se na šterkové a písčité částice, se touto metodou rozdělují látky na dvě frakce a dochází ke snížení množství znečištěného materiálu. Dochází

k vyšší koncentraci polutantu. Těmito postupy se sníží množství finančních nákladů. Nevýhodou tohoto procesu je omezenost v případě kombinace znečištění organickou složkou a jiným polutantem, např. těžkým kovem. Rychlost daného procesu je závislá na druhu kontaminace a na množství materiálu, které je zařízení schopno zpracovat [3].

3.6.14 Spalování

Spalování je proces oxidace polutantu za přístupu kyslíku a zvýšení teploty. Při termické přeměně látek dochází k uvolňování plynné složky - spalin a vznik pevné složky – rezidua po spalování. Dnešní techniky čištění spalin jsou schopné dosáhnout velmi vysokého stupně vyčištění zákonem diktovaných látek. Pro spalování existuje velká škála látek, které mohou být tímto způsobem odstraněny. Mezi ně patří kontaminované zeminy nebezpečnými látkami, a to hlavně těžce rozložitelnými sloučeninami a perzistentními organickými polutanty, chlorovanými uhlovodíky, polychlorovanými bifenyly, dioxiny a výbušninami. Omezením se nám může stát velikost manipulačního prostoru spalování, obsah látek zbylých po spalování ovlivňují kvalitu popílku a vymezují jeho další využití. Ke spalování se využívá různých metod jmenovitě například cirkulační spalovací komora, pece s fluidní vrstvou, infračervené spalování a rotační pece [3, www27].

3.6.15 Technologie termické desorpce

Technologie termické desorpce je založena na ohřevu materiálu za různých teplot s cílem uvolnění kontaminantu do plynné fáze. Takto vzniklé páry jsou odstraňovány spalováním anebo kondenzací s následnou úpravou odpadu. Velká výhoda je spatřována v široké škále využití pro dekontaminaci různorodých polutantů a v rychlém průběhu sanace. Nevýhodou je pak velká náročnost na energii, potažmo finanční náročnost a ve většině případů nutnost využití doplňkových technologií. K polutantům vhodným ke zpracování tímto způsobem patří těžké a semitěžké látky, ropné uhlovodíky, perzistentní látky – PCB, pesticidy a rtuť. Technologie termické desorpce může být provozována dvojím způsobem. Je to přímá a nepřímá forma. V případě přímé formy ohřevu materiálu v prostoru desorbéru, hovoříme o přímé termické desorpci. Pokud je ohřev kontaminované matrice prováděn zprostředkovaně přes stěnu desorbéru, hovoříme o nepřímé termické desorpci. Dalším rozdělením termické desorpce je rozdělení z hlediska provozní teploty. Nízkoteplotní termická desorpce

pracuje při teplotách od 90 °C do 320 °C. Vysokoteplotní termická desorpce pracuje při teplotách až do 800 °C [www29, www30].

3.7 Technologie čištění vod

Technologie čištění podzemních vod a vod průsakových je prováděna metodami in situ a ex situ. Častějším způsobem čištění in situ je využíváno v případě, kdy je čištěn velký objem vod, anebo je znečištěné médium špatně přístupné. Uvedené metody lze využít k sanaci různorodých polutantů. Z praxe známe úspěšné čištění ropných uhlovodíků a jejich derivátů, polycyklických aromatických uhlovodíků, chlorovaných etylenů, dusičnanů, kovů, síranů a některých dalších anorganických polutantů. Při správném kombinování chemických, fyzikálních a biologických metod lze dosáhnout vyšší sanační účinnosti eliminace polutantů a zároveň snížení nákladů a doby sanačních prací.

Mezi nejznámější metody čištění podzemních vod a vod průsakových patří využití reaktivních bariér. Tyto bariéry jsou principiálně dvojího typu. Prvním typem je propustná bariéra instalovaná kolmo ke směru proudění média a druhým typem jsou dvě sbíhající se nepropustné stěny, které usměrní znečištěné médium na kolmo stojící reaktivní bariéru. Druhý typ je nazýván tzv. uspořádání nálevka-brána.

Dále je využíváno metody podporované bioremediace neboli monitorovaná přirozená atenuace. V podstatě se jedná o kombinaci biologických, fyzikálních a chemických principů, přičemž biologické procesy se na přirozené atenuaci podílejí nejzásadněji. Tyto procesy byly státními podniky prosazované při volení sanačních postupů u starých ekologických zátěží z důvodu snížení náročnosti finančního rozpočtu sanace. Byl však pominut fakt, že k řádné aplikaci tohoto procesu je třeba dostatečná doba zdržení pro přirozené snížení koncentrace polutantů. Krom toho řádné monitorování přirozené atenuace s reprezentativními výsledky je drahou záležitostí vzhledem k počtu monitorovacích bodů v síti, k velkému množství sledovaných parametrů a k potřebě jejich analýz. [3, www27].

3.8 Biologické postupy

Na území České republiky je využití biologických procesů in situ značně zpochybňováno. V závislosti na faktu, že dřívější pokusy o neodbornou aplikaci biologických metod byly neúspěšné, nejsou tyto metody příliš využívány. Při dodržení základních zásad sanačního

postupu biologickými procesy, můžeme docílit vysoké účinnosti sanace, a to za nízkých nákladů. Mezi tyto zásady patří posouzení, zda je v daných podmínkách polutant biologicky odbouratelný a zda v místě aplikace nebudou hrát roli inhibiční faktory. Dále pak je třeba zjistit, zda přirozeně vyskytující se organismy vytvářejí dostatečnou aktivitu, určit které parametry je třeba sledovat v rámci provozního monitoringu, tak aby bylo zajištěné řádné řízení procesů a jako poslední je třeba učit strategii odbourávání a potřebné opravné prostředky za ekonomicky i technicky výhodných podmínek. Za předpokladu dodržení těchto zásad je reálné navrhnutí úspěšného sanačního procesu.

Biologické postupy jsou založeny na aktivitě mikroorganismů. Je třeba si uvědomit fakt, že mikroorganismy nepracují pro nás, protože bychom my chtěli a nařizovali jim to, nicméně pracují ve prospěch sebe samé za účelem přežití. Je tedy jasné, že zde hrají velkou roli příznivé podmínky pro život mikroorganismů a v případě, že je chceme využívat v náš prospěch, musíme tomu dané prostředí přizpůsobit. [3].

Mezi biologické postupy čištění vod in situ řadíme:

- Podporovanou bioremediaci,
- biosparging,
- bioslurping,
- biologické reaktivní bariéry,
- přirozená, monitorovaná a podporovaná atenuace [3, 7].

Mezi biologické postupy čištění vod ex situ řadíme:

- Bioreaktory
- umělé mokřady (kořenové čistírny) [3].

3.8.1 Podporovaná bioremediace

Podporovanou bioremediací podzemní vody se má na mysli napomáhání přirozeně se vyskytujícím organismům v dané lokalitě zlepšením podmínek pro jejich činnost a růst. Organismy biotransformují kontaminant na méně nebezpečnou látku a v případě podporované bioremediace se proces urychlí a zvýší se jeho účinnost. Nedochází k rozsáhlým zásahům do místa znečištění. Proces v podzemních vodách probíhá na stejném principu a se stejnými omezeními a aplikovatelností jako u pevných částic, jak je uvedeno v předchozích kapitolách [3, www27].

3.8.2 Biosparging

Tato metoda spočívá ve vhánění vhodných plynů k podpoře bioremediace kontaminované podzemní vody. Jako vháněný plyn se nejčastěji využívá vzduch, dále pak propan, butan či methan. Tyto plyny se rozpouštějí ve vodě a slouží jako terminální akceptor elektronů pro chemické a biologické oxidace organických kontaminantů. Takovéto čištění může probíhat u znečištění organickými polutanty jako ropné uhlovodíky, chlorované uhlovodíky a zároveň jako přidružená metoda závěrečných fází čištění kontaminovaného média. Omezení nastává v případě špatně propustných hornin, nehomogenního znečištění a problém nastává i v případě nehomogenního průtoku plynu do znečištěné zóny, protože může způsobit nekontrolovatelný únik plynů do okolního prostředí [3, www27, www31].

3.8.3 Bioslurping

Kombinací dvou sanačních metod vznikla metoda bioslurpingu. Jedná se o kombinaci vhánění plynu pro podporu bioremediace a zároveň o vakuové odsávání vzniklých produktů na hladině podzemní vody a kapilární třásně. Jedná se o kombinovanou sanační metodu odsávání kontaminovaného materiálu z hladiny podzemní vody a saturované zóny. Využití nacházíme při odstraňování nerozpustných látek ve vodě a s nižší měrnou hmotností než voda. Mezi tyto látky patří ropné uhlovodíky převážně v podobě pohonných hmot. Nevýhodou může pak být velké množství čerpaného materiálu a problémy vznikající při jejich oddělení. Tento proces může zvýšit finanční náročnost postupu [3, 12, www27].

3.8.4 Biologické reaktivní bariéry

Využívají propustných stěn, které jsou pokryty biologicky reaktivním materiálem, který přeměňuje prostupující látky na méně nebezpečné či tyto látky biochemicky transformuje a vyloučí životnímu prostředí neškodné látky. Proces probíhá v přirozeném režimu vod bez nuceného čerpání. Pro podporu bioremediace může být přidáváno reakční činidlo, které zvýší efektivnost procesu. Lze využít k sanaci organických polutantů, např. chlorované uhlovodíky, benzen, toluen a etylbenzen. Využívá se však po zvážení pro polutanty, jež jsou biologicky odbouratelné a záleží i na rychlosti procesu. Omezení využití biologicky reaktivních bariér spočívá v místních geologických a hydrologických podmínkách a homo-

genním šíření polutantu. Je třeba se ohlížet i na technologické řešení situace. V případě těžko dostupných míst může aplikace bariér enormně zvýšit finanční náklady [3, www27].

3.8.5 Přirozená, monitorovaná a podporovaná atenuace

Jedná se o proces přirozené dekontaminace, kdy je snižován objem, množství a koncentrace polutantů přirozeně probíhajícími procesy, případně u podporované atenuace dochází zároveň ke snižování inhibičních a omezujících faktorů k efektivnějšímu průběhu sanace. Velký ohlas sklidila atenuace při odbourávání ropných uhlovodíků a lze říci, že je vysoce účinná. Rozhodujícím faktorem je doložitelné zjištění, že šíření polutantu není rychlejší než průběh samotné atenuace. Nelze využít u biologicky neodbouratelných látek a v případě, kdy jsou vzniklé produkty více nebezpečné životnímu prostředí než jejich původní forma. V podmínkách České republiky je úspěšně aplikovatelná především podporovaná atenuace. Snížení provozních nákladů může však vzrůst díky monitorovací síti, která může být až neúnosně nákladná. Využití má potenciál u odstraňování zbytkových polutantů po samotném sanačním zákroku. Mezi hlavní podporované atenuační pochody řadíme degradaci a transformaci. Doba sanace je u tohoto postupu dlouhá. Je tedy třeba počítat v řádech let až desítky let [2, 3, 7, www22].

3.8.6 Bioreaktory

Znečištěná voda je sanačním čerpáním dopravena do bioreaktorů, kde jsou vytvořené adekvátní podmínky pro růst a život mikroorganismů. Odbourávání probíhá dvojím způsobem. Anaerobní reaktory odbourávají především chlorované sloučeniny a aerobní reaktory pak ropné uhlovodíky, organické látky a pohonné hmoty. Omezení použití dané technologie je způsobeno využitím mikroorganismů. K jejich růstu a životu je třeba zajistit určité podmínky jako určité množství organické hmoty, teplotu a v případě aerobního zpracování i přísun konečného akceptoru elektronů - kyslíku. Při zajišťování těchto podmínek může dojít k neúnosnému zvyšování nákladů a tím se metoda stává finančně nevýhodnou k sanaci [3].

3.9 Fyzikální a chemické metody

Sanace podzemních vod in situ v praxi rozdělujeme principiálně na tři typy. Je to čištění center nerozpustné kontaminace v úrovni kapilární třásně neb pod ní, sanace kontaminačního mraku rozpuštěných polutantů v podzemní vodě a vytvoření bariéry pro zastavení přenosu rozpuštěného znečištění. Mezi často využívanou metodu patří airsparging v kombinaci s jinými metodami. Dalším využívaným postupem je chemická oxidace. U ní je třeba řádně určit přítomný polutant a na základě toho zvolit oxidační činidlo. Mezi nejčastější oxidační činidla patří manganistan draselný a Fentonovo činidlo.

Mezi fyzikálně chemické metody in situ řadíme:

- Air sparging,
- chemickou oxidaci in situ,
- metody tepelného ošetření,
- vertikální bariéry,
- hluboká injektáž,
- hydraulické a pneumatické štěpení,
- torpedace,
- radiolytický rozklad [3].

3.9.1 Air sparging

Metoda pracující na principu vhánění vzduchu systémem air spargingových vrtů pod hladinu podzemní vody. Těkavé sloučeniny sorbované na půdních koloidech jsou bublinkami vzduchu odnášeny do nesaturované zóny, odkud může být kontaminovaný vzduch odsáván. Zároveň probíhá podpora aerobních procesů a zvyšuje se efektivnost přirozené bioremediace. Využitelnost této metody je v oblastech kontaminace pohonnými hmotami, ředidly, chlorovanými uhlovodíky a dalšími těkavými kontaminanty. Omezení použití je v propustnosti nasycené zóny [3, www27].

3.9.2 Metody tepelného ošetření

Zahříváním kontaminované zóny dochází ke zvyšování difuze do vodného prostředí a tím dochází ke zvýšení možnosti sanačního čerpání kontaminantu. Tento postup je jen doplňkovým postupem a využívá se v kombinaci s jinými sanačními metodami. Lze dekontami-

novat všechny polutanty, které lze zplynit a poté odstranit z vodního prostředí. V praxi bylo využito pro snížení kontaminace chlorovaných rozpouštědel, pohonných hmot a monoaromatických uhlovodíků [3, www27].

3.9.3 Vertikální bariéry

Základním principem všech vertikálních bariér je zamezení šíření kontaminace do okolí. Existuje více druhů bariér a to nepropustné bariéry, drenážní bariéry a reaktivní bariéry. Nepropustné bariéry jsou instalovány k zamezení šíření kontaminace jak půdním vzduchem, tak vodou. Nedochází k žádné výměně vně izolované prostředí. Může se jednat o zakonzervování znečištění, které je jinými metodami neproveditelné a to jak z technických, tak finančních důvodů. Drenážní bariéry pracují na principu usměrňování toku znečištění v daném směru a tím zpřístupňuje kontaminaci jiným sanačním metodám a usnadňuje její odstranění. Reaktivní bariéry zamezují šíření kontaminace, a zároveň zahrnují postup odstraňování kontaminantu reaktivními bariérami obsahující materiál způsobující změnu kontaminantu za účelem odstranění [3, www27].

3.9.4 Hluboká injektáž

Jedná se o hlubkové zavedení média pod tlakem do kontaminovaného místa. Může se jednat o zastavení šíření mraku kontaminace zaplněním půdních pórů, anebo zavedení reaktivního činidla do místa kontaminace, které je hluboko pod povrchem. Obecně lze využít tuto metodu pro jakýkoliv kontaminant, který se nachází v půdě až stovky metrů pod povrchem. Omezení je pak spatřováno v technologických problémech zavedení injektáže a nebezpečí hrozí i v nevhodné reakci média s okolním prostředím například koroze či kolmatace [3, www27].

3.9.5 Hydraulické a pneumatické štěpení, torpedace

Souhrnnou charakteristikou pro všechny tyto tři metody je cílový stav, kdy je žádoucí vznik prasklin v horninovém prostředí pro zvětšení propustnosti prostředí. Zvýšení zpřístupnění nepřístupných míst, lze lépe provádět sanační práce a otevírá se nám brána pro využití širší škály sanačních metod. Před aplikací rozvolňovacích prací je třeba posoudit možnost jejich aplikace v dané lokalitě v závislosti na zastavěnosti území a statice budov. Během rozvolňovacích prací je třeba provádět řádný monitoring průběhu. Aplikace těchto

metod je finančně přístupná a je vhodné ji zvážit před využitím jiných metod, kde je propustnost prostředí klíčovým parametrem efektivity sanace [3, www27].

3.9.6 Radiolytický rozklad

Odstraňování polutantů probíhá působením γ – zářením na kontaminovanou vodu, která proudí přes uměle vytvořené radiační pole a spolu s působením kyslíku či peroxidu vodíku dochází k rozpadu polutantu. Metoda je aplikovatelná pro odstraňování především organických a biologických znečištění. Omezení této metody spatřujeme v nutnosti zajištění dostatečně silné vrstvy vody proudící nad radiačním zářením, musí být zajištěna dostatečná rychlost proudění a musí být zvolena pouze pro vhodné kontaminanty tak, aby nevznikaly procesem produkty nebezpečnější než původní. Sanační metoda byla na území České republiky již využita s pozitivními výsledky sanace [3, www27].

Mezi fyzikálně chemické metody ex situ řadíme:

- Air stripping,
- adsorpce,
- chemická oxidace,
- sanační čerpání a čištění po vyčerpání,
- srážení, koagulace, flotace a flokulace [3].

3.9.7 Air stripping

Dochází k přeměně těkavých látek z vodné fáze do plynné. Postup je založen na zvětšení měrného povrchu znečištěné vody a to buďto rozprašováním do kapiček vody nebo vháněním vzduchových bublin do znečištěné vody. Hojně využívaná metoda s vysokou účinností je pravidelně využívána jak pro sanaci ekologických zátěží, tak při úpravě odpadních vod. Omezujícím faktorem je možnost dekontaminace pouze těkavých či polotěkavých anorganických látek a organických látek [3, www27].

3.9.8 Adsorpce

Při dekontaminaci vod adsorpcí se využívá přechodu látek z prostředí o vyšší koncentraci do prostředí o nižší koncentraci a vlastnosti adsorbentů s velkým povrchem zapříčiněného velkou pórovitostí. Jedná se o akumulaci adsorbátu na povrchu adsorbentu. Nejpoužívaněj-

ší materiál pro sanaci vod je aktivní uhlí. Aktivní uhlí se získává karbonizací a aktivací biologického materiálu. Lze sanovat jak plynné, tak kapalné látky. K samotné reakci dochází na fázovém rozhraní, tj. mezi plynnou či kapalnou fází a pevnou fází. Standardně se jedná o dekontaminaci organických látek snižující kvalitu vod ve zbytkových množstvích. Tímto postupem lze odstranit rozpuštěné těžké kovy a volný chlor [3].

3.9.9 Sanační čerpání a čištění po vyčerpání

Sanační čerpání je nejstarší využívanou metodou při dekontaminaci podzemních vod. Před zahájením samotného procesu sanačního čerpání je třeba zjistit hydrogeologické a hydraulické parametry prostředí ověřovacími hydrodynamickými zkouškami, dále je nutno znát rozsah, stav a postupný vývoj kontaminace a migrační parametry. Sanační čerpání kontaminované vody probíhá za dvěma účely. Buďto za účelem následného využití nebo za účelem vytvoření snížení hladiny podzemní vody a tím hydraulického sklonu k hydraulickému objektu. Tuto základní sanační metodu můžeme využít při dekontaminaci rozpuštěných, zkapalněných či zkapalnitelných kontaminantů ze saturované zóny. Lze kombinovat i s jinými podpůrnými metodami pro zvýšení účinnosti sanace [3, www27].

Omezujícími parametry jsou zajištěny dány legislativní úpravou, omezení je dáno také propustností saturované zóny a omezení je také ve vhodnosti aplikace v dané oblasti. Čerpací vrty jsou zahrnuty dle legislativy jako vodní dílo, je tudíž třeba získat vodohospodářské rozhodnutí a zpracovat manipulační a provozní řád.

Sanační čerpání lze rozčlenit na jednofázové, dvoufázové, trojfázové a cirkulační. Mezi využívaná čerpadla patří ponorná, kalová, horizontální samonasávací, pístová poma-loběžná a pneumatická čerpadla. Využití jednotlivých typů je v závislosti na velikosti frakce znečištěných látek a hloubce podzemní vody.

Čištění čerpané vody je za potřebí v případě, kdy nedojde k oddělení kontaminovaného materiálu od vody a ke snížení znečištění pod mez stanovených limitů pro vypouštění odpadních vod. Mezi stěžejní metody čištění vod patří čištění založené na principu:

- Gravitačního odloučení,
- sedimentace,
- odstředění,
- filtrace,

- adsorpce,
- stripování,
- neutralizace,
- srážení, koagulace, flokulace, flotace,
- oxidace,
- membránová separace [3, www27].

3.9.10 Srážení, koagulace, flokulace, flotace

Srážení je postup, při kterém se do znečištěného média přidá vhodné činidlo nebo se změní podmínky teplotou nebo oxidačně redukčních podmínek za účelem vysrážení polutantu. Vytvořená nerozpustná sraženina je pak následně odstraněna sedimentací, koagulací, flotací, filtrací, anebo jiným vhodným separačním postupem. Koagulace je postup, kde dochází k odstraňování kontaminace z koloidních solů. Flokulace je brána jako součást koagulačního procesu, kdy dochází k vyseparování polutantu ve formě vloček, které jsou následnými separačními metodami odděleny od vody. Flotace je proces, který je průmyslově široce využíván k separaci minerálních rud a uhlí nebo při čištění odpadních vod a recyklaci plastů. Flotační proces zakládá na rozdílné smáčivosti jednotlivých složek směsi. Pomocí vzduchových bublin dochází k vytváření hydrofobní, špatně smáčivé částice, tzv. flokule, jejíž hustota je nižší než hustota okolního kapalného prostředí. Tímto jsou flokule vynášeny na hladinu. Dobře smáčivé hydrofilní složky zůstávají ve vsádce. Omezení použití těchto metod je především v závislosti na kvalitě vzniklých sraženin a účinnosti filtrační metody. Následně je třeba zneškodnit vzniklý kal, který bývá vysoce toxický [3, www27].

3.10 Související právní úprava

V současné době neexistuje ucelená právní úprava problematiky sanací starých ekologických zátěží. Je třeba tento problém vyhledat ve vybraných právních předpisech. Právní předpisy jsou obecně rozděleny podle jednotlivých složek životního prostředí. Je nezbytně nutné hledět na Evropské právní předpisy jako na svrchované a tudíž si shrneme základní předpisy týkající se daného tématu diktované Evropskou unií.

Mezi řešené složky životního prostředí vztahující se k probíranému tématu upravované legislativou patří půdy, vody, činnosti, které vedou nebo mohou vést ke znečištění

životního prostředí a nebezpečné látky [7]. Všechny uvedené právní předpisy jsou zmiňovány v platném znění.

3.10.1 Obecná ochrana přírody a krajiny

Obecná ochrana přírody a krajiny reprezentuje ochranu krajiny, rozmanitosti druhů, přírodních hodnot a estetických kvalit přírody. Zároveň se zaměřuje na ochranu a šetrné využívání přírodních zdrojů. Zaobírá se nejšířšími zájmy, největšími plochami v České republice a největším okruhem subjektů. Stěžejní oporou v legislativě je zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění, který rozlišuje obecnou ochranu přírody a krajiny ve třech úrovních – obecná ochrana územní, obecná ochrana druhová a obecná ochrana neživé části přírody a krajiny [www32].

Česká republika se vstupem do Evropské unie zavázala k implementování mezinárodních úmluv do systému právní úpravy České republiky. V oblasti ochrany přírody a krajiny tomu není výjimkou, a proto jsme vázáni těmito mezinárodními úmluvami:

- Bonnská úmluva,
- Bernská úmluva,
- Ramsarská úmluva,
- Karpatská úmluva,
- CITES - Úmluvu o mezinárodním obchodu ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin [www33].

3.10.2 Ochrana životního prostředí

Prameny práva ochrany životního prostředí jsou obsaženy v široké škále různých právních předpisů a neexistuje kodifikovaná verze. Ochrana životního prostředí je primárně již zakotvena v Ústavě České republiky článkem 7, dále pak v Listině práv a svobod článkem 35, dále v zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí v platném znění a v zákoně č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí v platném znění. Existují dále právní předpisy zřizující instituce, jež jsou pověřeny výkonem ochrany životního prostředí [13].

Právní předpisy v oblasti životního prostředí lze rozdělit na dva typy, a to složkové a průřezové. Složkové předpisy představují právní ochranu jednotlivých složek životního prostředí a průřezové pohlíží na životní prostředí jako celek.

Mezi stěžejní složkové zákony řadíme:

- Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu v platném znění,
- zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství v platném znění (horní zákon),
- zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a změně některých zákonů v platném znění,
- zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých předpisů v platném znění (vodní zákon),
- zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší v platném znění.

Mezi stěžejní průřezové zákony v oblasti ochrany životního prostředí řadíme:

- Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí v platném znění,
- zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečištění a o změně některých zákonů v platném znění (zákon o integrované prevenci),
- zákon 167/2008 Sb., o předcházení ekologické ujmě a o její nápravě v platném znění,
- zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií v platném znění,
- zákon č. 183/2006 Sb., stavební zákon v platném znění [13, 14].

3.10.3 Právní úprava vztahující se ke starým ekologickým zátěžím

Při porušení právních povinností v oblasti právního rámce ochrany životního prostředí může dojít k znečištění životního prostředí. Odpovědná osoba pak má administrativně právní odpovědnost při odstranění této zátěže a to v podobě nápravných opatření. Nápravným opatřením se má na mysli odstranění příčin způsobující nepříznivé účinky na chráněnou část životního prostředí.

Z obecného hlediska se dá říci, že všechny staré ekologické zátěže vznikly na základě nedodržování právních předpisů a vzhledem k faktu, že se jedná o špatné nakládání s odpady, jednou ze stěžejních právních norem, která ošetřuje tuto problematiku, je zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů. V zákoně je jasně vyhraněno co je odpad a jak s ním v případě vzniku nakládat tak, aby se co v nejvyšší míře omezily nepříznivé dopady na životní prostředí. Diktuje podmínky nakládání s odpady s důrazem na předcházení jeho vzniku a omezování jeho nebezpečných vlastností.

Další stěžejní právní norma ošetřující oblast starých ekologických zátěží je zákon č. 167/2008 Sb., o předcházení ekologické újme a její nápravě a o změně některých zákonů v platném znění. Tento zákon se zaměřuje na prevenci v oblasti ekologických újem na životním prostředí a upravuje práva a povinnosti osob při předcházení ekologické újme, při jejím vzniku a k její nápravě. Ekologická újma je dle zákona definována jako nepříznivá měřitelná změna přírodního zdroje nebo měřitelné zhoršení jeho funkcí, které se mohou projevit přímo nebo nepřímo [7, 14].

3.10.4 Právní režim ochrany půdy

Obecná definice půdy dle Jandáka (2010) popisuje půdu jako přírodní útvar, který se vyvinul z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků a jeho stavba a složení jsou výsledkem působení klimatu a živých organismů žijící na půdě i v půdě. Nelze však pohlížet na půdu jako samostatný celek životního prostředí, jelikož je to součást ekologického systému, který spolu s atmosférou, hydrosférou a biocenózou tvoří ekosystém. Základní funkcí půdy je médium pro potravní řetězec a pro cykly prvků, látek a energií. Půda je nepostradatelná pro život na zemi a tudíž je třeba o ni pečovat a chránit jí. Staré ekologické zátěže jsou jednoznačným pochybením při dodržování legislativních předpisů a jejich důsledkem je vnesení znečišťujících látek do půdy a vody [15].

Mezi právní předpisy týkající se ochrany půd v evropském měřítku patří rozhodnutí 1600/2002/EC, kterým byl přijat 6. Akční plán Společenství pro životní prostředí, kde k hlavním prioritám politiky životního prostředí EU patří boj proti klimatickým změnám a znečištění, zachování biologické rozmanitosti, podpora odpovědného využívání přírodních zdrojů, jakožto i půdy a udržitelný rozvoj. Dále se společenství závazně přislíbilo přijmout tematickou strategii pro ochranu půdy, která přispěje k zastavení a zvrácení její degradace [16, www34, www35].

Dalším významným dokumentem vztahující se k ochraně půd na evropské úrovni patří Směrnice 2004/34/ES o odpovědnosti za životní prostředí v souvislosti s prevencí a nápravou škod na životním prostředí. Tato směrnice nastavuje rámec odpovědnosti za životní prostředí, a to způsobem zvaným „znečišťovatel platí“ za účelem předcházení škodám na životním prostředí a jejich nápravě. Zároveň jsou identifikována místa již znečištěné nebezpečnými látkami a zavazuje se k přijímání opatření k omezení vnášení nebezpečných látek do půdy [16, 17].

Návrh směrnice Evropského parlamentu a rady o zřízení rámce pro ochranu půdy a o změně směrnice 35/2004/ES se zabývá zavedením jednotného plánu na ochranu a udržitelné využívání půdy, zachování funkce a předcházení hrozeb pro půdu a obnově degradované půdy. Jsou identifikována lokality ohrožené erozí, jsou navrženy opatření proti erozi a kontaminaci půd a jsou určeny znečištěné lokality a způsob jejich dekontaminace [7].

Mezi prameny práva na ochranu půdy v České republice řadíme

- Zákon č. 334/1992 Sb., O ochraně zemědělského půdního fondu v platném znění,
- vyhláška 13/1994 Sb., kterou upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského fondu v platném znění,
- zákon č. 289/ 1995 Sb., o lesích a změně některých zákonů v platném znění,
- zákon č. 50/ 1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu v platném znění,
- zákon č. 156/2002 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemické zkoušení půd v platném znění,
- zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách v platném znění,
- zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění,
- zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství v platném znění [14,16].

Právní ochrana půdy je nastavena tak, aby chránila půdu před vznikem eroze, před jejími ztrátami, jejím zastavením a použitím k průmyslové nebo těžební činnosti a před jejím znehodnocováním. Jako i v jiných právních úpravách zákony diktují sankce za přestupky při nedodržení stanovených podmínek. V případě ochrany půdy je zde handicap neucel-

nosti právní úpravy, která ale po prostudování udává základní principy ochrany půd. Patří sem zásada ochrany ekologických funkcí půdy, zásada racionálního hospodaření s půdou a na půdě, zásada prevence a zásada zvýšené ochrany některých částí půdy. Právní úprava se zabývá v zásadě však jen ochranou zemědělské půdy a lesů [16].

Mezi stěžejní právní úpravu při ochraně zemědělského půdního fondu řadíme zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny v platném znění a zákon č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu v platném znění, které zajišťují právní ochranu zejména účastí na ochraně půdního fondu a především při pozemkových úpravách. Nastoluje definici zemědělského půdního fondu, který je základním přírodním bohatstvím naší země, nenahraditelným výrobním prostředkem umožňujícím zemědělskou výrobu a je jednou z hlavních složek životního prostředí. Ochrana zemědělského půdního fondu, jeho zvelebování a racionální využívání jsou činnosti, kterými je také zajišťována ochrana a zlepšování životního prostředí.

Právní úprava problematiky kontaminace půd se opírá především o zákony č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu v platném znění a č. 156/1998 Sb. o hnojivech v platném znění a částečně o zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech v platném znění a příslušné vyhlášky k těmto zákonům. Tyto zákony však pohlížejí jen na problematiku zemědělských půd a nepohlíží celkově na půdu jako složku životního prostředí [16,17].

3.10.5 Ochrana vod

Hlavním cílem právní úpravy ochrany vod je ochrana vod a to včetně prostředí, ve kterém se nacházejí a zajištění racionálního zacházení s nimi. Předmětem právní ochrany zákona o vodách jsou vody povrchové, podzemní a důlní. Povrchovými vodami se má na mysli vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu a to ani v případě, když přechodně protékají zakrytými úseky, přirozenými dutinami, tunely nebo v nadzemních vedeních. Podzemními vodami se má na mysli vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami. Podzemními vodami se mají na mysli i vody protékající drenážními systémy a vody ve studnách. Důlními vodami se rozumí vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na způsob vniknutí [16].

Základní prameny právní úpravy ochrany vod jsou:

- Zákon 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů v platném znění,

- vyhláška 431/ 2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a údajích pro vodní bilanci v platném znění,
- vyhláška č. 471/2001 Sb., o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly v platném znění,
- vyhláška č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření jakosti vod v platném znění,
- vyhláška 293/2002 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových v platném znění,
- Nařízení vlády 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, náležitosti povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a citlivých oblastí v platném znění [16].

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Metodika

Pro svou práci jsem si vybrala lokalitu Lagun Ostramo nacházející se v Moravskoslezském kraji v městě Ostrava. Cílem této práce je vyhodnocení negativních vlivů staré ekologické zátěže vzniklé již v roce 1888. V teoretické části se zabývám obecnou problematikou starých ekologických zátěží, způsobem sanací, legislativní úpravou a obecnou metodikou pro dekontaminaci kontaminované lokality dle uvedené metodiky MŽP. V praktické části se budu zabývat riziky na lidské zdraví a složky životního prostředí, dosavadních postupů sanace, vyhodnocování šíření kontaminace a navrhnu možné varianty řešení problému. Pro tento postup volím částečnou analýzu rizik dle metodiky MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území z roku 2011. Analýza rizik je stěžejním odborným podkladem pro proces sanace kontaminovaného území.

Částečná analýza rizik obsahuje tyto části:

- Rešerše dosavadního průzkumu kontaminovaného území,
- shrnutí dosavadního postupu sanace,
- popis jednotlivých kontaminantů spolu s jejich riziky pro jednotlivé složky životního prostředí,
- návrhy cílových opatření a konečné sanace lokality.

Hlavním cílem mé práce je identifikace zdravotních rizik pro obyvatelstvo a posouzení rizika, které kontaminace území přináší pro životní prostředí a v konečné fázi navrhnutí nápravných opatření pro zneškodnění této staré ekologické zátěže. Nebudu se věnovat všem jednotlivým kapitolám z metodického pokynu MŽP pro analýzy rizik kontaminovaného území z důvodu nedostatku informací a zachování rozsahu diplomové práce.

4.2 Geomorfologické a klimatické poměry lokality

Z geomorfologického pohledu je kontaminované území začleněno jako mírně zvlněná rovina údolní nivy. Tvarový ráz krajiny je popisován jako území s převážně prvky rovinného

reliéfu. Dnešní krajina je modelována hlavně antropogenní činností.

Lokalita lagun Ostramo je podle Quitta zařazen do třídy MT 10 s dlouhým a mírně suchým teplým létem, krátkým přechodným obdobím, mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, krátkou zimou, která je mírně teplá a velmi suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky [18].

Tabulka 1 Charakteristika třídy MT 10 [Zdroj: 18].

Počet letních dnů (s teplotou > 25 °C)	40 – 50
Počet dnů s prům. teplotou 10 °C a více	140 - 160
Počet mrazových dnů	110 – 130
Počet ledových dnů	30 - 40
Průměrná teplota v lednu	-2 až -3 °C
Průměrná teplota v dubnu	7 – 8 °C
Průměrná teplota v červenci	17 – 18 °C
Průměrná teplota v říjnu	7 – 8 °C
Prům. počet dnů se srážkami 1 mm a více	100 - 120
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50 - 60
Roční srážkový úhrn	600 - 700 mm
Počet dnů zamračených	120 – 150
Počet dnů jasných	40 - 50

Je třeba zmínit fakt, že reálná situace na vybraném území, se mírně odlišuje od tabulkových hodnot. Tento fakt je způsoben převážně vysokou koncentrací průmyslu, hustou zástavbou a specifickými podmínkami Ostravské pánve. Srážky a kondenzace se na území Ostravy drží delší než uvedenou dobu. Průměrná teplota ovzduší je ovlivněna znečištěním ovzduší průmyslovými zdroji, přičemž průměrná roční teplota ve městě je 8 °C, což je o 1 – 2 °C více než v jeho blízkém okolí. Tato odchylka je způsobena vlivem reliéfu ostravské kotliny a koncentrací průmyslu.

Literatura uvádí roční úhrnné srážky ve výši 660 mm, které dosahují maxima v let-

ních měsících, avšak i přesto jsou během roku rovnoměrné. Provětrání lokality je v porovnání s celou Českou republikou nadprůměrné a převážně zde vane vítr jihozápadní. Vzhledem k rovinnému terénu oblasti, nebrání větrům žádné výrazné terénní útvary ani vyšší stavby a stav bezvětří se v oblasti dle statistických hodnot vyskytuje jen v 28 % času v roce. Na základě těchto informací lze vydedukovat, že dominantní zdroje znečišťování ovzduší pochází z přízemních zdrojů jako autodoprava, zařízení pro výrobu energie a emise z povrchu lagun a okolních kontaminovaných zemin. Imise pocházející z lagun Ostramo lze detekovat pěti monitorovacími stanicemi v okolí.

K emisím vypouštěných do ovzduší z lagun Ostramo patří hlavně NEL (BTEX a chlorované uhlovodíky) a méně pak SO_2 . Množství emisí vypouštěných do ovzduší z areálu lagun není vysoké, jelikož povrch je blokován vrstvou uložených odpadů a srážkovou vodou. Na základě dat z měřících stanic lze konstatovat, že laguny dotují ovzduší polutanty spolu ostatními zdroji znečišťujícími okolí, jako chemická továrna BorsodChem MCHZ, s.r.o., koksovna Jan Šverma a provoz na silnici Mariánskohorská. K těmto látkám řadíme benzo(a)pyren a PM_{10} . Avšak nejsou překročeny ani denní ani roční imisní limity na měřící stanici na Fifejdách [18].

4.3 Hydrologické poměry

Oblast, kde se nachází laguny Ostramo je umístěna napravo od hlavního toku řeky Odry. Území zahrnuje povodí Odry od Opavy po Ostravici a má hydrologické číslo 2-02-04-003/2. Toto území zabírá 12 188 km^2 . Vyznačuje se jako oblast s vysoce kolísavým průtokem, který je v průměru 3 – 6 l/s/km^2 a slabou retenční schopností. Přirozený směr proudění podzemní vody je sváděn směrem k soutoku dvou řek – Odry a Ostravice.

K nejhroženějším vodním tokům v okolí lagun patří Černý potok, který se nachází cca 400 m severoseverozápadním směrem od lagun. Režim Černého potoka je vysoce ovlivněn činnostmi prováděnými v rámci nápravných opatření. Je do něj vypouštěno 23 výpusť odpadních vod a směrem po toku je dále zaústěn vývod z městské čistírny odpadních vod [18].

4.4 Geologické poměry

Laguny Ostramo se nacházejí v místě karpatské předhlubně, kde byly svrchní horniny překryty jílovitými sedimenty. Oblast Petřkovic a Hrušova jsou utvořeny karbonským blokem, který je oddělen vrstvami ostravského brousku. Povrch v oblasti je značně členitý. Svrchní vrstva povrchu je tvořena štěrkovou terasou řeky Odry a Ostravice. Důležitým prvkem vzniklým při tvorbě krajiny je tzv. zábřežské subglaciální koryto, jež je tvořeno propustnými vrstvami a je v depresi vůči okolí. V tomto místě se nachází vodní zdroj Nová Ves. Tento fakt ohrožuje zdroj pitné vody, protože svažení povrchu způsobuje tendenci podzemních vod (a to i kontaminovaných z oblastí lagun) vtékat do vodního zdroje Nová Ves. Svrchní vrstva je tvořena převážně lidskou činností a jsou převážně to navážky haldoviny [18].

4.5 Geochemické poměry

Jak již bylo zmíněno, svrchní vrstva území pochází převážně z činnosti člověka. Svrchní navážky zadržují značnou část polutantů. Tato vrstva je tvořena karbonovým jílovcem, méně prachovcem a pískovcem. Místně uváděný koeficient alkalinity $X_{alk} = 0,05 - 0,1$ mmol/kg značí nízkou reaktivnost horniny. Obsah látek v okolí a místě lagun je značně ovlivněn lidskou činností. V lagunách konkrétně najdeme převážně znečištění v podobě hlavně ropných uhlovodíků a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). Dále pak se zde nachází PCB, fenoly, olovo, železo a hliník. Průzkumem se přišlo na fakt, že nejvyšší koncentrace polutantů, a to nad 10 mg/kg, se nacházejí ve větších hloubkách (cca 4 m a hlouběji). Radioaktivita nebyla zjištěna v ohrožující míře. Laguny R1 a R0 jsou převážně tuhého charakteru a literatura uvádí, že se jedná o silně kontaminované zeminy. Zatímco Laguny R2 a R3 jsou klasifikovány jako vyplněné převážně tekutými až kašovými odpady. Kontaminace je zaznamenána také v blízkém okolí. Jak v hrázích, tak v okolních pozemcích, kde se koncentrace pohybuje kolem hodnoty 15 mg/kg. Toto je způsobeno manipulací s odpadem, průsaky ze skládky odpadů a existujícím provozem podniků v okolí.

Kontaminace náplavových hlín napodobuje znečištění svrchních navážek a spodních štěrkopísků. Hodnoty koncentrace polutantů jsou řádově nižší, řádově jednotky až desítky mg/kg a jejich složení je podobné. Tato vrstva náplavových hlín je propustnější pro polární organické látky (PAL – A) a anorganické látky než pro NEL a jiné organické kontaminanty.

Pro štěrkopísky údolní terasy, kde se nachází hladina podzemní vody, platí, že hlavním polutantem jsou NEL. Vzhledem k jejich vlastnostem jsou nerozpustné ve vodě, a proto plavou na hladině. V předkvartérním podloží se nevyskytují kontaminanty ani při styku s podzemní vodou [18].

4.6 Laguny Ostramo

Pro svůj výzkum jsem si zvolila starou ekologickou zátěž zvanou Laguny Ostramo. Jedná se o jednu z největších ekologických zátěží na území České republiky vzniklou na konci 19. století z rafinérské výroby. V průběhu 20. století se měnil druh ukládaného odpadu, nicméně větší část z nich vykazoval nebezpečné vlastnosti. Aktuálním vlastníkem je podnik DIAMO, Stráž pod Ralskem, správcem odštěpný závod Odra, Ostrava- Vítkovice. Plocha celé skládky činí přibližně 7 ha a je rozdělena do čtyř sektorů – laguny R0, R1, R2 a R3 [19].

4.7 Historie vzniku skládky

Tato skládka odpadů vznikla ukládáním odpadu z rafinérie na výrobu petroleje a těžkého topného oleje zahájené zde v roce 1888, a to vídeňským průmyslníkem dr. Maxem Böhmem a vídeňskou firmou M. Thorsch & Söhne. Za druhé světové války byla rafinérie přestavěna na rafinerii surových minerálních olejů pro potřeby armády. Od konce druhé světové války až do konce 70. let zde byla produkována široká škála rafinérských výrobků jako např. pastová maziva, oleje, asfalt, parafín a benzín. Při zpracování parafinu se používalo organických rozpouštědel chlorovaných uhlovodíků. Následně byla v roce 1965 na místě rafinérie vybudována linka na regeneraci upotřebených ropných olejů, která využívala kyselinovou regeneraci. Na počátku 80. let se stala tato linka jediným výrobním programem závodu. V roce 1996 byl provoz rafinérie zastaven, a tím pádem skládka sloužila až do 31. 7. 1996 k ukládání odpadů z provozu rafinérie minerálních odpadů. Na základě rozhodnutí Magistrátu města Ostravy bylo využívání skládky odpadů zastaveno [23].

Skládka je rozdělena do čtyř sektorů a nelze přesně určit datum vzniku jednotlivých lagun. Vzhledem k měnící se povaze využití přilehlých závodů a k nedokumentovanému ukládání odpadů na skládku, nelze říci přesné složení ani objem uloženého odpadu. Před-

pokládáný objem byl před první fází sanace 475 000 Mg kontaminovaného materiálu [23]. Na obrázcích v příloze č. 12 jsou znázorněny laguny v průběhu času.



Obrázek 4 Laguny Ostramo 8. 7. 1991 [Zdroj: 23].

4.8 Majetkové poměry skládky

Myšlenkou zakladatele bylo založit skládku odpadů mimo oblast osídlení. S postupným rozvojem města Ostravy se však dostala skládka do centra a je v blízkosti zastavěné plochy. Jak je z obrázku č. 5 patrné, laguny jsou lokalizovány v malé blízkosti obydleného území odhadem 500 m. Obydlené území je zvané sídliště Fifejdy s vysokou koncentrací obyvatel. Celkový počet obyvatel sídliště Fifejdy je 12 267 osob o rozloze 7,35 km².

Jedním z problémů realizace sanace kontaminovaného místa je vlastnictví pozemků jinými osobami v dosahu kontaminace jak je vidět na obrázku v příloze č. 8. V případě, kdy se má uskutečnit jakýkoliv zásah do areálu a budou tím ovlivněny majetky jiných firem než podniku DIAMO, je třeba žádat o povolení.

V roce 1992 se stala majitelem firma OSTRAMO – Vlček a spol., s.r.o. Do roku 1996 probíhá výzkum v kontaminované oblasti, odhadují se objemy jednotlivých lagun a jejich složení a dochází se k závěru, že sanační práce takto obrovské ekologické zátěže překračují možnosti soukromého podnikatele a usnesením č. 626 z roku 1996 bylo rozhodnuto o pře-

vzetí ekologické zátěže státem. Správu, přípravu a zajištění sanace skládky zajistí státní podnik DIAMO, s. p. [23].

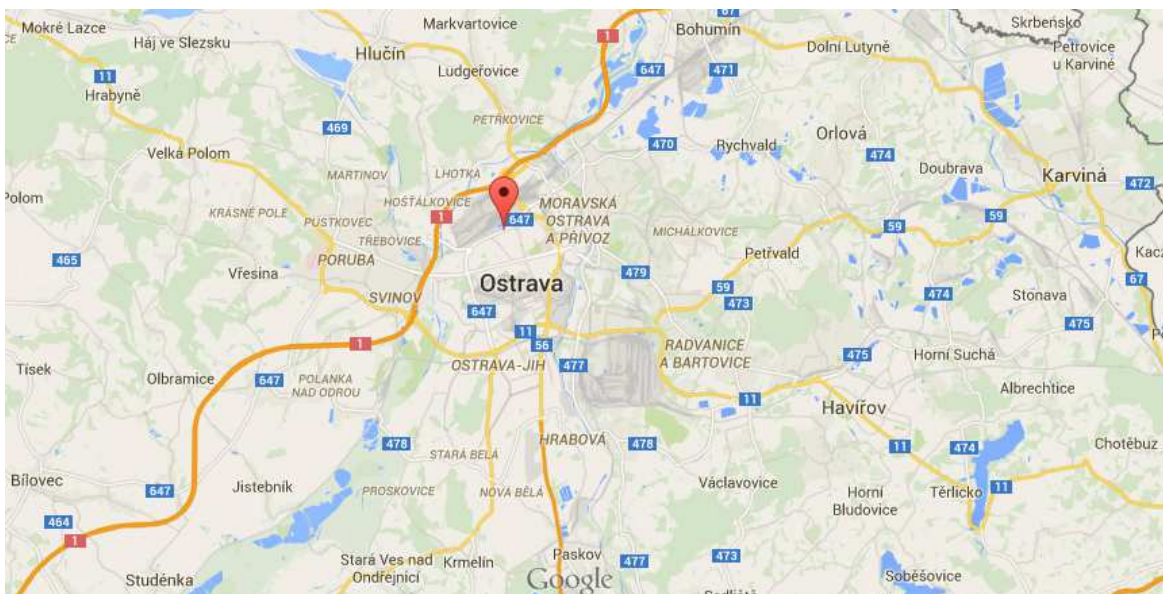
4.9 Geografické vymezení území a popis širšího okolí

Areál skládky je umístěn v Ostravě v katastrálním území č. 713830 Mariánské hory, obec 554821 Ostrava, okres 3807 Ostrava- město, městský obvod Mariánské hory a Hulváky. Umístění skládky je v průmyslové zóně v okrajové části údolní nivy řeky Odry. Vlastní těleso skládky se nachází na pozemcích p.č. 736/70, 736/54, 732/9 a 733/2 k.ú. Mariánské Hory. Jeho jihovýchodní okraj, včetně části přístupové cesty na hrázi, PTS a oplocení zasahuje na pozemek p.č. 730/3, který je ve vlastnictví města Ostravy. DIAMO, s. p., odštěpný závod Sanační práce uzavřel s Magistrátem města Ostravy smlouvu o výpůjčce uvedené části parcely o výměře 10 398 m² dne 22. 7. 1998. Jedná se o část pozemku po patu obvodové hráze skládky v její JZ části. Tento pozemek využívá DIAMO s. p. a zavedl zde inženýrské sítě. Dále je využíván ke stavbám určeným pro sanaci lagun. Na pozemku se nachází čistírna lagunových vod, která nahradila čistírnu haldových vod (v minulosti byly laguny nazývány haldy, proto se původní čistírna nazývá čistírna haldových vod), zařízení nepřímé termické desorpce a haly k nakládání s odpadem [23].

K okolním vlastníkům pozemků patří České dráhy, firma Trojek, s.r.o. (dříve ZACHEMO a.s.), rafinérie minerálních olejů a město Ostrava. Blízké okolí skládky se dá považovat za komerční zónu s řadou menších podniků s různým zaměřením. Mezi areálem lagun a sídlištěm Fifejdy je postavena velmi frekventovaná silniční komunikace Mariánskohorská [23].



Obrázek 5 Lokalizace Lagun Ostramo (1) a obydlené území (2) v měřítku 1:1000 [Zdroj: www49].



Obrázek 6 Lokalizace Laguny Ostravy v měřítku 1: 20 000 [Zdroj: www50].

4.10 Popis a situace na skládce odpadů

Skládka se skládá z komplexu tří lagun R1, R2 a R3. Tyto tři laguny jsou oddělené hrázemi se zemními valy o výšce cca 5 m nad okolním terénem a jedna laguna (označena R0), založená pravděpodobně na počátku 20. století v jámě zemníku bývalé cihelny. Laguny jsou postaveny na povodňových náplavových materiálech údolní nivy, resp. na navázkách bez dnové izolace a drenážního systému. V letech 1972 až 1992 došlo k pozdějšímu postavení izolace v podobě podzemní izolační stěny (zvané milánská stěna).

Dodatečně bylo v roce 1994 zahájeno čerpání do zřízené čistírny haldových vod. Dále jsou vody čerpány z prostoru mezi těsnicími stěnami a bylo zahájeno udržovací čerpání volné kapalně fáze ropných látek na hladině podzemní vody vně těsnicí stěny. Od roku 2003 je v provozu vodní dílo „Havarijní nápravná opatření“ k zamezení šíření kontaminace ropných látek vně těsnicí stěny. Toto vodní dílo čítá drenážní systém s dekontaminací čerpaných a zapouštěných podzemních vod a monitorovací profil vystrojených hydrogeologických vrtů na výstupu podzemní vody z lokality.

Do trvalého provozu je uveden drenážní systém od listopadu 2004 a od srpna 2005 zabezpečuje provoz Havarijního nápravného opatření provozovatel AQUATEST a.s., člen „Sdružení ČISTÁ OSTRAVA“, které je vybraným dodavatelem sanace lagun podle schvá-

leného Realizačního projektu „Nápravná opatření - laguny Ostramo" (NO-LO). Čištění vod čerpaných z drénu byly prováděny provozovatel do října roku 2008 na dočasné dekontaminační stanici a od 1. 10. 2008 pak na nové dekontaminační stanici, která byla vybudována v rámci akce NO-LO [23].

4.11 Průběh odstranění znečištění v lagunách Ostramo v průběhu let 1992- 2015

Prvotním impulsem pro realizaci sanačních prací v místě kontaminace byla kontaminace podzemních vod a to v přímé souvislosti s činností podnikem OSTRAMO. Na počátku 80. let zjistil rozsah znečištění horninového prostředí a podzemních vod průzkum podniku Ostramo. Výsledkem tohoto průzkumu byla realizace hydraulické ochrany a těsnících stěn kolem skládky odpadů za účelem ochrany pitné vody ve vztahu k vodnímu zdroji Nová Ves. Dalším postupem bylo posouzení agresivity prostředí a vliv na těsnící stěny. Došlo se k závěru, že v oblasti skládky je vysoce agresivní prostředí a doporučuje se zvýšit tloušťku těsnící stěny z 50 cm na 80 cm, využití cementu se zvýšenou odolností proti síranům a využití speciálních těsnících přísad. Na Masarykově univerzitě v Brně v roce 1990 byl proveden výzkum obsahu nebezpečných látek v okolí podniku Ostramo. Bylo zjištěno překročení limitů látek dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů, a to jak na pozemcích podniku Ostramo tak na nedalekém sídlišti Fifejdy. Mezi realizované projekty patří výše zmíněná výstavba těsnící milánské stěny. Ta byla dokončena uzavřením areálu v roce 1991.

V roce 1992 byla provedena první detailní analýza složení laguny R2. Došlo se k závěru, že laguna má složení heterogenní s velkou variabilitou chemického složení. Mezi komplikace při sanaci skládky došlo také díky vysokému obsahu cizorodých odpadů různého charakteru a agresivního charakteru odpadu. Při zásahu do náplně lagun dojde k intenzifikaci úniku těkavých látek a při styku se vzduchem dochází k úniku SO₂. Dále byl zjištěn nízký obsah PCB (kolem 5 mg/l) a kolísavý obsah těžkých kovů. Průměrná výhřevnost odpadu činí 19 MJ/kg. V následujících letech bylo provedeno mnoho průzkumů v oblasti Lagun Ostramo, které více či méně odhalily zdejší poměry a navrhly postup sanace [19,23].

4.11.1 Podzemní těsnicí stěna

Těsnicí milánská stěna byla postavena v průběhu let 1972 – 1992. Jedná se o jílocementovou stavbu zapuštěnou do podloží štěrku o délce 1 264,5 m. Šířka stěny je variabilní a to od 55,5 cm až do 80 cm a je zapuštěna v hloubce 1 m – 1,5 m. Izolační stěna měla zabránit šíření polutantu z lagun do podzemní vody. Obhání pouze laguny R1, R2, a R3, protože se budovala v době, kdy nebyla známa laguna R0. Stěny se na některých úsecích překrývají a to proto, že byly stavěny dohromady na pět etap. Na základě testů a průzkumu byly potvrzeny netěsnosti ve stěně mezi lagunou R3 a kolejištěm Českých drah. Zde se šíří kontaminovaný mrak znečištění, který může ohrozit zdroj pitné vody Nová Ves. Proto dochází k udržovacímu čerpání vody ze strany laguny pod úroveň hladiny vody vně stěny, tak aby se zamezilo šíření kontaminace směrem ke zdroji pitné vody. Existuje podezření netěsností stěny na protější straně, jak je znázorněno na obrázku. Významným negativním prvkem těsnicí stěny je fakt, že významně ovlivňuje lokální režim proudění podzemních vod [23].

4.11.2 Čistírny odpadních vod

Čistírna haldových vod byla postavena v roce 1994 za účelem odstraňovat znečištění podzemní vody odčerpáváním a následným čištěním těchto vod z laguny R3 před vypouštěním do veřejné kanalizace. Pro zabezpečení skládky je čerpáno 25 000 - 45 000 m³ kyselých zaolejovaných vod obsahujících těžké kovy, anionaktivní tenzidy a PCB. Čistírna zahrnuje také jednotku pro chemickou úpravu a stabilizaci kalu a kalolis. V čistírně haldových vod vznikají dva druhy kalů – chemický kal a biologický kal. Se vzniklým kalem se nakládá předáním oprávněné osobě. Existuje i systém předcházení havárie a to napojením potrubí ze vstupního zásobního haldových vod zpět do laguny. V zásobní nádrži jsou odlučovány volné oleje. Odloučené volné oleje jsou neutralizovány organickým deemulgátorem nebo hydroxidem sodným. Zbylá haldová voda je obohacena o potřebné živiny a je načerpána do čistírny haldových vod, kde proběhne biologické čištění. Po vyčištění je výpusť zavedena do městské kanalizace, která vede Ústřední čistírnu odpadních vod. Provoz čistírny haldových vod byl ukončen ke konci roku 2010.

V roce 2010 byla dokončena stavba čistírny lagunových vod. Tento objekt přebírá funkci čistírny haldových vod. Spolu s dekontaminační stanicí obstarává celkové vodní

hospodářství kontaminovaných vod. Původní objekt byl postaven na, v té době ještě neobjevené, laguně R0 a proto bylo třeba před zahájením sanačních prací tento objekt přemístit. Tato přemístěná čistírna byla postavena v rámci akce Nápravní opatření – Laguny Ostramo [23].

4.11.3 Udržovací čerpání

Udržovací čerpání bylo prováděno za účelem zamezení šíření kontaminace NEL podzemní vodou vně tělesa skládky. Proces čerpání se skládal z kontroly a měření vrtů ve stanovených intervalech, z periodického čerpání zjištěných ropných látek na hladině vody ve vrtech a z monitoringu. Vyseparovaný olej byl zneškodňován mimo lokalitu externí firmou. Množství denně odseparovaného oleje bylo 3 - 5 litrů a mocnost fáze se pohybovala od 1 do 2 cm. V odebraných vzorcích bylo stanoveno množství NEL a termín pro odběr byl stanoven na měsíce duben a říjen. Vodní dílo zastavilo svou činnost z rozhodnutí Magistrátu města Ostravy k 16. 12. 2003 a to z důvodu pomnutí účelu, pro který bylo zřízeno a uvolněno místo pro stavbu drenážního žebra v rámci stavby Havarijní nápravná opatření k zamezení šíření znečištění ze skládky odpadů státního podniku Diamo, tzv. Laguny Ostramo v Ostravě [23].

4.11.4 Čerpání ze štoly Českých drah

V blízkosti tělesa skládky odpadů se nachází vstup do podzemní manipulační štoly Českých drah (ČD). Štola je klenutá podzemní stoka, která má rozměry 2,5 m do šířky a 2,1 m do výšky. Její dvě základní funkce jsou odvodňování navážek v prostoru dnešní betonárky a zábrana šíření kontaminace v podzemní vodě. Do štoly byly v minulosti sporadicky ukládány odpady z podniku Ostramo a poté byla štola zasypana haldovinou během výstavby betonárky na sousedním pozemku. Po zasypaní byly zjištěny úniky NEL ze štoly do okolních vod přesněji do Černého potoka. Z tohoto důvodu byl postaven systém přepážek na principu norných stěn pro oddělení olejové fáze. Jsou zde v provozu dvě čerpadla, pomocí kterých je znečištěná voda přečerpávána do čistírny haldových vod nebo do laguny R3. Roční čerpaný objem znečištěné vody ze štoly činí 4 000 – 6 000 m³ [23].



Obrázek 7 Mapa realizovaného průřezu Černého potoka [Zdroj: 25].

4.11.5 Havarijní nápravná opatření

Po zrušení provozu udržovacího čerpání byl na místě skládky vybudován drenážní systém, který má zamezit pohybu polutantů ve směru proudění podzemní vody a dále zajišťuje situaci pro případ havárie těsnících stěn. K technologickým prvkům systému patří hydrogeologicky úplné drenážní žebro, hloubené až na nepropustné podloží, zařízení pro čerpání a dekontaminaci podzemních vod, systém zasakovacích objektů pro zasakování dekontaminovaných vod a systém monitorovacích hydrogeologických vrtů. Celý tento systém byl postaven na základě povolení k čerpání podzemních vod a povolení k vypouštění odpadních vod, které je platné do 31. 12. 2019.

Je prováděno čerpání volné fáze ropných uhlovodíků z drenážního systému a z hladiny podzemní vody. Tyto vody jsou svedeny pro vyčištění na čtyřstupňovou mobilní stanici. Drenážní systém se skládá ze tří celků zvaných A – B, B – C a D – E. Stavba proběhla ve dvou etapách. Celková délka drenážního systému činí 590 m. Voda je čerpána ze 14 čerpacích jímek a následně je čerpána ponornými čerpadly do dekontaminační stanice. Všechna potrubí jsou vybudována dvojitě, a to jako provozní a záložní pro případ porušení

těsnosti. Pro případ havárie lze přepnout do režimu, kdy je kontaminovaná voda čerpána do retenční nádrže čistírny lagunových vod.

Do systému čištění lagunových vod je zařazena čtyřstupňová mobilní dekontaminační stanice. Projektovaný výkon stanice je 10 l/s a stanice je projektovaná jako mobilní stavebnice a v případě nepředvídatelné změny je možno pokrýt všechny výkyvy tak, aby nebylo nutno zastavit čerpání vod. Jednotlivé stupně dekontaminační stanice jsou gravitační separace, provzdušňování, filtrace a adsorpce na aktivní uhlí. Gravitační separace zajistí odloučení látek s jinou měrnou hmotností než voda, jako jsou NEL a PAU. Tvoří je 11 ocelových nádrží o objemu 10 m³ a usazovací nádrž o objemu 60 m³. Znečišťující látky ve volné fázi, tzn. nacházející se na hladině vody nebo na dně, jsou odčerpávány odděleně. Provzdušňování probíhá jako druhý stupeň čištění. Oxidací dochází ke změně železitých iontů na hydroxidy železa a finálně jsou odtékány zbytkové těkavé látky a jsou flotovány suspendované částice kontaminantů NEL a PAU. Odpadní vzduch znečištěný odtěkanými látkami je čištěn průchodem sorpčními filtry s aktivním uhlím s hmotností náplně 300 kg. Technologicky zajišťuje druhý stupeň ventilátor s příkonem 2,3 kW. Přes retenční nádrž odtéká voda do třetího stupně čištění filtrací. Ve třetím stupni dochází ke zbavování mechanických nečistot, hydroxidů železa a vyflotovaných konglomerátů NEL a PAU. K tomuto procesu dochází pomocí pískových filtrů, které chrání poslední čtvrtý stupeň před nežádoucím znehodnocením povlaky železa a mechanických nečistot. Využívá se dvou filtrů, přes které se voda přečerpá do čtvrtého stupně čištění – čištění adsorpcí na aktivní uhlí. V tomto stupni jsou z vody odstraněny zbytkové koncentrace kontaminantů jako netěkavé složky NEL a PAU. Adsorpce na aktivní uhlí je tvořena dvěma za sebou nainstalovanými filtry o objemu 5 m³, každý s náplní 2 500 kg aktivního uhlí a s cyklickým vyměňováním při využití kapacity adsorpce. Vyčištěná voda je po průchodu dekontaminační stanicí zasakována zpět do kolektoru systémem zasakovacích vrtů [23].

4.11.6 Výstupní monitorovací profil

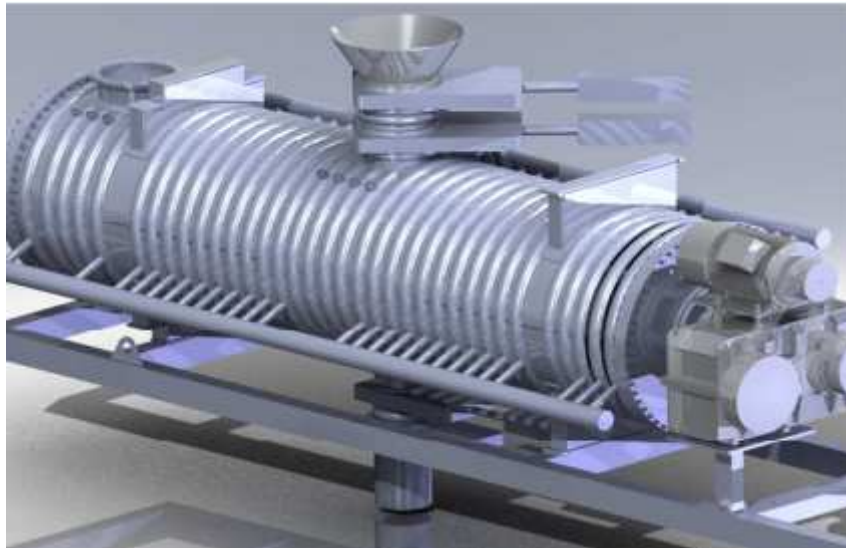
V roce 2001 byl postaven výstupní monitorovací profil, jehož účelem je zajištění kontroly kvality podzemních vod odtékajících z prostoru skládky v průběhu realizace havarijních nápravných opatření vně skládky a i v průběhu budoucí sanace celého prostoru skládky. Druhým důvodem pro výstavbu bylo zjištění výchozího stavu kontaminace podzemních vod a zemin před zahájením sanace a ověření průběhu kontaminačního mraku ve

vzdálenosti 60 – 120 m. Stavba se skládá z 13 vrtů situovaných v řadě vedle sebe ve vzdálenosti 100 m od vnějšího okraje skládky a je položena na pozemku Českých drah a celková délka činí 600 m. V následujících letech přibyly do linie vrtů další dva. V příloze je uvedena tabulka s přehledem vrtů a jejich specifikací [23].

Na základě ústního sdělení vedoucího oddělení Lagun Ostramo v podniku Diamo s.p. lze říci, že tento krok nevynesl reprezentativní výsledky, jelikož v místě zasazení vrtů byla již kontaminace mnohonásobně vyšší než povolují stanovené limity a tudíž se měla zvolit vzdálenější lokalita. Nicméně z vrtů lze vydedukovat, zda se kontaminace zvyšuje či snižuje v čase a místě. Mezi nejvýznamnější kontaminanty v podzemní vodě patří anionaktivní tenzidy. Vody jsou slabě kyselé a vzhledem k povaze složení kontaminace lze jednoznačně určit jako původce znečištění Laguny Ostramo. [26]. V tabulce v příloze č. 11 jsou shrnuty technické parametry výstupního monitorovacího profilu.

4.11.7 Zařízení pro nízkoteplotní nepřímou termickou desorpci

V červenci 2010 bylo uvedeno do zkušebního provozu zařízení pro nepřímou termickou desorpci. Jedná se o technologický postup, kdy dochází k odstranění těkavých toxických látek z odpadu jeho ohřevem a to v případě ostravských lagun při provozní teplotě 350 °C. Ohřev probíhá v redukční atmosféře, čímž se zabraňuje hoření. Vytěkané látky jsou zachycovány a měly by být zkondenzovány na kapalnou fázi, která bude následně odstraněna. Limitní hodnota NEL ve výchozí zemině je 15 mg/kg. K zajištění zpracování požadovaného množství 360 Mg denně, byly v místě sanace instalovány dvě samostatné linky, každá s kapacitou 180 Mg denně. Tento výkon se řadí mezi nejvyšší v Evropě. Jednotka má dva paralelně řazené sušiče (desorbéry), které plnohodnotně plní funkci samostatných jednotek. Sušič je teplonosným olejem přiváděn k teplotě 350 °C. Toto teplonosné médium je do procesu začleněno ve formě pultřubek přivařených na plášť. Z důvodu zvýšení výkonu a současně pro snížení reaktivnosti vnitřního prostoru je do sušiče zavedena stripovací pára. Sušič se skládá z topené rotační hřídele s míchadlem, která je poháněna elektromotorem o výkonu 250 kW. Na obrázku č. 8 je zobrazen instalovaný desorbér.



Obrázek 8 Desorbér nepřímé termické desorpce [Zdroj: 20].

Požadovaná kapacita je podmíněna projektovaným časem trvání jednoho cyklu 4 hodiny. Provozní teplota zeminy se pohybuje kolem 350 °C a tlak je zajišťován soustavou vodokružných vývěv a při ukončování procesu desorpce je cca 3 kPa abs. Odcházející plyny a páry jsou filtrovány na automatických rukávcových filtrech. Čisté plyny a páry kondenzují v soustavě trubkových chladičů. Vzniklá kapalinová směs stéká gravitačně do dělicí nádoby, ve které dojde k rozvrstvení na vodu a další ropné kondenzáty. Voda je čerpána na chemickou čistírnu odpadních vod. Ropný kondenzát je shromažďován a odvážen k likvidaci. Výhřevnost tohoto kondenzátu přesahuje 25 MJ/kg, jedná se tedy o výhřevné palivo a je zajímavým alternativním palivem pro spalovny. Přibližně po 4 hodinách dojde k ukončení procesu a dekontaminovaná zemina je vysypána do chladičí věže, kde je vychlazená pod 80 °C. Zemina, která prošla desorpcí, se chová jako prach, tekutý písek. Aby bylo možno dekontaminovanou zeminu skládkovat, je třeba vytvořit větší částice. Proto je zemina následně zvlhčována v rotačním zařízení. Odtud již vychází v podobě kuliček velikosti od 0,5 do 5 cm. Tyto kuličky mají konzistentní tvar, vysokou soudržnost a jsou skládkovány na mezideponii, ze které se provádí odběr vzorků, které určí, zda je zemina v souladu s požadavky integrovaného povolení, a tedy je právně dekontaminována. Již vyčištěná zemina bude použita pro zpětný závoz do vyčištěné lokality [20,23].

Odpad, který bude sanován technologií termické desorpce, má charakter kontaminovaných zemín s obsahem do 45 % hmot. NEL, dále odpady stavebního charakteru, které vznikají při sanaci staré ekologické zátěže (laguny R1 až R2), kaly z čistírny lagunových

vod a kaly z dekontaminační stanice a linky na přečištění technologických vod, s cílem dosažení takového stupně dekontaminace, které bude splňovat výstupní parametry pro zpětný zásyp společností GEOSAN GROUP a.s. v rámci Nápravná opatření – Laguny Ostramo Integrované povolení. Projektovaná celková vstupní kapacita kontaminovaných odpadů je 474 931 Mg (20 Mg/h) [www36].

Tabulka 2 Objemy a celkové hmotnosti odpadů předpokládané ke zpracování v zařízení ITD z jednotlivých lagun [Zdroj: www36].

Laguna	Kontaminovaná zemina do obsahu 45 % hmot. NEL	
	Objem [m ³]	Hmotnost [Mg]
R0	128 824	203 992
R1	88 333	137 602
R2	21 446	32 888
R3	77 588	100 449
Celkem	316 191	474 931

Součástí procesu dekontaminace v zařízení ITD je biodegradační plocha, která se skládá ze dvou zakládek s označením BP – 1 a BP – 2. Tato plocha je využívána pro příjem dekontaminované zeminy v technologii nepřímé termické desorpce, nespĺňující požadavky vnitropodnikové normy PN 2/NS/2007 v maximální koncentraci NEL do 25 000 mg/kg sušiny. Dekontaminovaná zemina může být pak ve dvou režimech - výrobek a odpad. V případě výrobku bude využita na zpětný zásyp skládky a jako odpad bude předána oprávněné osobě. Projektovaná kapacita zařízení je 53 490 Mg s dílčími parametry:

- celková plocha areálu biodegradace 15 000 m²
- provozně – technologicky využitelná biodegradační plocha 10 000 m²
- celková kapacita záchytné jímky průsakových vod 267,2 m³ – průměrná doba biodegradace 6 – 10 měsíců [www36].

Při zkušebním provozu se ale narazilo na problém. Již při teplotě 120 °C se produkovalo do plynné fáze velké množství vodíku a to způsobovalo nebezpečí zvýšení rizika výbuchu zařízení. Dalším problémem je produkce těžko zkapalnitelných plynů. Provoz zařízení nebyl uveden do trvalého provozu a z bezpečnostních důvodů nebyla ani provozní teplota uvedena výš než 120 °C. Problém nastal z důvodu nehomogenního vstupního materiálu a vysoce různorodých látek, které při zvýšené teplotě reagovaly nepředvídatelně.

Momentálně probíhá výběrové řízení na dodavatele technologie, který již postavené zařízení pro nepřímou termickou desorpci (ITD) upraví tak, aby ho bylo možno využívat [26].

4.12 První etapa sanace lagun

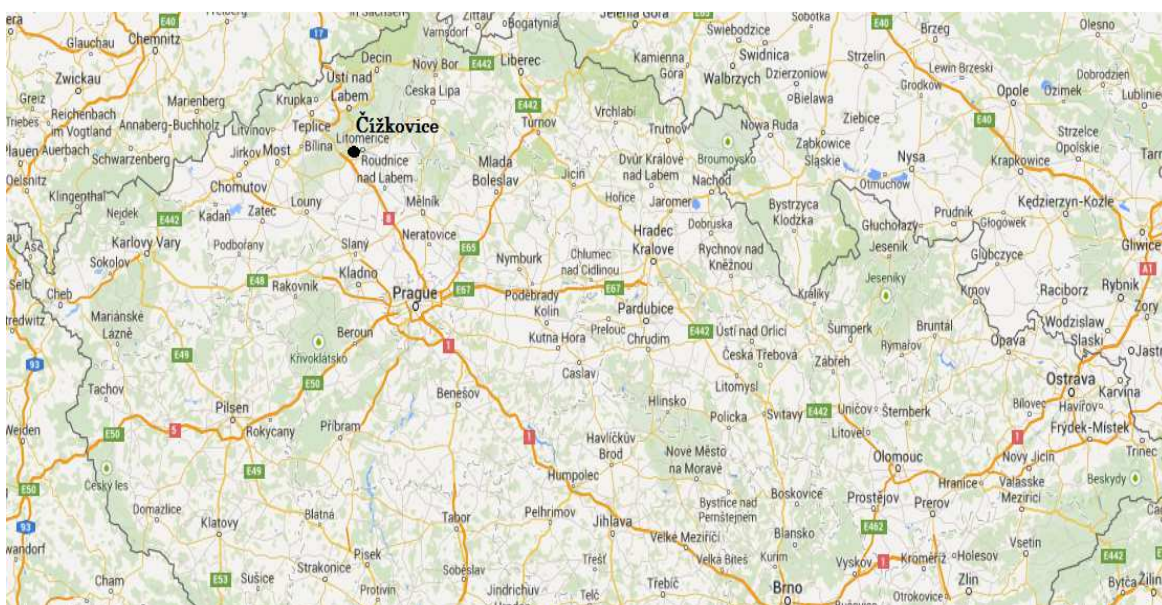
Prvním souhrnným plánem pro dekontaminaci vybraného území je projekt Nápravná opatření - LAGUNY OSTRAMO. Podnik Diamo, s. p. uzavřel dne 9. 8. 2004 smlouvu o provedení prací při sanaci ekologických škod a následné rekultivaci mezi státním podnikem DIAMO a sdružením firem „Sdružení ČISTÁ OSTRAVA“. V obchodní veřejné soutěži na výběr dodavatele realizující opatření vedoucích k nápravě ekologické zátěže skládky odpadů s. p. DIAMO v Ostravě (tzv. Lagun Ostramo) byl vybrán subjekt, který dle původního plánu měl zajistit odtěžení náplně lagun, dekontaminaci hrází lagun a dotčeného území.

Na základě stanoviska ze dne 5. 9. 2003 MŽP ČR k realizaci nápravných opatření vedoucích k odstranění staré ekologické zátěže skládky odpadů s. p. DIAMO - Lagun OSTRAMO v Ostravě - Mariánských Horách č. j. NM 700/2003/03 byl určen rozsah nápravných opatření. V průběhu provádění sanačních prací však na základě usnesení Vlády ČR vydalo MŽP ČR nové stanovisko s novými podmínkami realizace, a to č. j. 30357/ENV/10 ze dne 7. dubna 2010. Významnou změnou pro průběh sanací změnou stanoviska MŽP ČR byla nutnost realizace nápravných opatření tak, aby všechny kontaminované zeminy a odpady probíhaly v režimu odpadu [www41]. Byly dále určeny kroky pro realizaci nápravných opatření a to:

- Využití ropných kalů přepracováním na palivové směsi,
- odstranění nebezpečných vlastností kontaminovaných zemín nepřímou termickou desorpcí,
- sanace kontaminovaného okolí lagun ve vymezených prostorech v navázkách technologií promývání horninového prostředí roztokem biotenzidu a ve šterkopískovém kolektoru hydraulickou sanací a technologií biodegradace in situ,
- rekultivace v souladu s územním plánem na les zvláštního určení.

V roce 2008 proběhl záměr zvaný Ověření kapacity a technologie zařízení pro úpravu ropných kalů, jejich odtěžení a následné zpracování na alternativní palivo pod různými názvy. Názvy jsou měněny ze dvou důvodů, a to z důvodu změny společnosti, jež přepra-

covává nebezpečný odpad na alternativní palivo a z důvodu vzniku více druhů alternativního paliva. V plánu bylo odtěžení 200 679 Mg a jeho přepracování na palivovou směs. Přepracování na palivo zabezpečila společnost GEOSAN GROUP ve spolupráci se subdodavateli, a to původně se společností BALTOM, která ale neplnila řádně své závazky a v roce 2011 vyhlásila úpadek. Proto byla nahrazena společností ŠAMONIL coby výrobce paliva, společnost Purum jako dopravce a sdružení společností CELIO a Lafarge Cement jakožto odběratel paliva a provozovatel cementárny v Čížkovicích u Litvínova [www36].



Obrázek 9 Lokace cementárny Lafarge v Čížkovicích v měřítku 1:2000000 [Zdroj: www51].

Cementárna v Čížkovicích byla zvolena ze dvou důvodů. Její technologie spalování je vhodná jako jediná v republice bez její předchozí úpravy pro spalování těchto druhů odpadů a v blízkosti se nachází zabezpečená skládka nebezpečných odpadů, která do doby spálení bude sloužit jako mezideponie. Cementárna Lafarge v Čížkovicích je vybavena nejlepší dostupnou technologií a disponuje Integrovaným povolením na energetické využívání odpadů. Toto zařízení v minulých letech upravilo desítky tun odpadů pocházejících ze sance starých ekologických zátěží a zajistilo jejich energetické využití. Vlastní přeprava odpadů probíhala v druhé polovině roku 2012 po železniční trati v uzavřených kontejnerech, kdy místo nakládky bylo ve vzdálenosti 500 m od místa vzniku. Množství 110 000 Mg paliva zvaného GEOBAL 4, které obsahuje 0 - 10 % uhlí a 90 - 100 % vápnem neutralizovaných kalů, bylo převezeno na mezideponii na skládku nebezpečných odpadů společ-

nosti CELIO v blízkosti Litvínova. Skládka nebezpečných odpadů, jež je ve vlastnictví společnosti CELIO, a.s. disponuje Integrovaným povolením pro zařízení nakládající s nebezpečnými odpady. V původním správním rozhodnutí je palivo GEOBAL 4 vedeno jako výrobek s nebezpečnými vlastnostmi, ale v červenci 2011 správní úřad překvalifikoval v průběhu samotné sanace výrobek na nebezpečný odpad. Tento správní úkon podstatně zpřísnil podmínky pro nakládání s GEOBALEM 4. Pod přísným dohledem správních orgánů byl takto upravený odpad dávkován jako palivo do cementárny a to automatickým dávkováním tak, že GEOBAL 4 a jiní ropné kaly tvořily 15 - 20 % z celkového palivového mixu. Další část odpadu byla předána firmě SIMUL TRUST, která vyvezla 70 000 Mg alternativních paliv do Polska. Větší část byla již energeticky využita, ale zástupci Ministerstva životního prostředí Polské republiky žádají odvoz 20 000 Mg alternativního paliva zpět na území České republiky [www36].

Po vytěžení původně plánovaného množství kalů z lagun Ostramo se objevily nové skutečnosti, a to, že v lagunách je nadlimitní množství odpadů. Odhadované množství je 90 000 Mg. Momentálně probíhá veřejná obchodní zakázka na výběr společnosti, která dokončí sanaci a místo skládky zrekultivuje [www37, www38, www39].



Obrázek 10 Ukázka paliva vyrobeného z kalů z Lagun Ostramo [Zdroj: www40].

4.13 Druhy uložených odpadů v jednotlivých lagunách

Při určování množství a složení laguny se narazilo na mnohé problémy. Laguny obsahují nebezpečný odpad a na povrchu nejsou ve všech místech schůdné, proto při odebrání vzorků bylo třeba pečlivě zvolit metodu zjišťování. Na místě proběhl odběr přibližně 300 vzorků. Byla postavena konstrukce, na které se techničtí pracovníci pohybovali při odběru. Na obrázcích v příloze č. 1,2 a 3 je znázorněno rozložení vzorkovacích míst. Na obrázku v příloze č. 9 je fotografie provádění vrtů v praxi. Druhým cílem bylo zjištění hloubky lagun. Zjišťovací vrty probíhaly na vybraných místech a při vrtných pracích se naráželo pravidelně na nepřekonatelné překážky a předpokládalo se, že tyto překážky jsou navezené stavební a demoliční odpady, konkrétně betonové vály, a byla vytvořena mapa nalezených váľů. Při první fázi sanace se zjistilo, že polymerní látky při dlouhodobém uložení vytvořily pevnou strukturu, která byla špatně vyhodnocena jako stavební a demoliční odpad, který sice v lagunách je, ale ne v takovém množství jak se předpokládalo.

Druhá metoda zvolená pro zjišťování složení a výskytu těles a v lagunách byla metoda DEMP. Metoda je založena na nepřímém (konduktivním) měření zdánlivé elektrické vodivosti σ^{DEMP} prostředí do hloubky cca 5 – 7 m. Měřené hodnoty jsou uváděny v jednotkách miliSiemens [mSm]. V plošné variantě metoda mapuje plošný rozsah různě vodivých struktur, plošný rozsah velkých cizorodých těles, resp. výskyt cizích předmětů. Na lokalitě bylo měřeno konduktometrem KD-1 s roztečí měřicího dipólu 3,7 m, na profilech GPR v plavební části a v síti měřicích bodů 5x5m na pochůzně části laguny R2, ve směru JZ – SV. Pořízená digitální pole byla přeřrána na PC, převedena do formy bitmap. Metoda mimo jiné lokalizuje inženýrské sítě, blízké kovy na povrchu a jiné. Na místě prováděla tuto metodu sanační firma ve spolupráci s Vysokou školou Báňskou [24,25].

Tabulka 3 Složení jednotlivých lagun dle fáze [Zdroj: 24,25].

Laguna	Fáze	Množství celkem	Množství celkem
		[m ³]	[Mg]
Laguna R3	Kapalná fáze	20 188	20 651
	Kašovitá fáze	26 032	28 606
	Tuhá fáze – vlastní náplň laguny	25 044	28 800
	- navážky	23 258	26 747
	- hmota pod panely a panely	27 809	31 980
	- těleso spojovací hráze	1 581	1 818
	- těleso hráze až po milánské stěny	24 940	39 904
	Tuhá fáze celkem		129 249
Laguna R2	Kapalná fáze	2 270	2 322
	Kašovitá fáze	37 730	42 710
	Tuhá fáze – vlastní náplň laguny	48 861	57 070
	- navážky (nad hladinou)	1 758	2 053
	- těleso spojovací hráze	1 304	1 523
	- těleso splazu	237	277
	- těleso hráze až po milánské stěny	9 213	14 741
	- těleso svahu hráze	8 934	14 294
Tuhá fáze celkem		89 958	
Laguna R1	Kašovitá fáze	16 442	20 520
	Tuhá fáze – vlastní náplň laguny	58 537	88 625
	- těleso hráze až po milánské stěny	10 542	16 867
	Tuhá fáze celkem		105 492
Laguna R0	Tuhá fáze celkem	120 418	189 057

4.13.1 Popis laguny R0

Laguna byla identifikována jako poslední ze čtyř. Laguna má rozlohu 120 · 70 m a je pevně zhutněná kromě malého jezírka v severním rohu. Svrchní vrstvu tvoří navážky o mocnosti 0,5 – 1,5 m, které mají charakter stavebních sutí, štěrků a hlín. Je tvořena dvěma vrstvami – svrchní do hloubky cca 4 m zřejmě bez zvodnění a spodní vrstvou, která je tvo-

řena nehomogenní materiálem s kapalnými příměsemi. Mezi těmito vrstvami je původně pravděpodobně nesouvislá inertní vrstva o mocnosti 1 – 1,5 m. V laguně R0 lze rozeznat kovové předměty typu plechy a dráty a lze očekávat, vzhledem k charakteru svrchních navážek, obsah jiných velkých předmětů jako jsou zdivo a panely. Tuto lagunou neobhání Milánská stěna, ale jsou zde náznaky náspů a odpad byl pravděpodobně ukládán do předem vymezeného a ohraničeného prostoru. Dno laguny se pohybuje mezi 7 – 9 m, ale jsou zde místní deprese v hloubce až 10 m [24,25].

4.13.2 Popis laguny R1

Laguna R1 má rozlohu 130 · 80 m. Je tvořena z části jezerem, na kterém se s dobou vytvořila pevná krusta olejového odpadu (mazutu) o mocnosti 0 – 0,2 m. Pod touto vrstvou se nachází kapalná vrstva o mocnosti maximálně 0,5 m. Tato vrstva je převážně tvořena vodou s koaguláty, případně emulzí. Další část laguny je tvořena kašovitým až pevným organickým materiálem do hloubky cca 6 m a zřejmě schůdné části je navedena navážka do hloubky 1,5 m o různé zrnitostní frakci s povahou stavebně demoličních odpadů. Je pravděpodobné, že většina odpadu uloženého v laguně R1 je anorganického původu a je kontaminovaná ropnými látkami. Vyskytují se zde kovové předměty typu barelů a plechů, a to hlavně na povrchu. Dno laguny je dodatečným výzkumem s nejistotou stanoveno na 7 – 8,5 m, přičemž bylo zjištěno, že mezi lagunami R0 a R1 se nenachází zřejmě hráz pouze hloubení pro Milánskou stěnu [24,25].

4.13.3 Popis laguny R2

Laguna R2 má rozlohu 140 · 130 m. Je tvořena převážně jezerem a můžeme ji rozdělit do dvou vrstev. Na svrchní vrstvě se nachází tenká krusta tuhé fáze organického odpadu a srážkové vody. Pod touto vrstvou se nachází vrstva o mocnosti cca 0,5 m tvořena převážně vodou s koaguláty, a to v blízkosti přetoku z laguny R1. Obecně svrchní vrstva je kašovitého charakteru o mocnosti 2 – 4 m a spodní vrstva je tvořena tuhou fází z odpadních olejů a pryskyřic sahající až na dno laguny. V laguně se nacházejí drobnější kovové předměty typu barelů a plechů, velké předměty v celém objemu nebyly identifikovány ve větší míře. Hloubka dna laguny se pohybuje v rozmezí 5 – 5,5 m s identifikací náznaku navážky na dně na původních zeminách. Mezi lagunami R2 a R3 je patrný projev hráze. Srážková voda přetéká do laguny R3. Na dně laguny R2 se nachází tuhá fáze skládající se

z zpolymeryzovaných kyselinových pryskyřic a je nám známo, že laguna obsahuje volnou kyselinu sírovou a sulfokyseliny [24,25].

4.13.4 Popis laguny R3

Jedná se o největší lagunu s rozlohou 140 · 140m. Svrchní vrstva laguny je tekutá olejová vrstva o mocnosti až 0,5 m. Pod touto vrstvou se nachází kapalná vrstva o mocnosti 1 m s místy až 4 m. Samotný obsah laguny je nehomogenní kašovitě až tuhé fáze s obsahem pevných částí, které byly při první etapě sanace identifikovány jako zpevněné polymery původně tekutých ropných odpadů. Vyskytují se zde kovové předměty jako plechy a dráty. Dno laguny je zřejmě tvořeno bází tuhé vrstvy, a to výsypkami, a je v hloubce cca 5,5 m. Jedná se o nejmladší část skládky [24,25]. V příloze č. 10 můžeme vidět pohled na lagunu R3.

4.14 Polutanty

Obecně lze znečištění nacházející se v prostorách skládky kategorizovat jako organické znečištění. Mezi převládající kontaminanty patří ropné uhlovodíky (NEL) a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Výskyt těchto polutantů je ve vysoké koncentraci a na základě platných právních předpisů se s nimi má nakládat jako s odpadem, který je bez předchozí úpravy nemožno uložit na skládku. Směs polutantů v lagunách je vysoce různorodá a nelze s přesností určit jejich složení. Mezi další známé polutanty vyskytující se v lagunách Ostramo patří PCB, fenoly, olovo, železo, hliník. Z důvodu vypouštění odpadní bělicí hlínky vznikající při regeneraci olejů vykazují laguny vysokou kyselost, a to v některých místech až pH 2 - 1 [24,25]. Na obrázcích v přílohách č. 5, 6 a 7 je znázorněno znečištění podzemních vod údolní terasy vybranými polutanty.

4.14.1 Charakteristika polutantů

Celková kontaminovaná plocha skládky činí více než 2000 m². Nebyla zjištěna kontaminace povrchové vody. Hlavní kontaminanty v podzemní vodě jsou PAU, kovy, BTEX, CIU, NEL a fenoly. Kontaminace zemin obsahuje zejména látky typu BTEX, CIU, kovy, NEL, PAU a PCB [24,25].

Polycyklické aromatické uhlovodíky – PAU

Tabulka 4 Charakteristika dle IRZ polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) [Zdroj: www42].

další názvy	polyaromatické uhlovodíky, polyaromáty, PAU, PAH
číslo CAS	50-32-8 (benzo(a)pyren, zástupce skupiny)
chemický vzorec	C ₂₀ H ₁₂ (benzo(a)pyren, zástupce skupiny) molekuly obsahují atomy C a H
ohlašovací práh pro emise a přenosy	
do ovzduší (kg za rok)	50
do vody (kg za rok)	5
do půdy (kg za rok)	5
ohlašovací práh mimo provozovnu (kg za rok)	50
rizikové složky životního prostředí	voda, půda, ovzduší
věty R* (benzo(a)pyren, CAS: 50-32-8)	
R45 Může vyvolat rakovinu.	
R46 Může vyvolat poškození dědičných vlastností.	
R50/53 Vysoce toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.	
R60 Může poškodit reprodukční schopnost.	
R61 Může poškodit plod v těle matky	
věty S* (benzo(a)pyren, CAS: 50-32-8)	
S45 V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).	
S53 Zamezte expozici – před použitím si obzarejte speciální instrukce.	
S60 Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny jako nebezpečný odpad.	
S61 Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy.	

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) jsou představovány velkým množstvím různých látek charakteristických obsahem v molekule kondenzovaných aromatických jader a neobsahující žádné heteroatomy ani substituenty. Skupina PAU čítá například následující látky: naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, dibenzo(a,h)antracen, indeno(1,2,3-c,d)pyren a benzo(ghi)perylene. Základní zbarvení je bílé nebo nažloutlé ve formě krystalických pevných látek. Vyznačují se nízkou rozpustností ve vodě a vysokou rozpustností v tucích a olejích. Dále se vyznačují vysokou perzistencí a schopností odolávat přirozeným rozkladným procesům [www16,www42].

Fenoly

Tabulka 5 Charakteristika dle IRZ fenolů [Zdroj: www43].

další názvy	hydroxybenzen, kyselina karbolová, fenol, benzenol, Phenic, Phenol reagent, Molten, PHN
číslo CAS	108–95–2
chemický vzorec	C ₆ H ₆ O (fenol)
ohlašovací práh pro emise a přenosy	
do ovzduší (kg za rok)	/
do vody (kg za rok)	20
do půdy (kg za rok)	20
prahová hodnota pro přenosy	50
rizikové složky životního prostředí	voda, půda,
v odpadních vodách (kg za rok)	20
v odpadech (kg za rok)	200
věty R* (fenol, CAS: 108–95–2)	
R23/24/25 Toxický při vdechování, styku s kůží a při požití.	
R34 Způsobuje poleptání.	
R48/20/21/22 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici.	
R68 Možné nebezpečí nevratných účinků.	
věty S* (fenol, CAS: 108–95–2)	
S1/2 Uchovávejte uzamčené a mimo dosah dětí.	
S24/25 Zamezte styku s kůží a očima.	
S26 Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc.	
S28 Při styku s kůží okamžitě omyjte velkým množstvím..... (vhodnou kapalinu specifikuje výrobce).	
S36/37/39 Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličej. štít.	
S45 V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).	

Fenoly jsou látky jak přirozeně se v prostředí vyskytující, tak člověkem vnesené. Jsou to bílé nebo bezbarvé krystalické látky se silným odporně nasládlým antiseptickým zápachem. Vykazují nebezpečnou vlastnost toxicitu, bioakumulativnost a vysokou stabilitu, a proto představují velké riziko pro životní prostředí. Při reakci s jinými látkami mohou přispívat tak ke tvorbě škodlivého přízemního ozonu (fotochemický smog) [www43].

Polychlorované bifenyly - PCB

Tabulka 6 Charakteristika dle IRZ polychlorovaných bifenyly [Zdroj: www44].

další názvy	Delor, Aroclor, Clophen, Phenochlor, Kanechlor, Pyranol, Pyroclor, Pyralene, Clophen, Santotherm, Elaol, Fenchlor, Apirolio, Sovol
číslo CAS	1336–36–3
chemický vzorec	$C_{12}H_{10-n}Cl_n$
ohlašovací práh pro úniky	
do ovzduší (kg za rok)	0,1
do vody (kg za rok)	0,1
do půdy (kg za rok)	0,1
prahová hodnota pro přenosy	
v odpadních vodách (kg za rok)	0,1
v odpadech (kg za rok)	1
rizikové složky životního prostředí	voda, půda, ovzduší
věty R* (fenol, CAS: 108–95–2)	
R33 Nebezpečí kumulativních účinků.	
R50/53 Vysoce toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.	
věty S* (fenol, CAS: 108–95–2)	
S2 Uchovávejte mimo dosah dětí.	
S35 Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny bezpečným způsobem.	
S60 Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny jako nebezpečný odpad.	
S61 Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy.	

Skupina látek zvaná polychlorované bifenyly obsahuje 209 jednotlivých sloučenin (tzv. kongenery), ale v komerčních směsích se využívá 130 z nich. Charakteristickou vlastností je bezbarvost. Přirozeně jsou ve formě krystalů bez zápachu, avšak komerční směsi PCB jsou kapaliny. Hustota všech jednotlivých kongenerů je vyšší než u vody (přibližně 1440 kg/m³). Charakteristickým rysem všech kongenerů je jejich nízká rozpustnost ve vodě (0,7 mg/l) a vysoká rozpustnost ve většině organických rozpouštědel a v tucích. Vyznačují se chemickou a fyzikální stálostí (i za teplot okolo 300 °C) a nejsou korozivní. Dopady na životní prostředí jsou spatřovány hlavně v jejich perzistenci. Hromadí se v potravních řetězcích a narušují reprodukční schopnost savců [www44].

BTEX

Tabulka 7 Charakteristika dle IRZ látek BTEX [Zdroj: www45].

další názvy	ortho-xylen, 1,2-dimethylbenzen, o-methyltoluen, 1,2-xylen, o-xylo, meta-xylen, 1,3-dimethylbenzen, m-methyltoluen, 1,3-xylen, m-xylo, para-xylen, 1,4-dimethylbenzen, p-methyltoluen, 1,4-xylen, p-xylo
číslo CAS	1330-20-7
chemický vzorec	C ₈ H ₁₀
ohlašovací práh pro úniky	
do ovzduší (kg za rok)	/
do vody (kg za rok)	200(jako BTEX)
do půdy (kg za rok)	200(jako BTEX)
prahová hodnota pro přenosy v odpadních vodách (kg za rok)	200(jako BTEX)
v odpadech (kg za rok)	2000(jako BTEX)
rizikové složky životního prostředí	voda, půda, ovzduší
věty R* (fenol, CAS: 108-95-2)	
R10 Hořlavý	
R38 Dráždí kůži.	
R20/21 Zdraví škodlivý při styku s kůží a při požití.	
věty S* (fenol, CAS: 108-95-2)	
S2 Uchovávejte mimo dosah dětí.	
S25 Zamezte styku s očima.	

Jednotlivé znečišťující látky se ohlašují v případě, že dojde k překročení prahové hodnoty pro BTEX (souhrnný parametr pro benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny).

Zkratka BTEX představuje skupinu látek obsahující benzen, toluen, etylbenzen a xylen. Tyto látky jsou málo rozpustné vodě, avšak v nepolárních rozpouštědlech jsou rozpustné dobře. Řadí se mezi těžké organické látky (VOC). Podílí se na vzniku fotochemického smogu. Jsou převážně vázány v půdě a vodě. Jsou škodlivé hlavně pro vodní organismy [www45].

CIU

Zkratka CIU představuje skupinu látek zvanou chlorované uhlovodíky. Hlavní zdroj vystavení je z ovzduší a podzemní voda. Akutní toxicita nebyla prokázána. Však při dlouhodobém vystavení byla dokázána karcinogenita. Cílové orgány poškození jsou centrální nervová soustava, játra, ledviny, plíce a kardiovaskulární systém. Jsou málo rozpustné ve

vodě a hustota mají vyšší než voda. Důležitou vlastností chlorovaných uhlovodíků je těkavost, která ovlivňuje jejich migraci v horninovém prostředí. K procesu těkání dochází při kontaktu kapalné fáze nebo roztoku s půdním vzduchem nebo atmosférou [10,ww46].

Nepolární extrahovatelné látky - NEL

Mezi skupiny látek náležících do nepolárních extrahovatelných látek spadají alifatické, alicyklické, aromatické a alkylaromatické uhlovodíky s dlouhými nebo rozvětvenými řetězci. Jsou označovány jako ropné látky, protože v právě v ropě tvoří převážnou část objemu. Vyskytují se jako součást benzínu, olejů, motorové nafty a jiných látek. Škodlivost jednotlivých složek není vědecky podložena, ale na základě dosavadních poznatků víme, že jsou pro člověka škodlivé. Negativně ovlivňují hlavně povrchové vody. K základním vlastnostem patří nízká schopnost biologické rozložitelnosti a jako hlavním zdrojem do přírodních vod jsou vody odpadní. Častým zdrojem znečištění pak bývají různé havarijní situace [21]. Na obrátku v příloze č. 4 je znázorněno znečištění zemin NEL ve vybrané lokalitě

Těžké kovy

Skupina těžkých kovů čítá kovové prvky s výjimkou alkalických kovů a kovů alkalických zemin. Vybrané kovy jsou mikrobiogenní prvky, což v praxi znamená, že jsou v malých koncentracích nezbytné pro život, ale ve větších koncentracích bývají toxické. Tato toxicita se projevuje dvojím způsobem – jako chronická a akutní. Akutní toxicita má negativní účinek již při krátké době expozice a projevy otravy jsou zřejmé brzy po vystavení. Chronická toxicita má negativní účinek při dlouhodobé expozici. U těžkých kovů se setkáváme hlavně s toxicitou chronickou, a to díky kumulativní schopnosti těžkých kovů v živých organismech. Koncentrace kovů v organismech žijících ve vodě může být až o několik řádů vyšší, než koncentrace těchto kovů ve vodě. Vyznačují se vysokou hustotou, teplotou tání i varu. Dále bývají tvrdé, mechanicky odolné, křehké, dobře tepelně i elektronicky vodivé (kovová vazba) látky, které vzájemně tvoří slitiny [ww47].

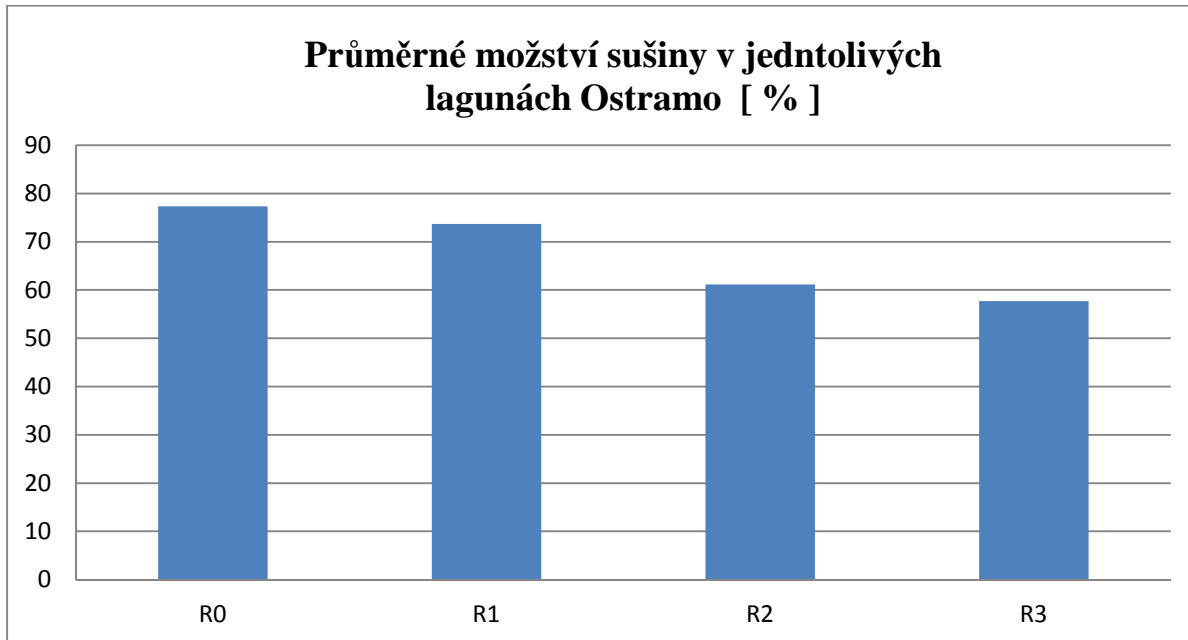
Anionaktivní tenzidy – PAL – A

Anionaktivní tenzidy jsou látky, které patří mezi nejstarší známé a jsou nejčastěji se vyskytujícím typem povrchově aktivních látek. Díky svým vlastnostem jsou využívány

jako čisticí prostředky a k čištění zemin znečištěných ropnými produkty. Hydrofobní část molekuly tvoří obvykle alkyl řetězec různé délky, dále pak alkyl, fenyl, ether nebo alkylbenzen. Hydrofilní část tvoří karboxylová, sulfátová, sulfonátová nebo fosforečnanová skupina. Jejich ekotoxicita je způsobena vlastností vázat se na peptidy, enzymy a DNA u mikroorganismů, a tím nastává možnost změny jejich biologické funkce [22].

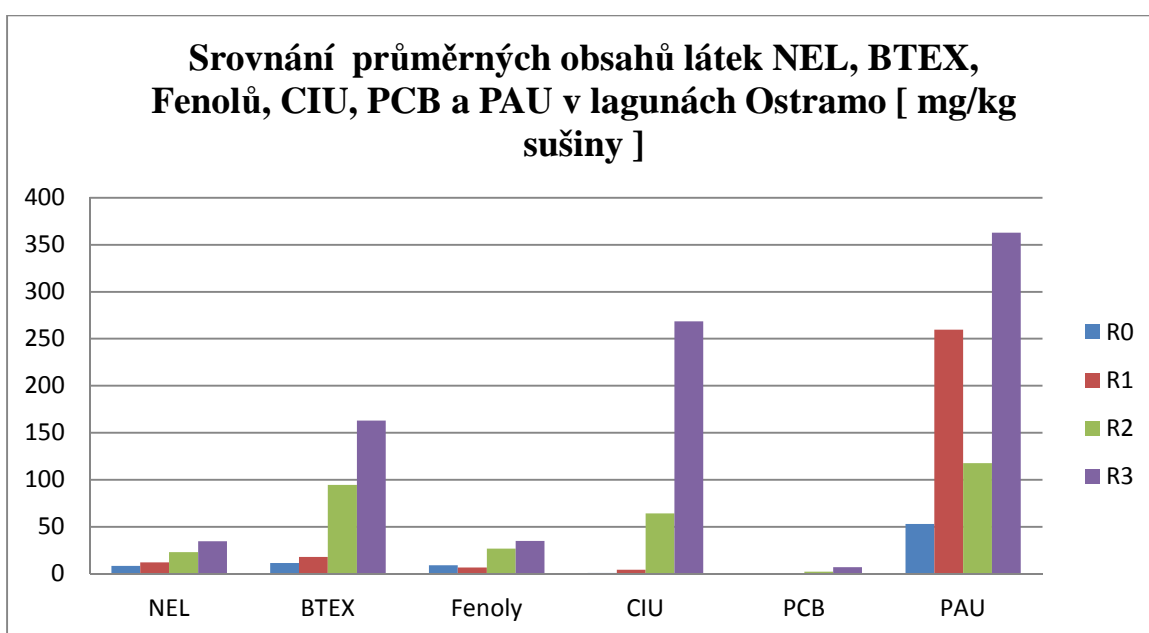
4.14.2 Výskyt polutantů na zvolené lokalitě

Na základě dat získaných během Doprůzkumu lagun Ostramo byla vytvořena reprezentativní data pro obsah sušiny a vybrané významné polutanty nacházející se na vybrané lokalitě. Graf vyobrazený na obrázku č. 11 zobrazuje množství sušiny v jednotlivých lagunách. Jak lze vyčíst z grafu na obr. č. 11 laguna R0 (podíl sušiny 77,36 %) má vyšší hustotu než ostatní laguny, což koresponduje s informacemi o uložených odpadech v kapitole 4. 13. 1. Laguna R1 pak obsahuje také vysoká podíl sušiny – 73,68 % a spolu s informacemi z kapitoly 4. 13. 2 lze vyvodit závěr, že větší část laguny je pevného charakteru. Zatímco laguny R2 a R3 mají nižší obsah sušiny (R2 – 61,17 %, R3 – 57,73 %) a spolu s informacemi z kapitol 4. 13. 3 a 4. 13. 4 lze vyvodit jejich kašovitou konzistenci.



Obrázek 11 Průměrné množství sušiny v jednotlivých lagunách [Zdroj: Doprůzkum lagun Ostramo, Upraveno: Balušková 2015].

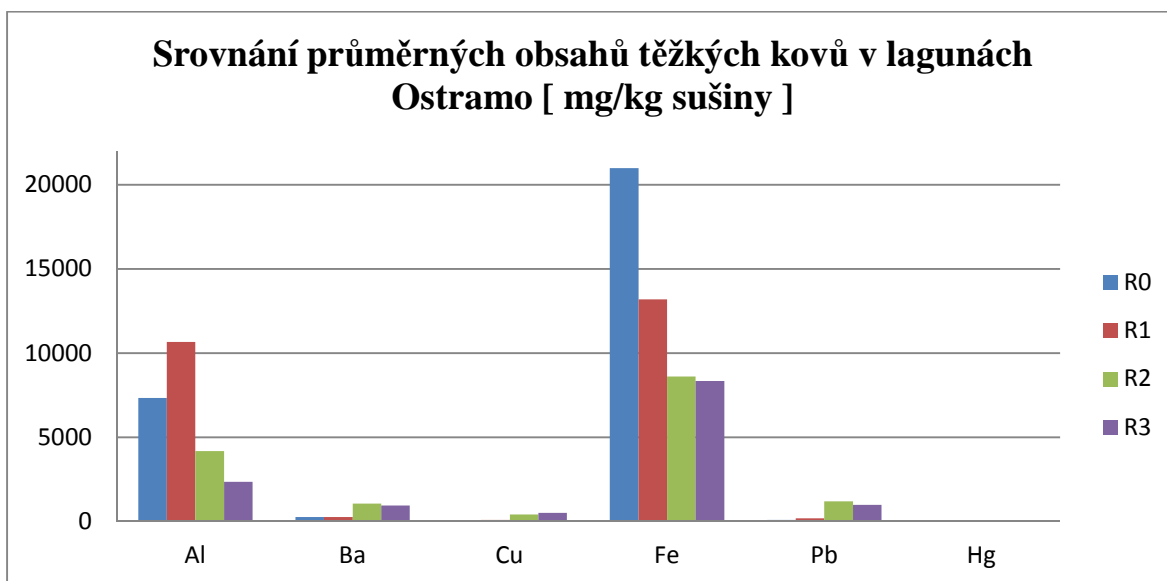
Z grafu vyobrazeného na obrázku č. 12 vyvozují, že nejvyšší koncentrace znečištění je v laguně R3. Nejpočetněji zastoupená skupina polutantů jsou PAU, CIU a BTEX. Tato laguna je také objemově největší a tudíž představuje největší nebezpečí pro všechny složky životního prostředí. Je však důležité upozornit na rozdílnou míru toxicity jednotlivých látek. Látky typu PCB vykazují vyšší míru nebezpečí pro životní prostředí, a proto i v malých koncentracích mohou být vysoce nebezpečné. V laguně R0 a R1 nebyla potvrzena jejich přítomnost. Na základě stanovených maximálních limitů pro vypouštění jednotlivých látek vedených v IRZ a jejich prokázaných vlastností víme, že látky typu PAU vykazují také vyšší toxicitu v porovnání s látky typu BTEX a fenoly.



Obrázek 12 Srovnání průměrných obsahů látek NEL, BTEX, Fenolů, CIU, PCB a PAU v lagunách Ostramo [Zdroj: Doprůzkum lagun Ostramo, Upraveno: Balušková 2015].

Těžké kovy jsou charakterizovány schopností dlouhodobé akumulace v živých organismech. Jak vidíme na grafu na obrázku č. 13, ve vybrané lokalitě se vyskytuje vysoký obsah železa a hliníku. To je dáno jejich přirozeně vysokou prezencí v zemské kůře. Proto laguna R0 a R1 jež jsou částečně zasypány stavebně demoličním odpadem a zeminou, vykazují větší množství železa a hliníku než laguny R2 a R3. Obsah rtuti je v porovnání s ostatními obsahy těžkých kovů zanedbatelný, ale vzhledem k jejím vysoce toxickým vlastnostem, je třeba monitorovat její přítomnost a množství. V laguně R3 je obsah rtuti

nejvyšší (R0 – 0,413 mg/kg sušiny, R1 – 0,599 mg/kg sušiny, R2 – 1,674 mg/kg sušiny, 3,024 mg/kg sušiny).



Obrázek 13 Srovnání průměrných obsahů těžkých kovů v lagunách Ostramo [Zdroj: Dopřůzkum lagun Ostramo, Upraveno: Balušková 2015].

4.14.3 Charakteristika rizik

Obsah lagun je nebezpečným odpadem, a proto je třeba si určit rizika s ním spojené. Dle přílohy zákona 185/2001 Sb. o odpadech v platném znění řadíme mezi nebezpečné vlastnosti odpadu z vybrané lokality tyto:

HOŘLAVOST

Ačkoli byly odpady na tuto vlastnost vyhodnocovány, závěr průzkumných prací v rámci Dopřůzkumu Lagun Ostramo byly vyloučeny. Převážně byl bod vzplanutí větší než 160 °C, jen v ojedinělých případech byl bod vzplanutí naměřen - 85 °C.

SCHOPNOST ODPADU UVOLŇOVAT PŘI STYKU SE VZDUCHEM NEBO VODOU JEDOVATÉ PLYNY

V zadání pro průzkumné práce nebyla tato vlastnost podrobena průzkumu, ale při vzorkování obsahu lagun byly z větších hloubek vytěženy takové odpady, které uvolňovaly dýmy oxidy síry a jejich pH bylo okolo 1.

EKOTOXICITA

Nebezpečná vlastnost ekotoxicita nebyla prokázána, můžeme však lokálně určit existující nebezpečnou vlastnost genotoxicita. Na místě se vyskytuje látka benzo(a)pyren, která má prokázané mutagenní účinky, a to v koncentracích 2,125 mg/kg sušiny až 3,194 mg/kg sušiny. Laguna R2 pak čítá 179 kg tohoto chemického rezidua.

AKUTNÍ TOXICITA

Nebezpečná vlastnost akutní toxicita byla prokázána ve zkoumaném odpadu. Anorganické a organické látky v odpadu, jež jsou v koncentracích vyšších než 25 %, lze identifikovat jako škodlivé a nebezpečné. Na základě chemických rozborů hodnotíme jako takto koncentrované látky:

- Suma PCB v laguně R2 pro tuhou fázi - 61 kg,
- toluen 872 kg,
- Fenantren 2 367 kg,
- naftalen 1 887 kg,
- fenoly v laguně R2 - 723 kg.
- extrahovatelné organické halogenované látky (EOX) souhrnně 23 300 kg.

Dále se zde pak prokázaly škodlivé látky, které mohou způsobit nezvratné poškození zdraví. Jedná se zejména o:

- *Chlorované alifáty*

Jsou systémově a akutně toxické, potencionální karcinogeny, dobře rozpustné v tucích. Ke způsobům poškození na zdraví patří inhalace, ingesce a dermální útok.

- *Fenoly*

Jsou akutně a chronicky toxické. Vykazují slabě kyselou reakci a při styku s pokožkou mají leptavý účinek. Organolepticky jsou ve vodě registrované od 0,3 mg . l. Ke způsobům poškození na zdraví patří inhalace, ingesce a dermální útok.

- *Polyaromatické uhlovodíky*

Mezi polyaromatickými uhlovodíky řadíme řadu látek klasifikovaných jako pravděpodobné karcinogeny. Vzhledem k faktu, že jde o látky málo těkavé, nehrozí jejich inha-

lace. Mezi další vlastnosti patří nízká rozpustnost ve vodě. Ke způsobům poškození na zdraví patří ingesce a dermální útok.

- *Těkavé aromatické uhlovodíky (BTEX)*

Jako hlavní vlastnost je zřejmá jejich těkavost. Jsou to systémově toxické látky, kde benzen je prokázáný karcinogen. Se vzduchem tvoří hořlavé směsi. Ke způsobům poškození na zdraví patří inhalace, ingesce a dermální útok.

- *Těžké kovy*

K místně se vyskytujícím těžkým kovům řadíme arsen, kadmium, nikl, chrom a dominující olovo. Imisní hodnoty těchto látek v ovzduší nepřekračují limity a nejsou tudíž akutně nebezpečné. Nebezpečí může hrozit při dlouhodobých expozicích a to v podobě poškození centrální nervové soustavy [18].

4.15 Návrhy na dokončení sanace

Ve vybrané lokalitě lze znečištění rozdělit na tři oblasti znečištění. Jedná se o znečištěné vody, o kontaminovanou zeminu a samotný obsah lagun – kaly s příměsemi. Znečištěné vody jsou dekontaminovány v dostatečné míře čistírnou odpadních vod na takovou koncentraci polutantů, že je možné je vypouštět do městské čistírny odpadních vod. Tuto problematiku bych pro účely této práce proto brala za aktuálně vyřešenou.

Kaly, jež jsou uloženy v lagunách, jsou nejproblematictější částí vzhledem k jejich množství – 200 679 Mg. Vzhledem k povaze odpadů a k jejich toxicitě je neproveditelné řešení za pomoci mikroorganismů, protože v místě jsou jednak různorodé odpady, a jednak se jejich fyzikální a chemické vlastnosti vylučují s růstem živých organismů. Existuje možnost jejich ředění na určitou koncentraci, která by byla pro biologické zneškodnění vhodná, ale s ohledem na jejich množství se nejedná o finančně, časově a technologicky racionální řešení.

Dalším diskutovaným návrhem je stabilizace těchto odpadů zalitím do vhodného média a následně jeho skládkování. Tento postup se mi nejvíce jeví jako příliš vhodný. Za prvé je v rozporu s hierarchií odpadů dle zákona o odpadech a za druhé by se jednalo o přenechání zátěže na budoucí generace. Z finančního hlediska by byl tento postup zajímavý, ale z environmentálního hlediska je vhodnější varianta energetického využití.

Z mého pohledu je vhodnou variantou jejich zneškodnění spalováním či spoluspalováním. Toto můžeme provést ve vybraných zařízeních – např. spalovna nebezpečných odpadů, tepelná elektrárna, cementárna. Odpad by měl být zneškodňován v místě jeho vzniku. Odpady uložené v Lagunách Ostramo byl vyseparován na místě lagun, a tudíž tam teoreticky vznikl, ale je si třeba uvědomit, že oleje, které byly zde regenerovány, byly sváženy z celého území Československa a pravděpodobně i z jiných okolních států. Probíhala tedy migrace znečištění a koncentrovala se v Ostravském regionu.

V Moravskoslezském regionu se nacházejí vhodná zařízení pro zneškodnění tohoto typu odpadu jako tepelná elektrárna Dětmorovice, která je provozována společností ČEZ a má výkon 800 MW, elektrárna Třebovice s výkonem 764,80 MW, která je provozována společností Dalkia, elektrárna Energetika Třinec o výkonu 70 MW a spalovna nebezpečných odpadů Ostrava pod společností SITA CZ. Na základě sdělení z podniku Diamo je zřejmé, že tato zařízení nejsou zcela vhodná pro zneškodnění vybraných kalů. Bylo požádáno o dotace pro investiční prostředky na úpravu jejich technologií k přizpůsobení technologií pro spoluspalování kalů z Lagun Ostramo. Pro limitům vyhovující spálení kalů je třeba vysokých teplot a ty se v některých zařízeních nedosahují, je třeba dostatečné čištění spalin a je třeba dostatečná výkonnost zařízení (jsou stanoveny konečná data dokončení sanace a pro vyhnutí se pokutě je třeba je dodržet), což také mnohé z nich nesplňují (pro spalování NO). Dotace nebyly poskytnuty, proto bylo vybráno zařízení, které standardně zneškodňuje tento typ odpadu již dlouhá léta – cementárna v Čížkovicích Lafarage. Je zde negativní prvek finanční náročnosti převozu odpadu. Nabízí se porovnání s finanční náročností rekonstrukce uvedených zařízení, avšak na základě dostupných dat tuto možnost nemohu vyhodnotit. Volba způsobu zpracování a jeho průběh se zdá být jako racionální, environmentální a finančně výhodná varianta.

Posledním článkem k dokončení sanace je zneškodnění kontaminované zeminy. Bylo postaveno zařízení ITD, které je však nefunkční. Vzhledem k tlaku společnosti byla zvolena možnost nepřímé desorpce, která je obecně považována za šetrnější k životnímu prostředí. Jelikož již byla investice do zařízení vložena, neshledávám vhodným navrhnout jiná řešení a ideální by byla úprava stávajícího zařízení. Existují dohady o přiřazení hořáku pro vzniklé plyny a tím snížení výbušnosti zařízení. Tento návrh je řešením takovým, který postrádá logiku věci, ale bude paradoxně společností přijímán lépe než správně naprojektované a postavené zařízení pro přímou termickou desorpci.

Po zneškodnění výše uvedených částí je třeba provést rekultivaci lokality. V dosavadním projektu je navrhována změna lokality na les zvláštního území. Jako racionálnější varianta se nabízí však využití postavených inženýrských sítí a zastavěné plochy pro lehký průmysl, kterým je daná lokalita obklopena. Dojde ke snížení finančních nákladů a aktuální zastavěné plochy na podnikem Diamo vypůjčeném pozemku budou využity městem Ostrava.

5 DISKUZE

Téma sanace ostravských Lagun Ostramo je značně složité. Ať už z pohledu velikosti ekologické zátěže, anebo z pohledu vyvstalých vztahů při řešení této problematiky. Těmito vztahy myslím jak vztahy s úřady, tak vztahy dodavatelské ve věci GEOBAL a vztahy podniku DIAMO k sanační firmě a jiné. Proces byl trnem v oku nejedné environmentálně zaměřené organizaci a proběhlo mnoho sporů v této oblasti. Vzhledem k faktu, že se jedná o veřejnou zakázku, by měla být zajištěna dostatečná transparentnost probíhajících prací. I přes všechnu snahu zástupců podniku Diamo a jeho partnerů, s tímto faktem nemohu souhlasit. Na jednu stranu velká ochota a odbornost Ing. Kamila Prokeše, který mi vyšel ve všem vstříc a snažil se mne seznámit s fakty týkajícími se ostravských lagun, na straně druhé však velká změť dokumentů obsahujících obrovské množství údajů vypracované odborníky z různých oborů, rozcházející se názory vydávané podnikem Diamo a sanaci provádějícím podnikem GEOSAN GROUP a k tomu všemu velké množství článků shrnující danou problematiku v různých bodech různými subjekty (Diamo, GEOSAN GROUP, Arnika, Společenství horníků apod.) a s různými názory. Domnívám se, že neprůhlednost prováděných sanací Lagun Ostramo je zapříčiněna složitostí a ojedinělostí zakázky. Neodborné názory organizací chránící životní prostředí, které nebyly ani dotazovány podnikem Diamo, vyvolaly paniku a vlnu nevole z řad občanů a způsobily mnohé problémy při odstranění této staré ekologické zátěže. Administrativní přítěž při řešení stížností během spalování paliva vyrobeného z kalů byla natolik vysoká, že se společnost Lafarage rozhodla ukončit spolupráci, a to i přes jednoznačné výhody vyplývající z tohoto obchodního vztahu. Palivo jim bylo dodáváno spolu s jednotkovou platbou za Mg paliva. Finanční úspora na energie se tedy pohybovala v řádech desítek miliónů. Můžeme polemizovat o nevhodnosti migrace znečištění z místa na místo, ale jak již bylo v práci řečeno, velká část odpadu, která se na místě nachází, jsou odpady z rafinace olejů, které byly sváženy z celého Československa a pravděpodobně i ze sousedních států, a proto samotný vznik odpadu nebyl v areálu lagun, ale celostátní.

Další problematickou částí je realizace zařízení, které neplní svou funkci. Nevhodně zvolená vzdálenost pro výstupní monitorovací profil zapříčinila získání reprezentativních dat a tato stavba ztrácí na původním významu. Druhým velkým omylem bylo postavení zařízení pro nepřímou termickou desorpci. Velkorysý výběr k životnímu prostředí šetrnější

nepřímě desorpce a tím pádem obyvatelstvem a organizacemi zbrojícími za ochranu životního prostředí lépe přijatelnou variantu vedl k aktuálnímu stavu, kdy byly využity finance, a bylo postaveno zařízení, ale nelze jej v tomto stavu využívat k původnímu účelu. Již při nízkých teplotách (120 °C) dochází k uvolňování vyššího než přípustného množství vodíku a to způsobuje výbušnost zařízení. Dále zařízení není schopno zkondenzovat vzniklé výpary, tudíž způsob, kterým byly plánovány zachytit a zneškodnit tekuté odpady, je nepoužitelný.

Technologie termické desorpce je běžně využívanou metodou dekontaminace znečištěných zemín. Využita byla například při dekontaminaci zemín v Spolchemii Ústí nad Labem. Zde byla detekována kontaminace rtutí a s úspěchem byla provedena sanace zařízením pro termickou desorpci. Toto zařízení bylo instalováno dle německého modelu. Další lokalitou, kde bylo využito zařízení pro termickou desorpci, byla sanace Karoliny v Ostravě. Zde byla kontaminace na území bývalé koksovny úspěšně dokončena a nyní je území využíváno k jiným účelům. Sanace Karoliny má také své specifika zpracování, avšak byly zvoleny vhodné postupy. Zásadním problémem při dekontaminaci zemín Lagun Ostramo je jejich nehomogenní složení. Literatura uvádí jako hlavní riziko nefunkčnosti nepřímé termické desorpce právě neznalost složení zeminy. Zařízení ITD, které bylo použito na sanaci mnou vybrané SEZ, bylo instalováno a navrženo skupinou českých firem, které použily vlastní konstrukci a řešení ITD.

Dalším problematickým bodem je zjištění nadlimitního množství odpadů v lagunách. Původní množství 200 679 Mg bylo po vytěžení navýšeno odhadem o dalších 90 000 Mg. Díky nesourodému složení lagun a v podstatě žádné evidenci o jejich druhu či množství byl proveden výzkum na zjištění jejich množství. Podmínky pro realizaci tohoto výzkumu byly vysoce extrémní - vysoce agresivní prostředí, v některých místech až pH 1, konzistence a velikost lagun a zvýšení migrace polutantů při narušení hladiny. Proto i přes využití více způsobů pro zjištění těchto dat došlo k nepřesným odhadům. Díky nadlimitnímu množství uložených odpadů, nefunkčnímu zařízení nepřímé termické desorpce a ukončení spolupráce se společností Lafarage bylo vyhlášeno nové výběrové řízení na odstranění této staré ekologické zátěže.

K dalším úskalím, ke kterým došlo při odstraňování lagun, byl povolovací proces správních orgánů. V původním rozhodnutí byly paliva z kalů brána jako výrobek, ale v průběhu již probíhající sanace bylo rozhodnutí změněno a palivo se stalo nebezpečným

odpadem. Tento krok měl za následek zvýšení administrativní náročnosti a finančních nákladů na sanaci. Samotné machinace s předáváním paliva jako odpadu osobě oprávněné k nakládání s odpady jsou také zastřeny mlhou. Cementárna v Čížkovicích provozována společností Lafarage je držitelem oprávnění k nakládání s nebezpečnými odpady (v tomto směru je vše jasné), ale druhá část paliva jako nebezpečného výrobku šla do rukou společnosti se sídlem ve Vratimově SIMUL Trust. Ta pak po velké nevoli obyvatelstva palivo vyvezla do Polska. Vše bylo v souladu s legislativou, ale polské ministerstvo životního prostředí po vyvezení paliv přes hranice změnilo názor a požadovalo po České republice zpětný odvoz. Palivo, které bylo vyvezeno (cca 90 000 Mg), bylo z větší části již na území Polska využito a momentálně je evidována mezideponie cca 20 000 Mg paliva u Katovic, kterou Diamo musí co půl roku monitorovat.

Důležitým faktorem je také financování celé této akce. Neexistuje žádný dokument shrnující celý průběh financování, ale z různých zdrojů mohu shrnout následující. Původní zakázka na sanaci lagun byla ve výši 3,146 miliardy korun s DPH. Z toho cca 625 miliónů korun bylo využito na udržovací práce (vodní hospodářství). Část peněz byla využita na stavbu zařízení ITD. Koncem roku 2013 byla vládou schválena dotace ve výši 1 miliardy korun s DPH k pokrytí nákladů vzniklých z nových skutečností během sanace (nefunkční ITD, nadbilanční kaly). Část financí padla na přepracování kalů na palivo a na jeho distribuci.

6 ZÁVĚR

Tato práce je zpracována na téma starých ekologických zátěží. Tyto zátěže zahrnují kontaminované vody, zeminy a úniky do ovzduší. Vznikly činností státních podniků před privatizací využíváním nevhodných a špatně zabezpečených technologií a chemických látek, které však byly v souladu s tehdejší legislativou. Česká republika za ně po privatizaci převzala zodpovědnost a financuje jejich zneškodňování ze státního rozpočtu. Aktuální počet takto znečištěných míst je okolo 200 a pracuje se na jejich nápravě.

Jedním z problémů je nepřehledná legislativní úprava této problematiky. Právní úprava oblasti zájmu je obsažena v mnoha právních předpisech, mezi základní složkové zákony patří zákon č. 167/2008 Sb. o předcházení ekologické újmě a o její nápravě v platném znění a zákon č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) v platném znění. Jednotlivé složkové a průřezové právní předpisy jsou detailněji probírány v obsahu práce. Vybraná stará ekologická zátěž se nachází v Moravskoslezském kraji v Ostravě a je zvaná Laguny Ostrava. Jedná se o 127 let starou zátěž z úpravy ropy a rafinace olejů. Na skládce bylo v průběhu let ukládáno nemonitorovaně, nehomogenně a neizolovaně velké množství odpadů různého skupenství a toxicity. Jako doplňková ochrana byla postavena izolační stěna, která má bránit migraci znečištění.

Zasažené složky životního prostředí jsou podzemní voda, půda i ovzduší. Mezi hlavní polutanty v podzemní vodě patří PAU, těžké kovy, BTEX, CIU, NEL a fenoly. Kontaminace zemin obsahuje zejména látky typu BTEX, CIU, kovy, NEL, PAU a PCB. Celková kontaminovaná plocha skládky činí více než 2000 m², celkový objem kontaminované zeminy činí 474 931 Mg a celkový objem kalů v lagunách činí 200 679 Mg a odhadované množství nadbilančních kalů 90 000 Mg. Kontaminované podzemní vody jsou čerpány a čištěny v čistírně odpadních vod, kdy odpadní vody jsou dále vypouštěny do blízké městské čistírny odpadních vod a mezi nejproblematictější kontaminanty patří anionaktivní tenzidy. Vyskytují se zde vysoce znečištěné podzemní vody, které ohrožují zdroj pitné vody Nová Ves. Nebezpečné vlastnosti odpadu ve vybrané lokalitě jsou genotoxicita, akutní toxicita a schopnost odpadu uvolňovat při styku se vzduchem nebo vodou jedovaté plyny.

Skládka je rozdělena do čtyř sektorů – laguny R0, R1, R2 a R3, přičemž laguna R3 je objemem a rozlohou největší, vykazuje nejvíce nebezpečných vlastností a nevyšší obsah a

koncentraci polutantů. Laguna R0 je tuhého charakteru, jelikož byla zasypána stavebně demoličním odpadem. Laguna R1 je převážně tuhého charakteru ale objevují se lagunové jezera. Laguny R2 a R3 jsou pak kašovitého charakteru s různými vrstvami zpevněných ploch.

Podrobila jsem lokalitu částečnou analýzou rizik a shrnula dosavadní postup při sanaci skládky. Mezi významné akty v sanaci patří postavení podzemní těsnicí stěny okolo lagun R1, R2 a R3, výstupní monitorovací profil, který však neplní svou řádnou funkci, udržovací čerpání, čerpání ze štoly a postavení zařízení pro nepřímou termickou desorpci. Vyzdvihla jsem nejvýznamnější polutanty, porovnávala jejich koncentrace v jednotlivých lagunách a shrnula závěry. Nastínila jsem možnosti sanace různými postupy a vybrala dle mého názoru v momentálním stavu sanace ten nejvhodnější.

Realizace nápravných opatření je v procesu. Byla zvolena metoda, kdy se vytěžilo 200 679 Mg kalů, které byly následně přepracovány na palivo. Toto palivo bylo energeticky využito a expedováno dvěma odběratelům. První subjekt byla cementárna v Čížkovicích v severních Čechách od společnosti Lafarage. Odebrala 100 679 Mg paliva. Druhým subjektem byla společnost Simul Trust se sídlem ve Vratimově, a ta následně vyvezla palivo do Polska. Za hranice bylo vyvezeno 90 000 Mg paliva. Větší část paliva byla energeticky využita v průmyslové zóně u Katovic a následně Polská strana zažádala o zpětné odvezení 20 000 Mg paliva do České republiky, jelikož se po změně integrovaného povolení v procesu sanace změnila podmínky a palivo zvané GEOBAL změnilo svůj režim z výrobku na nebezpečný odpad. Je třeba si uvědomit, že se nejednalo o charitu ze strany spalovacích zařízení, ale tento obchod přináší velkou finanční úsporu pro tyto zařízení.

Problémovou částí sanace je postavení zařízení pro termickou desorpci kontaminovaných zemín. Po postavení se při zkušebním provozu zjistilo, že již při 120 °C dochází k vysoké produkci vodíku, a tím k nebezpečí výbuchu. Také plyny, jež vznikají, jsou těžko zkondenzovatelné. Vstupní materiál měl dle dokumentace nepředvídatelné vlastnosti a nastalé skutečnosti byly neočekávané.

Po vytěžení první části lagun se zjistilo, že v lagunách je vyšší množství kalů, než bylo původním průzkumem zjištěno. Toto množství se stanovilo na 90 000 Mg. Na místě proběhly různými způsoby zjišťování objemu lagun, ale i přes tento fakt se vzhledem k povaze kontaminace a jejímu rozsahu nedošlo ke správnému odhadu. Cementárna v Čížkovicích společnosti Lafarage díky tlaku společnosti rozvázala s podnikem Diamo

smlouvu o odebrání paliva GEOBAL, a tudíž nastává problém s odbytem. Vedení cementárny bylo s palivem spokojeno, při spalování vyhovovali všem limitům stanoveným zákonem. Nicméně tlak společnosti a neziskových organizací byl tak vysoký a administrativně náročný, že se cementárna rozhodla přestat spolupracovat se společností Diamo ve věci Lagun Ostramo.

Spolu se všemi výše uvedenými skutečnostmi a faktem, že se jedná o největší starou ekologickou zátěž v České republice, která je složitá z důvodu vysoké heterogenity odpadů, jejího slabého zabezpečení proti úniku a velké mediální popularitě, dochází k odkládání dokončení sanace zvoleného místa a porušování termínu dokončení sanace. S tím je spojeno nejen nepříjemné obtěžování zápachem obyvatel blízkého sídliště Fifejdy, ale také rozdávání pokut za nedodržení smluv a plánů. Hlavním cílem této sanace je její zneškodnění a to za co nejvýhodnější cenu, environmentálně nejvhodnějším způsobem a s co nejvyšším snížením koncentrace kontaminantů. Celá tato kauza je velice zmatečná s ohledem na informace od správních úřadů, vedení podniku Diamo a podniku provádějící sanační práce GEOSAN GROUP. Momentální termín dokončení sanace je ke konci roku 2019 a to v původním plánu na rekultivaci území s funkcí lesa. Vše se ještě může změnit a to v závislosti na výsledku výběru společnosti ve veřejné zakázce na dokončení sanace Lagun Ostramo.

7 LITERATURA

Tištěné zdroje

- 1) ALEXANDR, M. A., Biodegradation and bioremediation. 2 vyd. Academic press 1999, 453s. ISBN 978-01-20498-61-1
- 2) FILIP, J., KOTOVICOVÁ, J., BOŽEK, F. *Komunální odpad a skládkování* 1. Vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 121 s. ISBN 80-715-7712-X
- 3) MATĚJŮ, V. *Kompendium sanačních technologií*. Vyd. 1. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2006, 255 s. ISBN 80-86832-15-5.
- 4) HAVRLANT, M. *Ekologické zátěže a jejich hodnocení*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita Ostrava, 1998, 60 s. ISBN 80-704-2747-7.
- 5) POKORNÝ, E., FILIP, J., LÁZNIČKA, V. *Rekultivace*. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. 128 s. ISBN 80-7157-489-9.
- 6) NEMEROW, N L. a kol. *Environmental engineering : water, wastewater, soil, and groundwater treatment and remediation*. 6. vyd. Hoboken, N. J.: Wiley, 2009. 384 s. ISBN 978-0-470-08303-1.
- 7) KOUTNÁ, J. *Zhodnocení kontaminace a sanace vybraného území*. Brno, 2013. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Bc. Petr Junga, Ph.D.
- 8) FRANKOVSKÁ, J. a spol., *Metódy sanácie horninového prostredia a pevných materiálov*, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava 2010, 360 s, ISBN 978-80-89343-39-3
- 9) KUBAL, M., JANDA, V., BENEŠ, P. a HENDRYCH, J. *Metoda in situ chemické oxidace a její použití při nápravě starých ekologických zátěží*: 2008. 6 s. vědecký článek v Chemické listy č. 102
- 10) IVANKOVIĆ, Tomislav a Jasna HRENOVIĆ. Surfactants in the Environment. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* . 2010, 61 str., DOI: 10.2478/10004-1254-61-2010-1943.
- 11) VANÍČEK, I. *Sanace skládek, starých ekologických zátěží*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 247 s. ISBN 80-010-2438-5.

- 12) *Sanace ropných uhlovodíků metodou bioslurpingu*. Odpadové fórum. roč 2005, č. 02.
- 13) DAMOHORSKÝ, M. *Právo životního prostředí*. 3. vyd. Praha: C.H. Beck, 2010, 629 s. Právnícké učebnice (C.H. Beck). ISBN 9788074003387.
- 14) Česká republika. Úplné znění - Životní prostředí. In: *Sbírka zákonů*. Ostrava: Sagit, 2011. ISBN 978-80-7208-874-4
- 15) JANDÁK, J., POKORNÝ, E., PRAX. A. *Půdoznalství*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 140 s., ISBN 80-7157-559-3.
- 16) JANČÁŘOVÁ, I., J. DUDOVÁ a M. PEKÁREK. *Právo životního prostředí 2.díl*. 2. přepracované vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2007. ISBN 978- 80-210-3978-0.
- 17) ZEMAN, M. *Nástroje ochrany životního prostředí v českém právu*. Praha, 2009. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Doc. JUDr. Jaroslav Drobník, CSc.
- 18) HAMMER, V., *Ověření kapacity a technologie zařízení pro úpravu ropných kalů na produkt TPS NOLO“ podle přílohy č.3 zákona č. 100/2001 Sb. a ve znění pozdějších předpisů*. Dokumentace oznámení záměru. Praha. 2008.
- 19) JUCHELKA, A. Odborná exkurze Nápravná opatření Laguny Ostramo. *Zprávy a informace České komory autorizovaných inženýrů a techniků: Z + i/2011*. Brno: Moraviapress a.s., 2011, roč. 2011. IV. ISSN 1213-0907.
- 20) KOZEL, Martin. *Nepřímá termická desorpce a její využití při čištění kontaminované zeminy*. Zlín, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Roman Slavík Ph.D.
- 21) HORÁKOVÁ, M. a kol. *Analytika vody*. 2. vyd. Praha. Vydavatelství VŠCHT, 2003. 335 s. ISBN: 80-7080-520
- 22) IVANKOVIĆ, T., HRENOVIĆ. J., *Surfactants in the Environment*. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* [online]. 2010, vol. 61, issue 1 [cit. 2015-04-14]. DOI: 10.2478/10004-1254-61-2010-1943.

Ostatní zdroje

- 23) Realizační projekt Nápravná opatření - Laguny Ostramo. Souhrnná zpráva. Zhotovitel Sdružení čistá Ostrava. 2004. Interní dokument.
- 24) Diamo, s.p., *Doprůzkum Lagun Ostramo*, Ostrava. [cit. 2016-19-04]

25) Diamo, s.p., Analýza rizika skládky odpadů s. p. DIAMO (tzv. laguny Ostramo). Ostrava [cit. 2016-19-04]

26) PROKEŠ, K., Průběh sanace lagun, 2015, ústní sdělení

Internetové zdroje

- 1) POLENKOVÁ, Alena, *Staré zátěže – progresivní sanační technologie a jejich aplikace na našich zakázkách*, [online]. 2010 [cit. 2015-10-02] Dostupný z: https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/19604/mod_resource/content/1/Ekologické%20zátěže.pdf
- 2) Ministerstvo životního prostředí. 2005. [cit. 2015-10-02]. Dostupné z http://www.mzp.cz/cz/stare_ekologicke_zateze
- 3) Věstník Ministerstva životního prostředí. 2005. [cit. 2015-14-02]. Dostupné z http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/8/2610-2003_metodicky_pokyn_mzp_pro_analyzu_rizik_kontaminovanych_uzemi_1.pdf
- 4) Environmentálne zátěže. Enviroportál – informačný portál rezortu MŽP SR. [online]. [cit. 2015-26-04] Dostupný z <https://www.enviroportal.sk/environmentalne-temy/environmentalne-zataze>
- 5) Guidelines for Conducting Environmental Justice Analyses. 2010. US EPA – United State Environmental Protection Agency. [cit. 2015-14-04] Dostupné z: <http://www.epa.gov/region2/ej/guidelines.html>
- 6) Systém evidence kontaminovaných míst. 2009. [cit. 2015-14-04]. Dostupné z: <http://info.sekm.cz/>
- 7) U.S. EPA. *Soil Screening Guidance: Technical Background Document, EPA/540/R95/128*. 1996. [cit. 2015-16-02] Dostupné z http://www.epa.gov/reg3hscd/risk/human/rb-concentration_table/chemicals/SSG_nonrad_technical.pdf
- 8) USGS. *Environmental health toxic substances*. 2009. [cit. 2015-18-02] Dostupné z: http://toxics.usgs.gov/definitions/unsaturated_zone.html
- 9) NELSON, MJ., RAU, RG. *In situ soil decontamination method and apparatus*. 1991. [cit. 2016-19-02] Dostupné z <http://www.google.com/patents/US5011329>
- 10) Česká inspekce životního prostředí. 2005. [cit. 2015-14-04] Dostupné z http://www.cizp.cz/513_Stare-ekologicke-zateze

- 11) METODICKÝ POKYN MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území. *Věstník ministerstva životního prostředí*. Praha: ALQ Plus, s.r.o, 2005, roč. 15, č. 9, s. 104. [cit. 2015-14-04] Dostupné z: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/8/2610-2003_metodicky_pokyn_mzp_pro_analyzu_rizik_kontaminovanych_uzemi_1.pdf
- 12) Co je důležité vědět aneb souhrn problematiky starých ekologických zátěží. 2012. [cit. 2015-14-04]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/sanace/91587/stare-ekologicke-zateze>
- 13) Poškození rostlin polutanty v ovzduší. 2010. Chropyně. Mendelova univerzita. [cit. 2015-14-04]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/frvs/hrudova/index_soubory/Page2836.htm
- 14) Definition of contaminant. US EPA – United State Environmental Protection Agency. 2010. [cit. 2015-14-04]. Dostupné z: <http://www2.epa.gov/ccl/definition-contaminant>
- 15) BORGNE, L., S., a QUINTERO, R., Biotechnological processes for the refining of petroleum. *Fuel Processing Technology* [online]. 2003, vol. 81, issue 2, s. 155-169 [cit. 2015-04-14]. DOI: 10.1016/s0378-3820(03)00007-9.
- 16) LOUČKA, T., Chemie životního prostředí – část 1. 2013. [cit. 2015-14-04]. Dostupné z: http://fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/chemie_zp/Skripta_CHZP-casst_1.pdf
- 17) VYHLÁŠKA 383/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady ve znění pozdějších předpisů. 2010. [cit. 2015-14-04]. Dostupné z: <http://www.inisoft.cz/strana/vyhlaska-383-2001-sb>
- 18) CHANDRA, S., SHARMA, R., SINGH, K. a SHARMA, A. Application of bioremediation technology in the environment contaminated with petroleum hydrocarbon. *Annals of Microbiology* [online]. 2012, vol. 63, issue 2, s. 417-431 [cit. 2015-04-14].
- 19) VYHLÁŠKA 383/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady ve znění pozdějších předpisů. 2005. [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.inisoft.cz/strana/vyhlaska-294-2005-sb>
- 20) SMOLÍK, D., DIRNER, V., Význam rekultivace jako proces obnovy narušené biosféry. Vysoká škola Báňská, [cit. 2015-12-04]. Dostupné z:

- <http://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf2/instituty-a-pracoviste/cs/546/studijni-materialy/EV-modul7.pdf>
- 21) The Bioremediation and Phytoremediation of Pesticide-contaminated Sites, FRAZAR, CH., 2000, U.S. Environmental Protection Agency, [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.epa.gov/tio/download/remed/frazar.pdf>
 - 22) Přírozené snižování kontaminace. Dekontaminační technologie. [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/uchop/CDmartin/9-priroz/>
 - 23) Soil vapour extraction (SVE). [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.cpeo.org/techtree/ttdescript/soilve.htm>
 - 24) Remediation technologies sceerning matrix and reference guide. [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-7.htm>
 - 25) Solidifikace, stabilizace odpadů. Marius Pedersen. [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.mariuspedersen.cz/cs/o-marius-pedersen/sluzby/15.shtml>
 - 26) Konečná likvidace. Encyklopedie pojmů ČEZ. [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/likvidace_4.html
 - 27) FRANKOVSKÁ, J., KORDÍK, J., SLANINKA, I., JURKOVIČ, L., GREIF, V., Atlas sanačných metod environmentálních zát'azí, a spol. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava 2010, 360 s, ISBN 978-80-89343-39-3. [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://envirozataze.enviroportal.sk/atlassanmetod/jar/default.htm?turl=WordDocuments%2Fkometabolickvkuovbioextrakciakometabolickbioventing.htm>
 - 28) *Technical and Regulatory Guidance for In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater*. Technical/Regulatory Guideline. The Interstate Technology & Regulatory Council In Situ Chemical Oxidation Team. 2005. [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.itrcweb.org/Guidance/GetDocument?documentID=45>
 - 29) *Termická desorpce - zpracování odpadů*. Sanační technologie. Dekonta. 2013. Uherské Hradiště. [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: http://archiv.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/33_vanova.pdf
 - 30) Termická desorpce je šancí nejen pro ostravské laguny. GROF, A., Odpady. 2013. . [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/termicka-desorpce-je-sanci-nejen-pro-ostravske-laguny/>

- 31) Biosparging. US EPA – United State Environmental Protection Agency. 1994.[cit. 2016-14-04] Dostupné z: http://www.epa.gov/oust/pubs/tum_ch8.pdf
- 32) Obecná ochrana přírody. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2015-16-04] Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/obecna_ochrana_prirody_krajiny.
- 33) Další mezinárodní závazky v ochraně biodiverzity. Informační systém Úmluvy o biologické rozmanitosti. [cit. 2015-16-04]. Dostupné z: <http://chm.nature.cz/dalsi-mezinarodni-zavazky/>
- 34) Životní prostředí. Euroskop. [cit. 2016-16-04]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/8926/sekce/zivotni-prostredi/>
- 35) Mezinárodní úmluvy v ochraně přírody. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2016-16-04]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/mezinarodni_umluvy_v_ochrane_prirody
- 36) Aktuální znění výrokové části integrovaného povolení čj. MSK 154420/2008 ze dne 27. 2. 2009 (nabytí právní moci dne 21. 3. 2009), ve znění pozdějších změn. GEOSAN GROUP a.s., [cit. 2015-17-04]. Dostupné z: http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz/assets/temata/ippc/files/geosan---napravna-opatreni-_laguny-ostramo.pdf
- 37) Informace o postupu prací na Lagunách Ostramo v Ostravě. DIAMO. 2011. [cit. 2015-17-04]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/images/stories/files/aktuality/laguny20111111.pdf.pdf>
- 38) Aktuality Sdružení Čistá Ostrava. Projekt odstranění staré ekologické zátěže Laguny Ostramo a rekultivace území na lesopark. [cit. 2015-17-04]. Dostupné z: <http://www.cistaostrava.cz/article.asp?mid=1&sid=8&aid=51>
- 39) Laguny Ostramo. Diamo státní podnik. [cit. 2015-17-04]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/lokality-odra/laguny-ostramo>
- 40) Simul Trust a.s – Fuels. Solid fuels. [cit. 2015-17-04]. Dostupné z: <http://www.simul.cz/cz/fuels.html>
- 41) *Odpadové fórum*. Kaly z ostravských lagun – ekologický problém nebo NIMBY efekt? Praha: Dupress, 2012, č. 1. [cit. 2015-19-04]. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/upload/pageFiles/1-pdf.pdf>

- 42) Polycyklické aromatické uhlovodíky. Integrovaný registr znečišťování. [cit. 2015-19-04]. Dostupné z: (http://irz.cz/repository/latky/polycyklicke_aromaticke_uhlovodiky.pdf)
- 43) Fenoly (jako celkové C). Integrovaný registr znečišťování. [cit. 2015-19-04]. Dostupné z: <http://irz.cz/node/37>
- 44) Polychlorované bifenyly. Integrovaný registr znečišťování. [cit. 2015-19-04]. Dostupné z: <http://irz.cz/node/87>
- 45) Ethylbenzen. Integrovaný registr znečišťování. [cit. 2015-19-04]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/35>
- 46) Halogenové organické sloučeniny. Integrovaný registr znečišťování. [cit. 2015-19-04]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/150>
- 47) KULVEITOVÁ, H. *Chemie II* [online]. 2008. vyd. Ostrava [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.fmfi.vsb.cz/export/sites/fmfi/cs/studium-a-vyuka/studijni-opory/617-Kulveitova-Chemie-II.pdf>
- 48) HARITASH, A.K. a C.P. KAUSHIK. Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review. *Journal of Hazardous Materials*[online]. 2009, vol. 169, 1-3, s. 1-15 [cit. 2015-04-14]. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.03.137.
- 49) Googlemaps. Lokalizace Lagun Ostramo a obydleného území. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/place/Mari%C3%A1nskohorsk%C3%A1+a.s./@49.8412176,18.2537675,16z/data=!4m2!3m1!1s0x4713e324c0aea359:0x33d8e5665b9d1382?hl=en>
- 50) Googlemaps. Lokalizace Lagun Ostramo v Ostravě. [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/place/Mari%C3%A1nskohorsk%C3%A1+a.s./@49.8259862,18.3435679,11z/data=!4m2!3m1!1s0x4713e324c0aea359:0x33d8e5665b9d1382?hl=en>
- 51) Googlemaps. Lokalizace cementárny v Čížkovicích v ČR. [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/place/%C4%8C%C3%AD%C5%BEkovi ce/@49.9517083,14.9245335,8z/data=!4m2!3m1!1s0x470a2a88eb6498a5:0xde08484c0dedd7e1?hl=en>
- 52) Vývoj termické separace. Ostravská LTS. <http://www.ovalts.cz/termicka-separace-vyvoj.html>

8 SEZNAM ZKRATEK

BTEX	Skupina látek benzen, toluen, etylbenzen a xylen
CIU	Chlorované uhlovodíky
ČD	České dráhy
Číslo CAS	Číslo chemické látky registrovány a popsány v databázi Chemical Abstract Service
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
EOX	Extrahovatelné organické halogeny
EPA	Environmental protection agency – Americká agentura pro ochranu životního prostředí
IRZ	Integrovaný registr znečištění
ITD	Zařízení pro nepřímou termickou desorpci
JZ	Jihozápad
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NEL	Nepolární extrahovatelné látky
NO	Nebezpečný odpad
NO – LO	Nápravné opatření Laguny Ostramo
PAL - A	Anionaktivní tenzidy
PAU	Polyaromatické uhlovodíky
PCB	Polychlorované bifenyly
POPs	Perzistentní organické polutanty
PTS	Podzemní těsnící stěna
RU	Ropné uhlovodíky
SEZ	Stará ekologická zátěž
VOC	Těkavé organické látky

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schematické znázornění nesaturované zóny [Zdroj: www8, Upraveno: Balušková 2015].	- 19 -
Obrázek 2 Základní schéma uspořádání bioventingu, 1 - vzorkovací místo odtahovaných par, 2 - ventovací vrt, 3 - monitorovací vrt, 4 - zařízení na čištění par, 5 - směr proudění par, 6 - kontaminovaná půda, 7 - vývěva, 8 - tlakoměr, 9 - měření průtoku par [Zdroj: 3].	... - 22 -
Obrázek 3 Schéma podpory bioremediace zapuštěním roztoku živin do vrtů s recirkulací, 1 - ponorné čerpadlo, 2 - roztok živin, 3 - kontaminovaná zemina, 4 - příprava roztoku živin, 5 - voda, 6 - živiny, 7 - míchadlo, 8 - úroveň terénu, 9 - recirkulace vody [Zdroj: 3].	... - 23 -
Obrázek 4 Laguny Ostramo 8. 7. 1991 [Zdroj: 23].	... - 54 -
Obrázek 5 Lokalizace Lagun Ostramo (1) a obydlené území (2) v měřítku 1:1000 [Zdroj: www49].	... - 55 -
Obrázek 6 Lokalizace Lagun Ostramo v měřítku 1: 20 000 [Zdroj: www50].	... - 56 -
Obrázek 7 Mapa realizovaného průzkumu Černého potoka [Zdroj: 25].	... - 60 -
Obrázek 8 Desorbér nepřímé termické desorpce [Zdroj: 20].	... - 63 -
Obrázek 9 Lokace cementárny Lafarge v Čížkovicích v měřítku 1:2000000 [Zdroj: www51].	... - 66 -
Obrázek 10 Ukázka paliva vyrobeného z kalů z Lagun Ostramo [Zdroj: www40].	... - 67 -
Obrázek 11 Průměrné množství sušiny v jednotlivých lagunách [Zdroj: Doprůzkum lagun Ostramo, Upraveno: Balušková 2015].	... - 77 -
Obrázek 12 Srovnání průměrných obsahů látek NEL, BTEX, Fenolů, CIU, PCB a PAU v lagunách Ostramo [Zdroj: Doprůzkum lagun Ostramo, Upraveno: Balušková 2015].	... - 78 -
Obrázek 13 Srovnání průměrných obsahů těžkých kovů v lagunách Ostramo [Zdroj: Doprůzkum lagun Ostramo, Upraveno: Balušková 2015].	... - 79 -

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Charakteristika třídy MT 10 [Zdroj: 18].	- 50 -
Tabulka 2 Objemy a celkové hmotnosti odpadů předpokládané ke zpracování v zařízení ITD z jednotlivých lagun [Zdroj: www36].....	- 64 -
Tabulka 3 Složení jednotlivých lagun dle fáze [Zdroj: 24,25].....	- 69 -
Tabulka 4 Charakteristika dle IRZ polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) [Zdroj: www42].....	- 72 -
Tabulka 5 Charakteristika dle IRZ fenolů [Zdroj: www43].....	- 73 -
Tabulka 6 Charakteristika dle IRZ polychlorovaných bifenyliů [Zdroj: www44].....	- 74 -
Tabulka 7 Charakteristika dle IRZ látek BTEX [Zdroj: www45].....	- 75 -

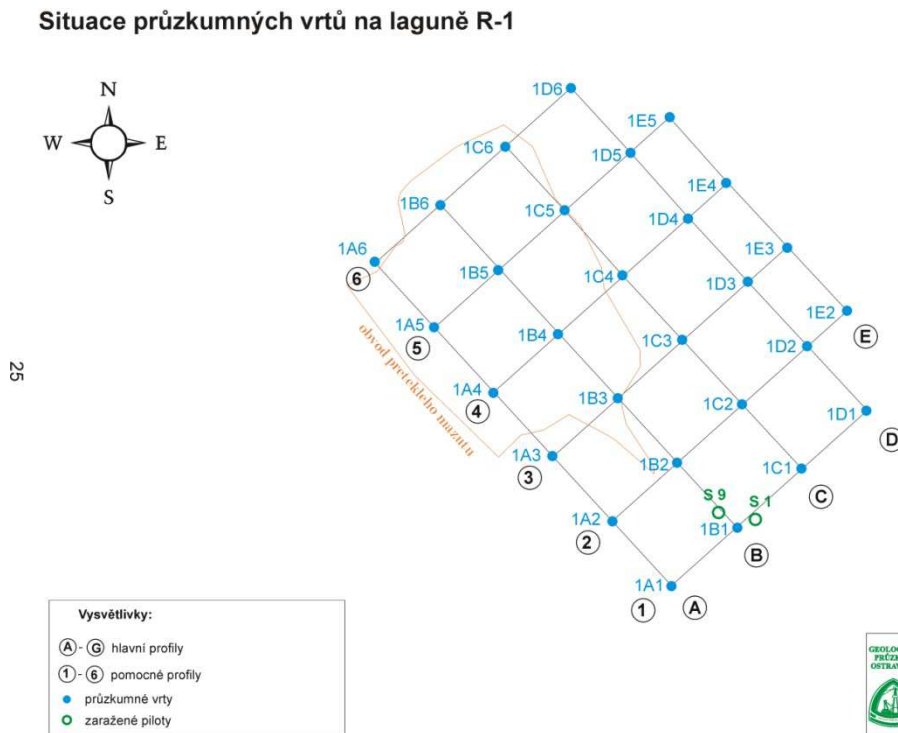
Přílohy

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Situace průzkumných vrtů na laguně R1 [Zdroj: 25].....	- 102 -
Příloha 2 Situace průzkumných vrtů na laguně R2 [Zdroj: 25].....	- 102 -
Příloha 3 Situace průzkumných vrtů na laguně R3 [Zdroj: 25].....	- 103 -
Příloha 4 Znečištění zemin NEL – hlíny [Zdroj: 25].....	- 105 -
Příloha 5 Kontaminace podzemních vod údolní terasy CIU, BTEX, PAU a fenoly [Zdroj: 25].....	- 107 -
Příloha 6 Kontaminace podzemních vod údolní terasy PAL-A [Zdroj: 25].	- 109 -
Příloha 7 Kontaminace podzemních vod údolní terasy Al, Be, Fe, SO ²⁻ [Zdroj: 25]... -	111 -
Příloha 8 Majetkové poměry území kontaminace [Zdroj: 25].	- 113 -
Příloha 9 Provádění vrtů [Zdroj: 25].	- 111 -
Příloha 10 Laguna R3 [Zdroj: www51].....	- 111 -
Příloha 11 Technické parametry vrtů výstupního monitorovacího profilu [Zdroj: 23].-	112 -
Příloha 12 Vývoj lagun zachycen fotografiemi [Zdroj: 25].	- 113 -

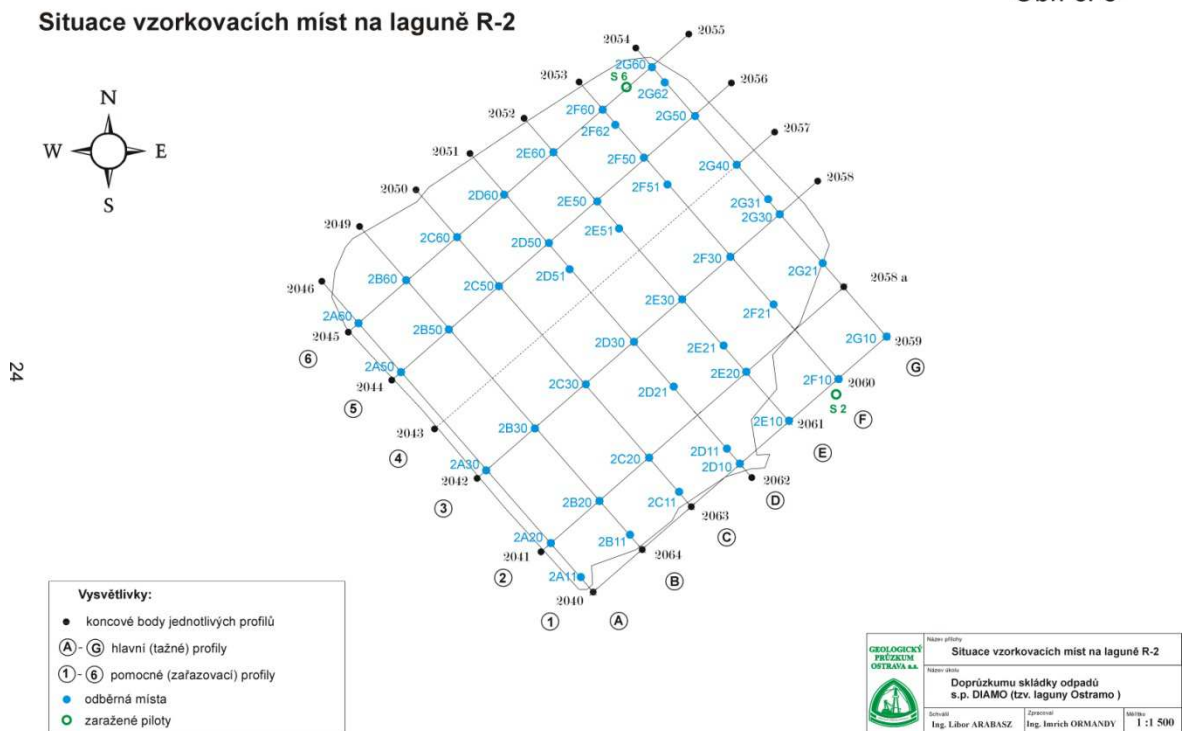
Příloha 1 Situace průzkumných vrtů na laguně R1 [Zdroj: 25].

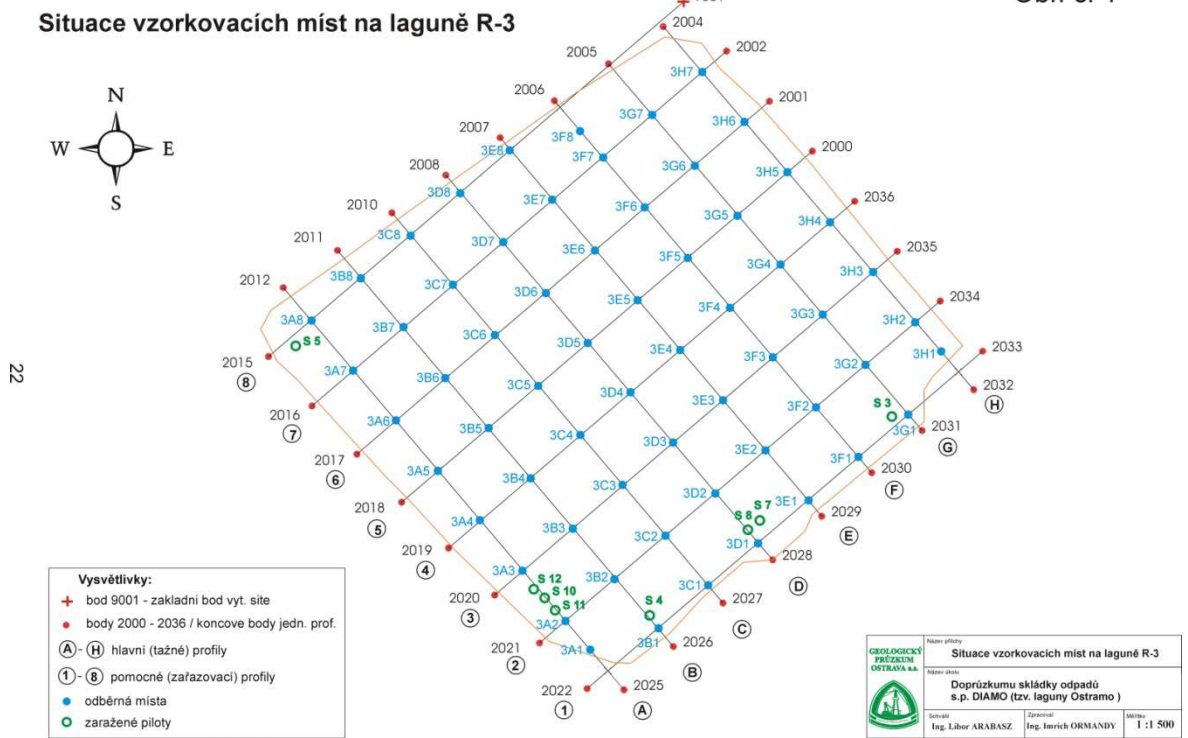
Obr. č. 4



Příloha 2 Situace průzkumných vrtů na laguně R2 [Zdroj: 25].

Obr. č. 3



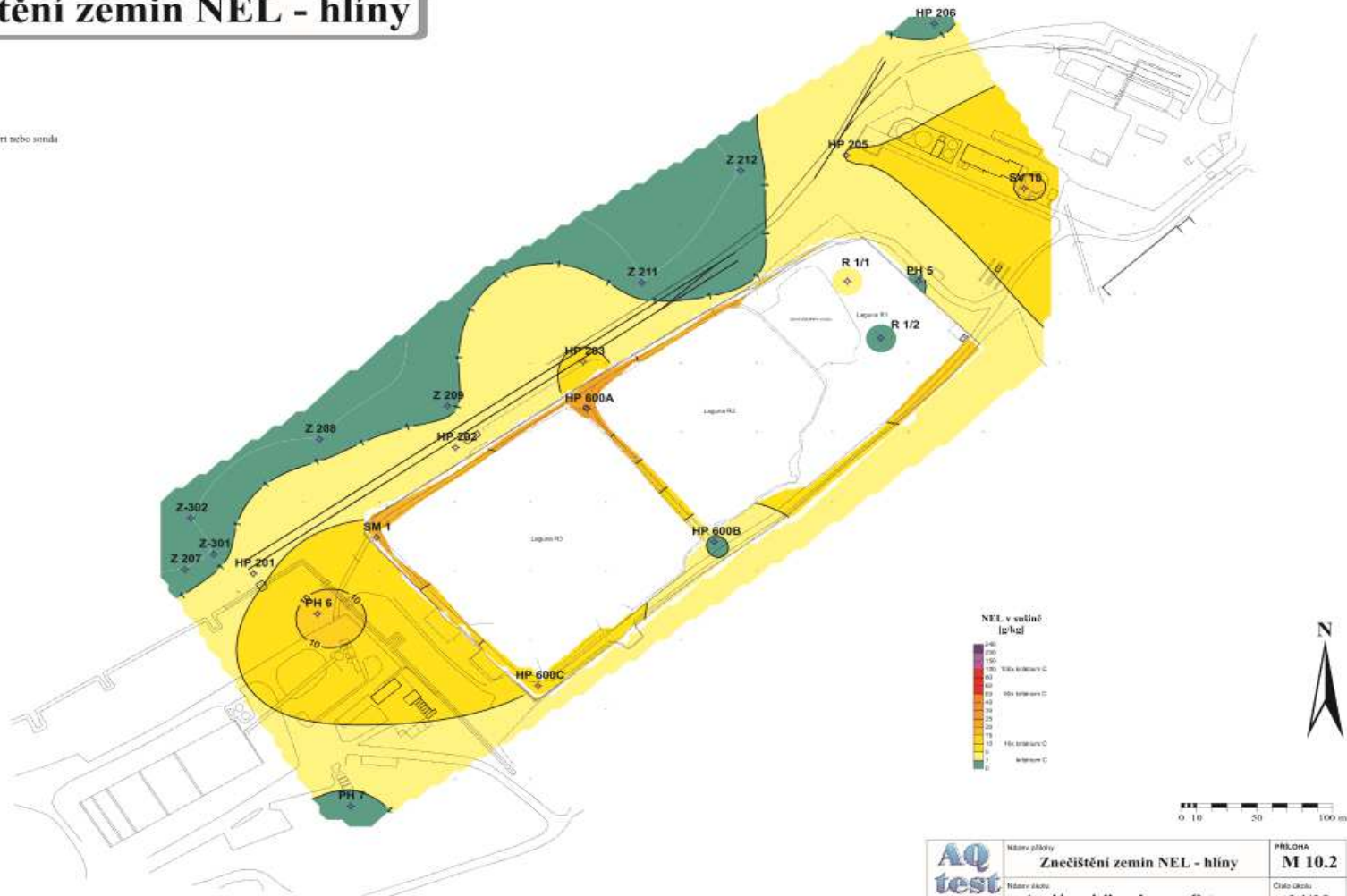



Příloha 4 Znečištění zemin NEL – hlíny [Zdroj: 25].

Znečištění zemin NEL - hlíny

Legenda:

Z-309  Vznikavý vrt nebo sonda

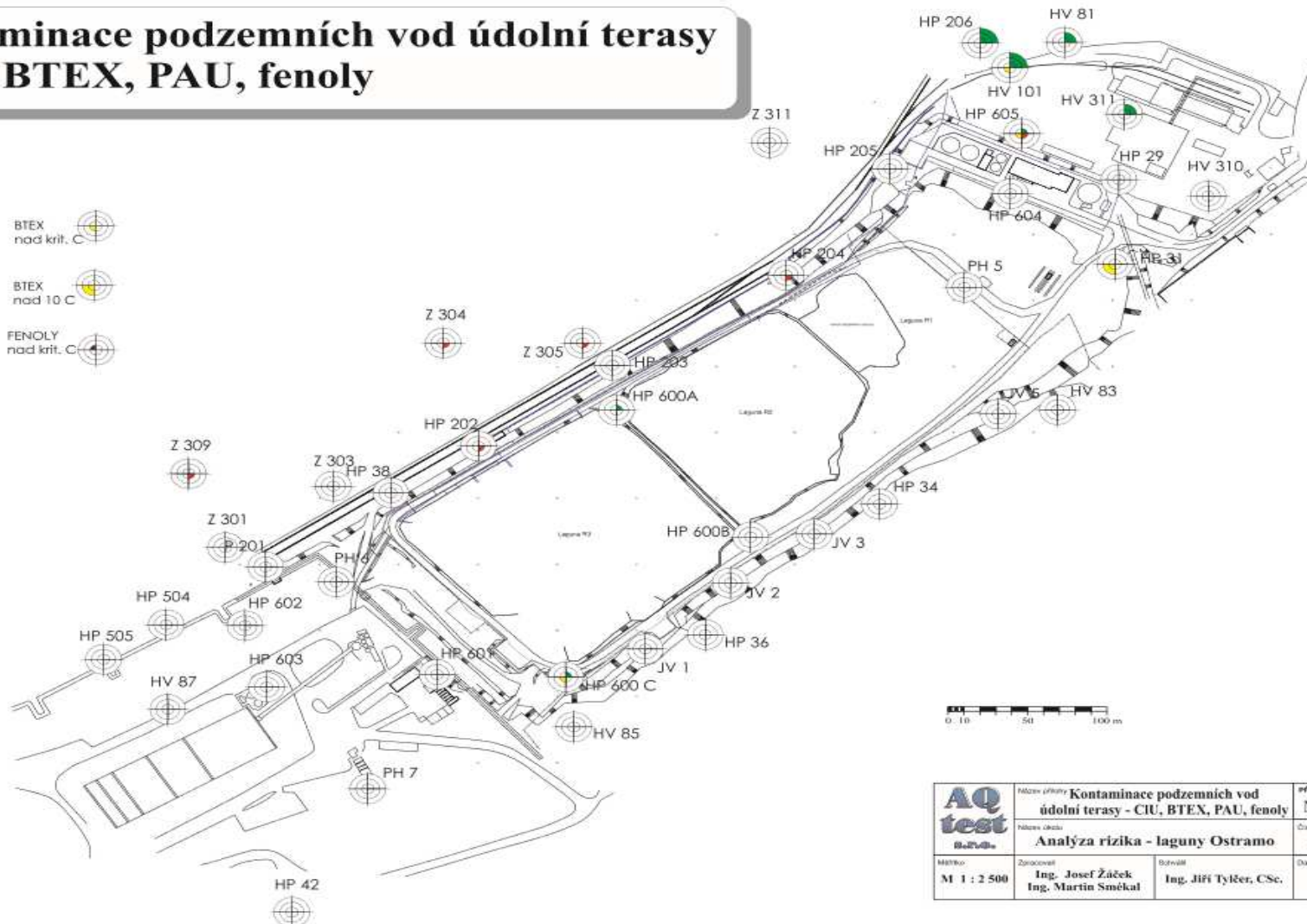
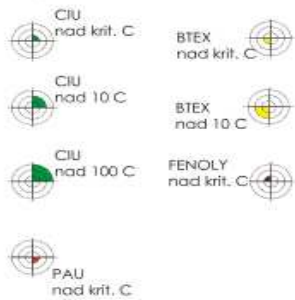


 B.S.Č.	Název přílohy	Příloha
	Znečištění zemin NEL - hlíny	M 10.2
M 1 : 2 500	Název účelu	Číslo účelu
	Analýza rizika - laguny Ostramo	34/98
	Zpracovatel	Šelha
	Ing. Josef Žáček	Ing. Jiří Týlčec, CSc.
	Datum	
		11/98

Příloha 5 Kontaminace podzemních vod údolní terasy CIU, BTEX, PAU a fenoly [Zdroj: 25].

Kontaminace podzemních vod údolní terasy - CIU, BTEX, PAU, fenoly

Legenda:






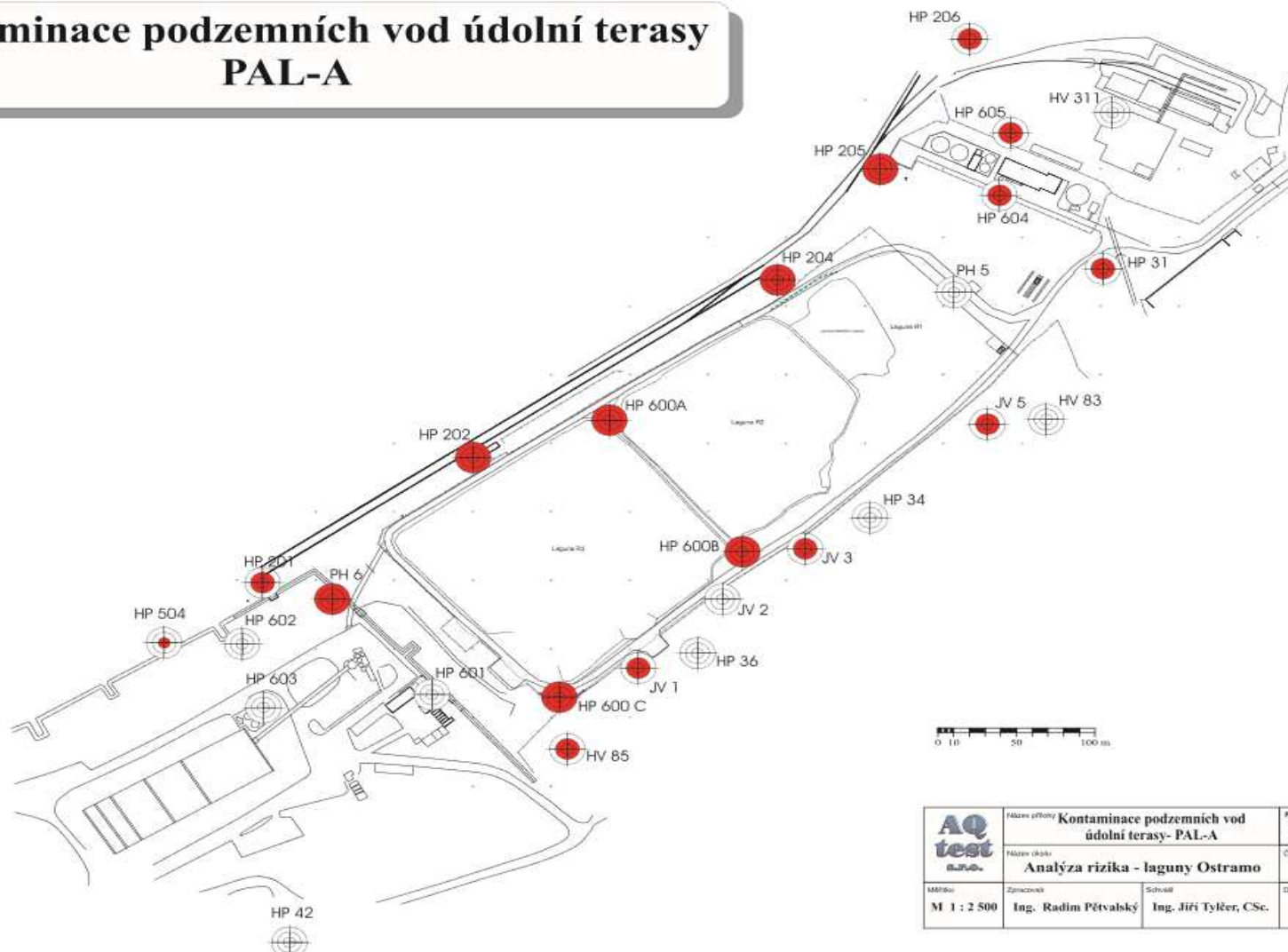
AQ test SARL	Název přílohy	Kontaminace podzemních vod údolní terasy - CIU, BTEX, PAU, fenoly		PRŮLOHA	M 11.2
	Název úkolu	Analýza rizika - laguny Ostramo		Číslo úkolu	34/98
Měřítko	Zpracoval	Řešitel	Datum		
M 1 : 2 500	Ing. Josef Žáček Ing. Martin Smékal	Ing. Jiří Tylčer, CSc.	11/98		


Příloha 6 Kontaminace podzemních vod údolní terasy PAL-A [Zdroj: 25].

Kontaminace podzemních vod údolní terasy PAL-A

Legenda:

-  PAL-A nad krit. B
-  PAL-A nad krit. C
-  PAL-A nad 10 C

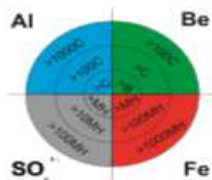


	Název přílohy	Kontaminace podzemních vod údolní terasy- PAL-A	PŘÍLOHA
	Název díla	Analýza rizika - laguny Ostramo	M 11.3
Mřížka	Zpracovatel	Schválil	Číslo díla
M 1 : 2 500	Ing. Radim Pětrvalský	Ing. Jiří Tylčer, CSc.	34/98
			Datum
			11/98

Příloha 7 Kontaminace podzemních vod údolní terasy Al, Be, Fe, SO²⁻ [Zdroj: 25].

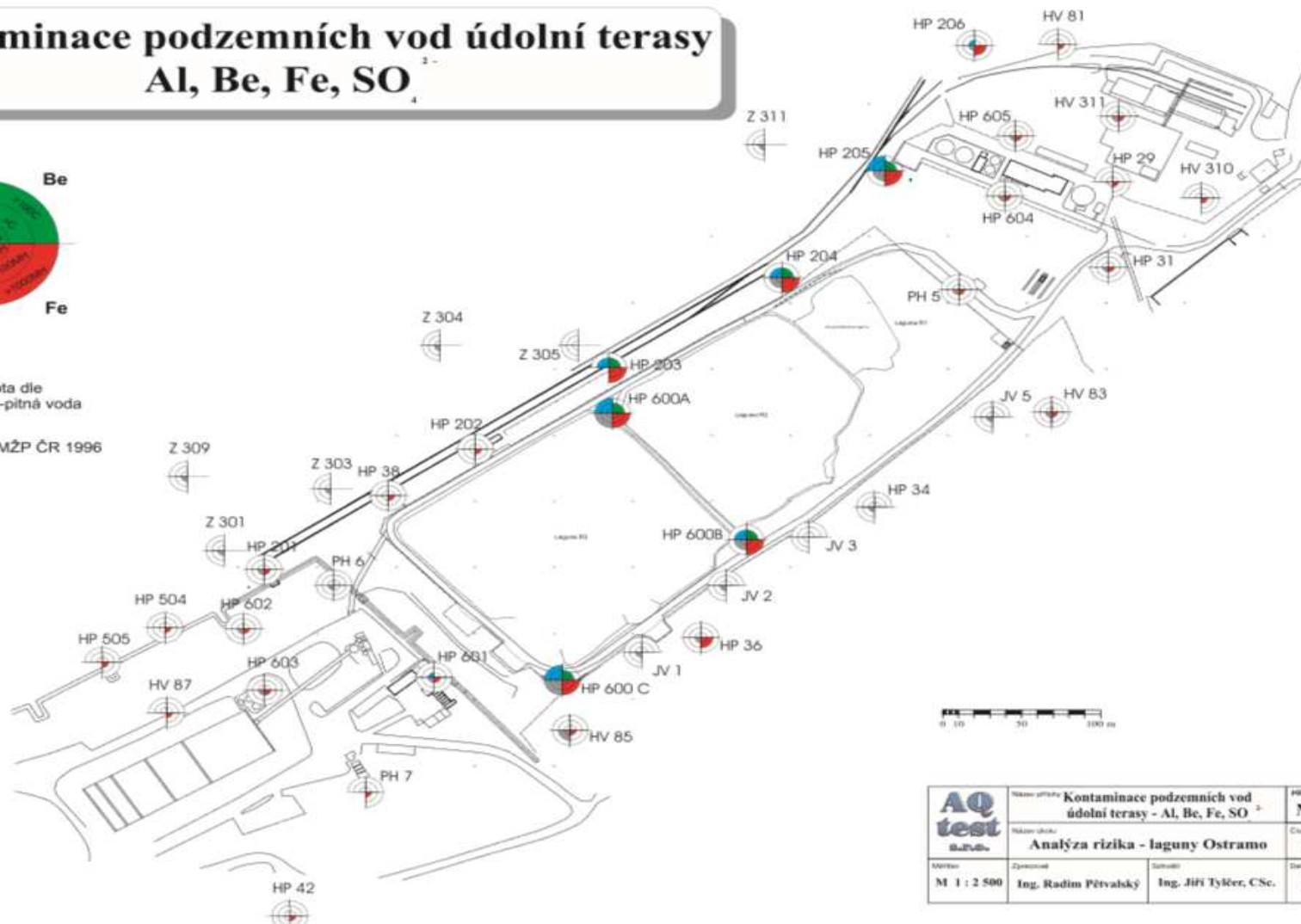
Kontaminace podzemních vod údolní terasy Al, Be, Fe, SO₄²⁻

Legenda:



MH - mezní hodnota dle
ČSN 757111-pitná voda

B, C - kritéria MP MŽP ČR 1996



AQ test s.r.l.s.	Název objektu	Kontaminace podzemních vod údolní terasy - Al, Be, Fe, SO ₄ ²⁻	PRÍLOHA M 11.4
	Název úkolu	Analyza rizika - laguny Ostramo	Číslo úkolu 34/98
Mřížka M 1 : 2 500	Zpracoval Ing. Radim Pětválský	Šeloval Ing. Jiří Týřec, CSc.	Datum 11/98

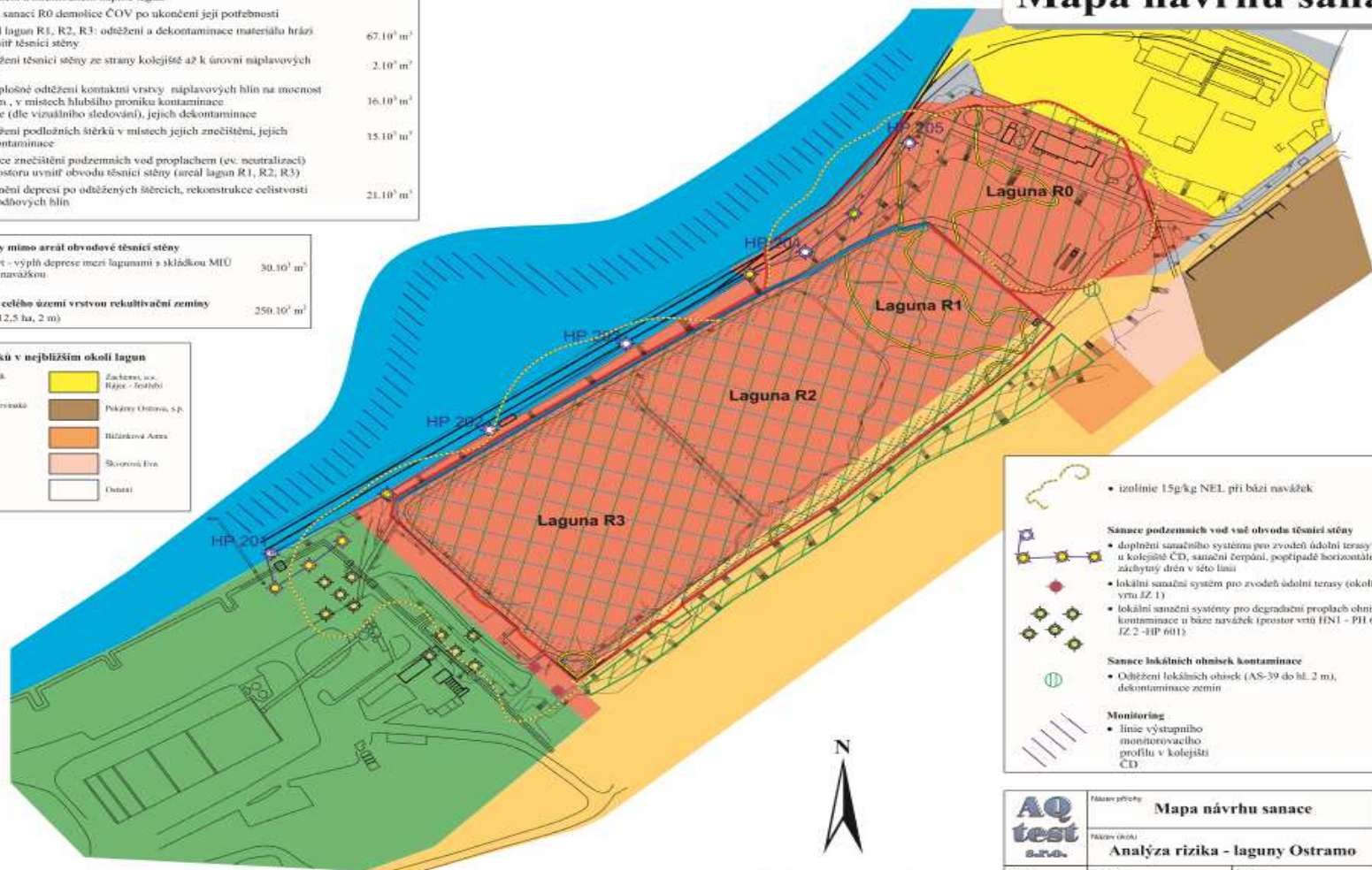
Příloha 8 Majetkové poměry území kontaminace [Zdroj: 25].

Mapa návrhu sanace

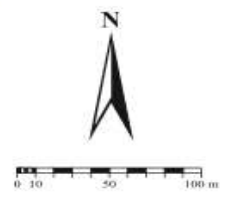
Prostor lagun R0, R1, R2, R3	
• odštěpení a zneškodnění náplně lagun	382.10 ³ m ³
• před sanací R0 demolice ČOV po ukončení její potřeby	
• areál lagun R1, R2, R3: odštěpení a dekontaminace materiálu hráze zevnitř těsnicí stěny	67.10 ³ m ³
• odštěpení těsnicí stěny ze strany kolejiště až k úrovni náplavových hlín	2.10 ³ m ³
• celoplošné odštěpení kontaktní vrstvy náplavových hlín na mocnost 0,2 m, v místech hlubšího proniku kontaminace i více (dle vizuálního sledování), jejich dekontaminace	16.10 ³ m ³
• odštěpení podlažních stěrků v místech jejich znečištění, jejich dekontaminace	15.10 ³ m ³
• sanace znečištění podzemních vod proplachem (ev. neutralizací) v prostoru uvnitř obvodu těsnicí stěny (areál lagun R1, R2, R3)	
• zaplnění deprese po odštěpených štrécích, rekonstrukce celistvosti povodňových hlín	21.10 ³ m ³

Překryty mimo areál obvodové těsnicí stěny • Překryt - výplň deprese mezi lagunami s skládkou MIU čistou navážkou	30.10 ³ m ³
Překryt celého území vrstvou rekultivační zeminy (plocha 12,5 ha, 2 m)	250.10 ³ m ³

Základní vlastník pozemků v nejbližším okolí lagun	
	DIAMO, státní podnik Stráž pod Ralskem
	OKD Ostrava - karvinská lokality, s. a.
	Česlé dílny, sntní organizace
	OSTRAMO, Větek a spol., s. r. o.
	Město Opava
	Zachem, s. r. o. Ráje - hostibí
	Pokřný Ostrava, s. p.
	Hlávkova Arma
	Skovroni, Eva
	Osada



<ul style="list-style-type: none"> izolace 15g/kg NEL při bázi navážek 	
Sanace podzemních vod vůči obvodu těsnicí stěny • doplnění sanačního systému pro zvoděň údolní terasy u kolejiště ČD, sanační čerpaní, popřípadě horizontální zachytiny drén v síto lisii • lokální sanační systém pro zvoděň údolní terasy (okolí vrst. JZ 1) • lokální sanační systémy pro degradaci proplachů ohnišek kontaminace u báze navážek (prostor vrst. HN1 - PH 6, JZ 2 -HP 601)	
Sanace lokálních ohnišek kontaminace • Odštěpení lokálních ohnišek (AS-39 do hl. 2 m), dekontaminace zemín	157 m ³
Monitoring • linie výstupního monitorovacího profilu v kolejišti ČD	



	Název přílohy: Mapa návrhu sanace		PŘÍLOHA M 13
	Název díla: Analýza rizika - laguny Ostramo		Ochranná 34/98
Měřítko: M 1 : 2 500	Zpracoval: Ing. Josef Žáček	Schválil: Ing. Jiří Týřer, CSc.	Datum: 11/98

Příloha 9 Provádění vrtů [Zdroj: 25].



Příloha 10 Laguna R3 [Zdroj: www51].



Příloha 11 Technické parametry vrtů výstupního monitorovacího profilu [Zdroj: 23].

Pořadí	Označení vrtu	Průměr vrtání [mm]	Perforované úseky [m]	Konečná hloubka vrtu [m]	Naražená hladina [m]	Ustálená hladina [m]
1	HP-501	220,195	6 - 14,5	15,5	5,5	5,15
2	HP-502	220, 195	6 - 15,5	16,4	6,7	4,97
3	HP-503	280, 220	4 - 14	15	5	4,75
4	HP-506	220, 171,195	6 - 16	17	4,3	4,58
5	HP-507	220, 171, 195	4 - 14	14	4,2	4,5
6	HP-508	280, 220	4 - 13	13	5,2	
7	HP-509	280, 220	4 - 11	10	5	4,18
8	HP-510	280, 220	4 - 9	10	5	4,15
9	HP-511	280, 220	4 - 9	10	5	4,14
10	HP-512	280, 220	4 - 8	9	4,5	4,16
11	HP-513	200	4 - 8	12	4,5	4
12	HP-514	200	4 - 11	12	4,5	4,12
13	HP-515	220, 195	4,5 - 12	13	4,8	4,24
14	HP-516	137, 156, 220, 280	7 - 10	11	4,1	4,97
15	HP-517	137, 156, 220, 280	7 - 10	11	6,5	5,2

Příloha 12 Vývoj lagun zachycen fotografiemi [Zdroj: 25].



Letecký snímek ze dne 22. 8. 1946 (převzato: Vojenský topografický ústav)



Letecký snímek ze dne 6. 8. 1949 (převzato: Vojenský topografický ústav)



Letecký snímek ze dne 15. 7. 1955 (převzato: Vojenský topografický ústav)



Letecký snímek ze dne 14. 8. 1966 (převzato: Vojenský topografický ústav)



Letecký snímek ze dne 26. 5. 1970 (převzato: Vojenský topografický ústav)



Letecký snímek ze dne 9. 7. 1976 (převzato: Vojenský topografický ústav)



Letecký snímek ze dne 1. 9. 1985 (převzato: Vojenský topografický ústav)



Letecký snímek ze dne 9. 5. 1994 (převzato: Vojenský topografický ústav)



Letecký snímek ze dne 10. 7. 1997 (převzato: Vojenský topografický ústav)

