



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

Studie proveditelnosti sanace kontaminace v lokalitě
Váňův Kámen-plynojem
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: Bc. Klára Bigazová

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Praha 2019 ©

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Jana Vymazala, CSc. s použitím řádně citované literatury.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne 15. 4. 2019

.....

Bc. Klára Bigazová

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za vedení této práce, cenné rady a jeho trpělivost se mnou. Zároveň musím poděkovat svým nejbližším za jejich plnou podporu a neocenitelné (i životní) rady, již se mi od nich dostalo.

V Praze dne 15. 4. 2019

.....

Bc. Klára Bigazová

Abstrakt:

Tato diplomová práce je zaměřena na lokalitu Váňův Kámen – plynojem Kladno, na které byla detekována kontaminace zemin a podzemních vod zejména polychlorovanými bifenyly a polyaromatickými uhlovodíky. V rámci této práce bude zpracována studie proveditelnosti dle Metodického pokynu Ministerstva Životního prostředí, která zhodnotí území a dle vybraných kritérií navrhne optimální řešení odstranění ekologické zátěže.

Klíčová slova:

Sanace zemin, studie proveditelnosti, plynojem, PCB, PAU

Abstract:

This diploma thesis is focused on the locality of Váňův Kámen - Kladno gasholder, where contamination of soils and groundwater was detected especially by polychlorinated biphenyls and polyaromatic hydrocarbons. Within this work, a feasibility study will be prepared according to the Methodological Guideline of the Ministry of the Environment, which will evaluate the area and propose an optimal solution to eliminate the environmental burden according to selected criteria.

Keywords

Decontamination of soil, feasibility studies, gasholder, PCB, PAH

1 Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Obsah | 5 |
| 1.1 | Seznam obrázků | 7 |
| 1.2 | Seznam tabulek | 7 |
| 2 | ÚVOD | 6 |
| 3 | CÍLE PRÁCE | 8 |
| 4 | LITERÁRNÍ REŠERŠE | 9 |
| 4.1 | Technologie plynojemu MAN | 9 |
| 4.2 | Původ znečištění horninového prostředí | 12 |
| 4.3 | Charakteristika znečišťujících látek | 13 |
| 4.4 | Shrnutí celkového rizika | 15 |
| 5 | METODIKA | 17 |
| 5.1 | Charakteristika zájmového území | 17 |
| 5.1.1 | Geografické vymezení území | 17 |
| 5.1.2 | Majetkoprávní poměry | 17 |
| 5.1.3 | Historie využití lokality, současné a plánované využívání lokality | 18 |
| 5.1.4 | Přírodní poměry území | 20 |
| 5.1.4.1 | Geomorfologické poměry | 20 |
| 5.1.4.2 | Geologické poměry | 20 |
| 5.1.4.3 | Klimatické poměry | 21 |
| 5.1.4.4 | Hydrogeologické poměry | 22 |
| 5.1.4.5 | Hydrologické poměry | 23 |
| 5.1.4.6 | Ochrana přírody a krajiny | 24 |
| 5.2 | Dosavadní průzkumné práce a laboratorní zkoušky | 24 |
| 5.2.1 | Průzkumné a vzorkovací práce | 24 |
| 5.2.2 | Výsledky laboratorních zkoušek | 25 |
| 5.2.2.1 | Zeminy | 25 |
| 5.2.2.2 | Podzemní voda | 26 |
| 5.2.3 | Základní varianty koncepce nápravných opatření | 26 |
| 6 | VÝSLEDKY PRÁCE | 29 |
| 6.1 | Shrnutí výsledků dosavadních průzkumných prací (AR Kladno východ) a laboratorních zkoušek | 29 |
| 6.1.1 | Zeminy | 29 |
| 6.1.2 | Podzemní voda | 34 |
| 6.2 | Aktuálně provedené průzkumné práce a laboratorní zkoušky | 34 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6.2.1 | Průzkumné a vzorkovací práce..... | 35 |
| 6.2.2 | Výsledky laboratorních zkoušek..... | 40 |
| 6.2.3 | Shrnutí výsledků | 42 |
| 6.3 | Shrnutí výsledků dosavadních (AR) i nově zjištěných (DP) | 43 |
| 7 | DISKUZE – studie proveditelnosti..... | 47 |
| 7.1 | Definování cílů a cílových parametrů nápravných opatření..... | 47 |
| 7.2 | Základní varianty koncepce (strategie) nápravných opatření | 47 |
| 7.2.1 | Nulová varianta..... | 48 |
| 7.2.2 | Institucionální kontrola | 49 |
| 7.2.3 | Dekontaminace..... | 49 |
| 7.2.4 | Zapouzdření kontaminace | 50 |
| 7.2.5 | Přirozená atenuace..... | 50 |
| 7.3 | Identifikace vhodných sanačních technik a technologií..... | 51 |
| 7.3.1 | Dekontaminace..... | 51 |
| 7.3.1.1 | Dekontaminace ex-situ | 51 |
| 7.3.1.2 | Dekontaminace in-situ | 55 |
| 7.3.1.3 | Kombinace metod dekontaminace in-situ a ex-situ | 56 |
| 7.3.2 | Zapouzdření kontaminace / geokontejnment | 57 |
| 7.4 | Kvantifikace ploch a objemů k realizaci nápravných opatření | 58 |
| 7.5 | Definování a primární výběr variant nápravných opatření..... | 59 |
| 7.5.1 | Varianta 1 – Sanace ex-situ na limity nápravných opatření pro obytnou zónu | 60 |
| 7.5.1.1 | Technický a technologický popis..... | 60 |
| 7.5.1.2 | Hodnocení dle kritérií metodického pokynu | 62 |
| 7.5.2 | Varianta 2 – Sanace kombinací metod ex-situ a in-situ na limity nápravných opatření pro výrobu a služby..... | 64 |
| 7.5.2.1 | Technický a technologický popis..... | 64 |
| 7.5.2.2 | Hodnocení dle kritérií metodického pokynu | 65 |
| 7.5.3 | Varianta 3 - Sanace kombinací metod ex-situ a in-situ na limity nápravných opatření pro obytnou zónu | 68 |
| 7.5.3.1 | Technický a technologický popis..... | 68 |
| 7.5.3.2 | Hodnocení dle kritérií metodického pokynu | 69 |
| 7.5.4 | Varianta 4 – Zapouzdření kontaminace | 71 |
| 7.5.4.1 | Technický a technologický popis..... | 71 |
| 7.5.4.2 | Hodnocení dle kritérií metodického pokynu | 72 |
| 7.6 | Srovnávací analýza variant řešení..... | 75 |
| 7.6.1 | Ekonomické porovnání jednotlivých variant | 75 |

| | |
|--|-----------|
| 7.6.2 Srovnávací analýza dle kritérií hodnocení..... | 75 |
| 8 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE..... | 78 |
| 9 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ | 80 |
| 10 PŘÍLOHY..... | 84 |

1.1 Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Suchý plynojem MAN, schéma (Havelka 1965) | 10 |
| Obrázek 2: Těsnění plynojemu typu MAN (Riedl 1963) | 11 |
| Obrázek 3: Schéma uspořádání sběrných jímek oleje plynojemu typu MAN (Riedl 1963) | 12 |
| Obrázek 4: Situace zájmového území na výřezu mapy 1:10 000 (URL 6) | 17 |
| Obrázek 5: Plynojem typu MAN v 70. letech 20. století huť Koněv (URL 8)..... | 19 |
| Obrázek 6: Plynojem typu MAN – Váňův kámen (URL 9)..... | 19 |
| Obrázek 7: Současný stav (leden 2019), betonový základ plynojemu | 20 |
| Obrázek 8: Foto monitorovací vrt HJ-1g-3..... | 35 |
| Obrázek 9: Foto monitorovací vrt STD-1g-1 | 36 |
| Obrázek 10: Foto monitorovací vrt HV-1g-1 | 36 |
| Obrázek 11: Foto monitorovací vrt „nový“ | 37 |
| Obrázek 13: Detail čidla akustické signalizace hladinoměru..... | 37 |
| Obrázek 12: Záměr hladiny podzemní vody | 38 |
| Obrázek 14: přelévání vzorku z objemového vzorkovače do vzorkovnice | 39 |

1.2 Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka 1: Přehled dotčených pozemků..... | 18 |
| Tabulka 2: Nadlimitní koncentrace polutantů v zeminách..... | 31 |
| Tabulka 3: Nadlimitní koncentrace polutantů v podzemních vodách | 34 |
| Tabulka 4: Přehled záměrů hladin podzemní vody | 39 |
| Tabulka 5: Přehled analýz podzemní vody hydrogeologický objekt STD-1g-1 | 40 |
| Tabulka 6: Přehled analýz podzemní vody hydrogeologický objekt HJ-1g-3..... | 41 |
| Tabulka 7: Přehled analýz podzemní vody hydrogeologický objekt HV-1g-1 | 41 |
| Tabulka 8: Přehled analýzy betonu | 42 |
| Tabulka 9: Základní posouzení koncepčních variant | 48 |
| Tabulka 10: Metody těsnění a těsnící materiály pro realizaci geokontejnment | 57 |
| Tabulka 11: Plocha sektorů a specifikace kubatur pro variantu ex-situ dekontaminace pro obytnou zónu | 58 |
| Tabulka 12: Plocha sektorů a specifikace kubatur pro varianty kombinované ex-situ a in-situ dekontaminace pro obytnou a průmyslovou zónu..... | 59 |
| Tabulka 13: Mimoekonomické hodnocení varianty 1 | 62 |
| Tabulka 14: Mimoekonomické hodnocení varianty 2 | 66 |
| Tabulka 15: Mimoekonomické hodnocení varianty 3 | 70 |
| Tabulka 16: Mimoekonomické hodnocení varianty 4 | 73 |
| Tabulka 17: Rozpočet pro všechny funkční varianty..... | 76 |
| Tabulka 18: Srovnávací analýza jednotlivých variant | 77 |

2 ÚVOD

Studie proveditelnosti sanačního zásahu je materiál, který se zpracovává v případě kontaminace podzemních vod, zemin nebo povrchových vod v zájmovém území. Je to další stupeň odborného materiálu, který je nezbytný v rámci řešení kontaminace území. Předchozím stupněm je analýza rizik, která identifikuje kontaminaci jednotlivých složek životního prostředí a možný dopad této kontaminace na jednotlivé složky životního prostředí a lidské zdraví.

Cílem analýzy rizik je komplexně popsat existující a reálná potenciální rizika plynoucí z existence znečištění životního prostředí a na základě posouzení jejich závažnosti stanovit nápravná opatření, resp. strategii řízení rizika.

Rizika se posuzují vždy s ohledem na existující, předpokládaný nebo možný způsob funkčního využívání kontaminované lokality i okolního území v možném dosahu migrace a vlivů kontaminace.

Součástí návrhu nápravných opatření v závěrech analýzy rizik je návrh cílových parametrů, po jejichž dosažení bude v budoucnu možné využívat území v souladu s územním plánem, resp. způsobem v území obvyklým. Návrh cílových parametrů přitom musí být podložen i reálnou možností jejich dosažení – musí být zohledněna technická, legislativní, finanční a časová hlediska.

Studie proveditelnosti je podkladem, který slouží k rozhodnutí o výběru finálního způsobu dekontaminace zájmového území. Ještě před samotným projektováním sanačních prací hodnotí dle různých faktorů a následně vyhodnocuje různé způsoby nápravných opatření na lokalitě a to včetně „nulové“ varianty, tedy situace, kdy by byla lokalita ponechána bez sanačního zásahu. Studie proveditelnosti tedy eliminuje rizika pramenící z nesprávného postupu sanace, která jsou s realizací nápravných opatření vždy spojena. Velmi často je studie proveditelnosti zpracovávána v rámci řešení starých ekologických zátěží.

Problematika ekologických zátěží je řešena již od 80. let minulého století. Jednalo se o ekologické zátěže způsobené různými průmyslovými, chemickými, petrochemickými a jinými podniky. Prvním krokem k odstranění zátěže bylo vydání rozhodnutí České inspekce životního prostředí k odstranění závadného stavu. Toto rozhodnutí bylo vydáno na podnik, který ekologickou zátěž způsobil. Následně musel tento podnik zajistit financování nápravného opatření.

Po roce 1989 přistoupil stát k privatizaci průmyslových, chemických a petrochemických, hutních a zemědělských podniků. Provozem těchto podniků před rokem 1989 vznikaly značné ekologické zátěže v satureované i nesatureované

zóně. Těchto škod si byl stát při privatizaci podniků vědom, a proto pokud nebylo přistoupeno k odstranění těchto zátěží již před privatizací, zavázal se stát zátěže vzniklé dřívější činností státních podniků odstraňovat, a to formou uzavírání tzv. ekologických smluv s novými nabyvateli státního majetku.

I přesto se najde v dnešní době mnoho lokalit, které byly v minulosti privatizovány, ale jejich vlastníci dnes ekologickou smlouvu z rozličných důvodů se státem uzavřenou nemají. Vlastníci takových pozemků musejí hledat možnosti odstranění ekologických zátěží vlastní cestou (např. spolufinancování z evropských fondů nebo z národních dotačních programů).

Takový je i případ lokality Váňův kámen – plynojem na území města Kladna. Pozemky jsou vlastněny soukromým subjektem, který ekologickou zátěž nezpůsobil, a který v současnosti hledá způsoby odstranění ekologické zátěže a možnosti financování.

V lokalitě Váňův kámen se jedná o plynojem systému MAN, který sloužil k jímání, skladování a distribuci koksárenského plynu. Plynojem byl stavěn v první polovině padesátých let 20. století. Z dobových leteckých snímků je patrné, že v roce 1953 byl vybudován základ plynojemu. Plynojem sloužil do 80. let 20. století

Provozem plynojemu a s tím souvisejících zařízení vznikla kontaminace saturované i nesaturované zóny v okolí plynojemu. Kontaminace je tvořena především polyaromatickými uhlovodíky (dále jen „PAU“). Nejvíce jsou zastoupeny fenantren, fluoranthen, pyren, naftalen, benzo(a)pyren. Dále se zde vyskytuje kontaminace polychlorovanými bifenoly (dále jen „PCB“).

3 CÍLE PRÁCE

Cílem této diplomové práce je zpracování studie proveditelnosti v rozsahu dle Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí „Zásady zpracování studie proveditelnosti opatření pro nápravu závadného stavu kontaminovaných lokalit“ z června 2007. Tento pokyn je závazný pro všechny resorty a organizace, které se odstraňováním ekologických zátěží zabývají či je mají přímo ve své působnosti.

Zpracovaná studie proveditelnosti bude sloužit vlastníkovi pozemků a projektantovi sanačního zásahu v lokalitě Váňův kámen jako podklad při rozhodnutí, jak nejefektivněji zajistit sanaci této lokality, a to jak s ohledem na environmentální, tak ekonomické aspekty.

4 LITERÁRNÍ REŠERŠE

4.1 Technologie plynojemu MAN

Plynojem MAN (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg) se řadí mezi suché plynojemy. Základními stavebním prvkem těchto plynojemů je hranol, v něm je umístěn pohybující se píst, který stoupá při plnění plynojemu vzhůru a při odvádění plynu klesá. Přívod a odvod plynu do a z plynojemu zajišťuje potrubí. Těsnění prostoru mezi pohybujícím se pístem a stěnou plynojemu zajišťuje olej ve žlábků na obvodu pístu. Olej částečně protéká ke dnu plynojemu, tam je sbírán do sběrného žlabu a stéká do jímek umístěných vně plynojemu. Z těchto jímek je olej následně opět čerpán vzhůru.

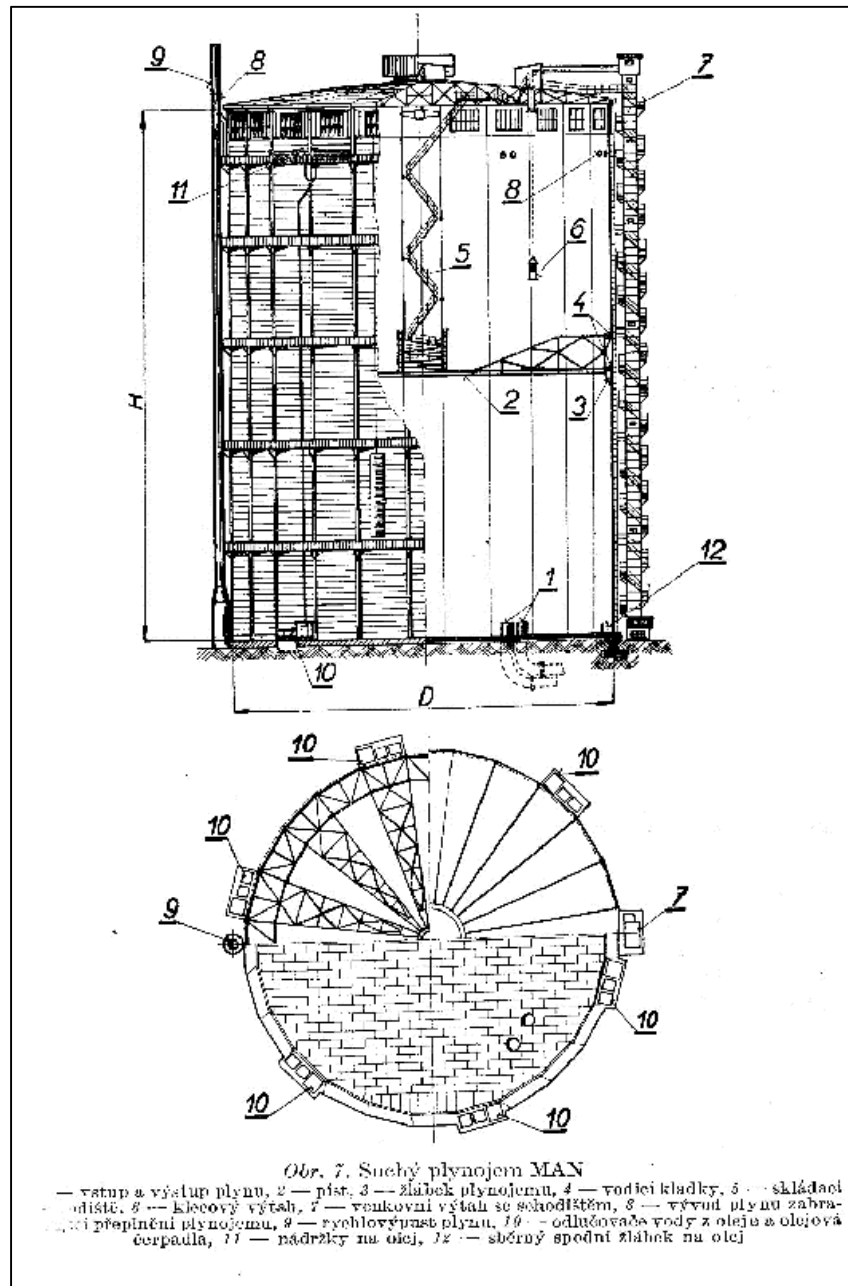
Stěny plynojemu tvořily hranol, který měl v průměru tvar mnohoúhelníku. Vlastní stěny byly tvořeny svařovanými, několik milimetry tenkými plechy. V nejvyšší části plynojemu byla okna, kterými vnikalo do prostoru plynojemu denní světlo. Střecha plynojemu bývala dřevěná s větracím otvorem.

Píst byl tvořen lehkou příhradovou konstrukcí, která byla kryta plechem. Ve svislém směru byl píst veden na lamelách nárožních sloupů dvěma věnci kladek, které zároveň zajišťovaly udržení pístu ve vodorovné poloze (Perna a kol. 1957, Riedl 1963). Na okraji pístu byl žlábek naplněný dehtovým olejem. Pod hladinou oleje tiskla přitlačovací páka kluzné těsnicí plechové lišty ke stěnám plynojemu viz obrázek č. 2. Kluzné lišty byly spojeny s okrajem pístu pružným impregnovaným plátnem nebo gumovým páskem, aby bylo zajištěno, že těsnicí systém bez problému překoná případné nerovnosti stěn plynojemu (Havelka 1956). Základní schéma plynojemu typu MAN je patrné z obrázku č. 1.

K manipulaci se závadnými látkami docházelo v plynojemu a souvisejících zařízeních dvojitým způsobem. Buďto v rámci olejového hospodářství vlastního suchého plynojemu, které zajišťovalo těsnost mezi pístem a stěnou plynojemu, a dále mohlo docházet ke kondenzaci látek obsažených ve skladovaném plynu anebo i při čištění plynu v zařízení na přívodním potrubí. Jak už bylo uvedeno, těsnicí olej stékal po stěnách plynojemu a shromažďoval se ve žlábků u dna. Tam docházelo k oddělení oleje od vody, neboť tu olej vždy v jisté míře obsahoval, a to v důsledku kondenzace z uskladněného plynu. Odtamtud odtékal olej do jímek, které byly umístěny na vnější straně po obvodu plynojemu. Schéma uspořádání jímek je na obrázku č. 3. V jímkách se z oleje oddělila poslední voda a to tak, že olej prostupoval čtyřmi komorami s přetoky a následně byl odvodněný olej čerpán

pomocí čerpadel vzhůru na vnitřní stranu plynojemu, aby mohl opět stékat do těsnícího žlábků (Perna a kol. 1957).

Obrázek 1: Suchý plynojem MAN, schéma (Havelka 1965)



Těsnící olej podléhal v průběhu provozu ke změnám přechodným i trvalým, které měly vliv na jeho účinnost a tím pádem na provozu schopnost celého plynojemu. V zimě, kdy jsou nižší teploty vzduchu, vypíral olej z plynu benzol, naftalen s irné sloučeniny a další látky. Sirovodník a organické s irné sloučeniny mohly způsobovat stárnutí (houstnutí) oleje. Prach v oleji dával vzniknout neprostupným emulzím oleje s vodou a zároveň se prach usazoval jako kal v celém

systému olejového těsnění. Pokud byl v plynojemu uskladňován dobře vyčištěný plyn, mohl těsnicí olej sloužit šest až osm let.

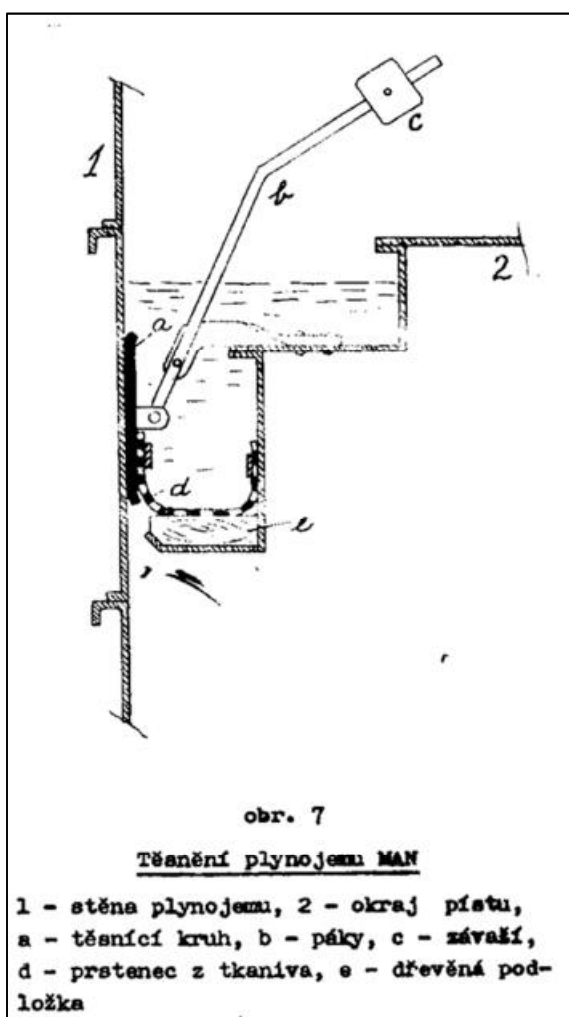
Naopak benzen a naftalen vypraný z plynu způsobovaly ředění oleje, čímž byla snížena jeho viskozita a tím pádem byla ohrožena těsnicí funkce oleje. Menší viskozita oleje vedla k situaci, kdy olej protékal mezi stěnou plynojemu a pístem rychleji, než jej čerpadla vytlačovala zpět na vrchol plynojemu (Riedl 1963).

Částmi technologie suchého plynojemu MAN, kde byl používán těsnicí olej:

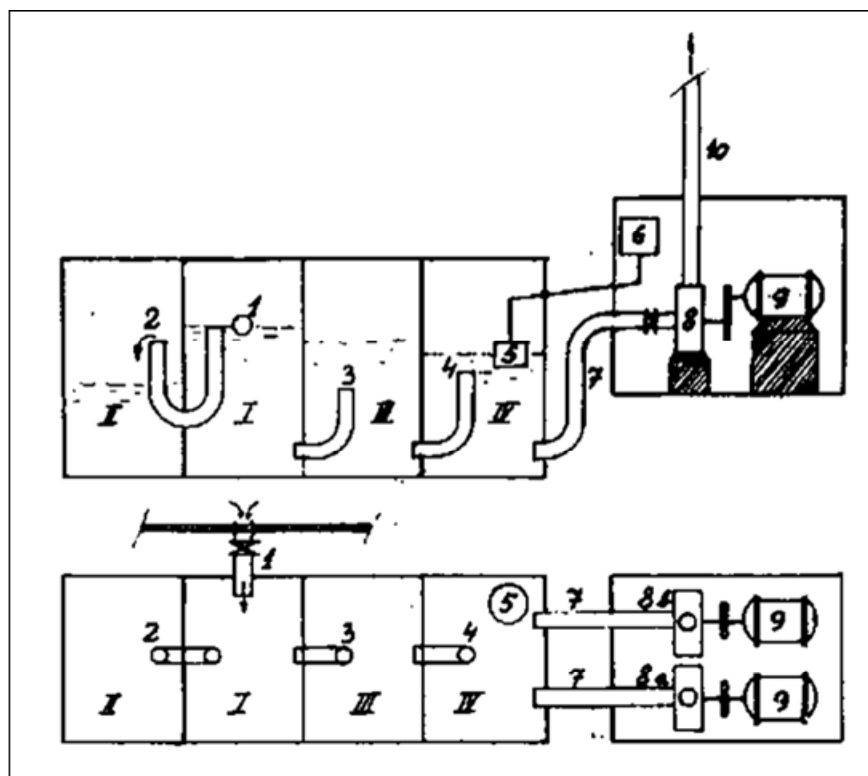
- Těsnicí žlábek pístu s olejem
- Sběrný žlábek oleje na dně plynojemu
- Sběrné jímky, čerpadla a výtlačné potrubí oleje

Dle prospektu současného německého výrobce plynojemů systému MAN společnosti Stah-und Apparatebau Hans Leffer GMBH je i v dnešní době v těchto plynojemech používána technologie založená na stejných principech (URL 1).

Obrázek 2: Těsnění plynojemu typu MAN (Riedl 1963)



Obrázek 3: Schéma uspořádání sběrných jímek oleje plynojemu typu MAN (Riedl 1963)



I.-vstupní komora, II.-usazovací komora, III.-zásobní komora, IV.-plováková komora, 1-přívod oleje z vnitřku plynojemu, 2-přepad emulze do usazovací komory, 3-přepad oleje do zásobní komory, 4-přepad oleje do plovákové komory, 5-plovák, 6-spínač, 7-sací potrubí čerpadel, 8-čerpadla (a, b), 9-elektrické motory, 10-výtlačné potrubí oleje na povrch plynojemu

V současnosti se na lokalitě Váňův kámen nachází pouze betonový základ. Dle leteckých snímků plynojemu měl tento konkrétní plynojem 6 sběrných jímek, které dnes nejsou v terénu k nalezení a lze předpokládat, že byly zlikvidovány nebo zahrnuty v rámci demolice vlastního plynojemu.

4.2 Původ znečištění horninového prostředí

Rozsah znečištění horninového prostředí byl ověřován průzkumnými pracemi v rámci „Analýzy rizik staré ekologické zátěže v průmyslové zóně Kladno východ“, kterou zpracovalo Sdružení firem AR Kladno, vedoucí sdružení VODNÍ ZDROJE, a.s., člen sdružení AQUATEST a.s. (dále jen „AR Kladno východ“). Tato AR se zabývala rozsáhlým územím a lokalita Váňův kámen byla jen jedna z mnoha posuzovaných. Výstupy ukázaly, že v zájmovém území jsou kontaminovány především zeminy, a to různými PAU, z nichž pro benzo(a)pyren byl v rámci AR

Kladno východ stanoven sanační limit 4 mg/kg v sušině. Tento limit je v zeminách překračován. Dále byl stanoven limit sanační limit pro sumu PAU 1 000 mg/kg v sušině. I tento limit je v zeminách překračován.

Vzhledem k rozsahu zájmového území řešeného AR Kladno východ jsou v závěrečné zprávě této AR řešeny především plošné výsledky znečištění. Jednotlivá ohniska znečištění, tedy i lokalita Váňův kámen, nebyla detailněji zkoumána a podrobněji vyhodnocena. Lze předpokládat, že původ znečištění horninového prostředí této lokality je z provozu plynojemu, konkrétní scénář původu znečištění předmětné lokality není v rámci AR Kladno východ uveden.

Na lokalitě Váňův kámen byly v rámci AR Kladno východ provedeny dvě na sebe navazující etapy průzkumu znečištění horninového prostředí a lze dovozovat, že projekt prací této AR v oblasti plynojemu masivnější znečištění nepředpokládal. Provedené průzkumné práce byly po vyhodnocení první etapy, která naopak masivnější znečištění zastihla, doplněny dalším vrtným průzkumem. Situace průzkumných objektů je zachycena v přílohách č. 4 a 7.

Součástí průzkumných prací v rámci AR Kladno východ bylo i ověření znečištění podzemních vod, a to jak odběrem podzemní vody z nevystrojených vrtů (ze sond kde byla podzemní voda zastižena), tak z vybudovaných monitorovacích vrtů. Silně kontaminované byly především vzorky z nevystrojených vrtů situovaných v hlavním ohnisku znečištění na severovýchodním okraji základu plynojemu. Analýzy vzorků z monitorovacích vrtů mimo hlavní ohnisko znečištění, popř. z vrtů v širším okolí vykazaly nižší úroveň kontaminace. V porovnání s legislativními požadavky na kvalitu pitné vody (obsah PAU 0,1 µg/l, vyhláška č. 252/2004 Sb., v platném znění) jde o několikanásobné až řádové překročení. Koncentrace uvedených polutantů jsou zvýšené i oproti výsledkům analýz požadové koncentrace pro celou průmyslovou zónu Kladno –východ.

Z AR lze odvodit, že zdrojem znečištění horninového prostředí a podzemních vod byly úniky závadných látek z provozních zařízení na čištění a cirkulaci těsnícího oleje (sběrné jímky, sběrný žlab oleje) a úkapy kondenzátů ze skladovaného plynu.

O spotřebě a množství těsnícího oleje, likvidaci odsazených vod při čištění oleje a způsobech likvidace dalších závadných látek v období provozu plynojemu Váňův kámen nebyla dohledána žádná evidence.

4.3 Charakteristika znečišťujících látek

Dle výsledků AR Kladno východ a dále dle výsledků, které byly provedeny v rámci této práce a které jsou uvedeny dále v textu, jsou především zeminy

a částečně i podzemní vody kontaminovány hlavně PAU a PCB. Ze skupiny PAU byl v rámci AR kladen důraz na benzo(a)pyren.

Polyaromatické uhlovodíky

PAU jsou obsaženy v množství průmyslových látek, především v naftě, výrobcích z černouhelného dehtu a asfaltu a dalších výrobců z něj (Slouka a Beneš, 2016). Přirozeně se tedy vyskytují v uhlí, ropě a jsou produkovány při spalování těchto látek. Jsou to látky s rozmanitými rizikovými vlastnostmi, jsou potencionálními karcinogeny a mají mutagenní účinky, mnohé mají toxické účinky. Nebezpečné jsou pro živé organismy i pro jejich následné generace (Holoubek, 1998). Jsou velmi málo rozpustné ve vodě, ale snadno rozpustné v tucích a olejích. Problematická je jejich perzistence v životním prostředí (Slouka a Beneš, 2016). Existuje několik set PAU, které se obvykle vyskytují spíše jako komplexní směsi než jako jednotlivé sloučeniny (URL 2).

Benzo(a)pyren

Benzo(a)pyren má číslo CAS 50-32-8. Vzniká při spalování uhlí, ropy a dalších uhlíkatých látek včetně dřeva. Studie na zvířatech ukazují, že expozice benzo(a)pyrenu je spojena s vývojovými, reprodukčními a imunologickými účinky. Kromě toho epidemiologické studie zahrnující expozici směsí PAU uvádějí asociace mezi interními biomarkery expozice benzo(a)pyrenu a DNA a nepříznivými výsledky narození (včetně snížené porodní hmotnosti, postnatální tělesné hmotnosti a obvodu hlavy), neurobehaviorální účinky a sníženou fertilitou. Studie na různých živočišných druzích ukazují, že benzo(a)pyren je karcinogenní pro různé orgány (trávicí trakt, játra, ledviny, dýchací cesty, hltan a kůže) všemi způsoby expozice. Kromě toho existují silné důkazy o karcinogenitě v profesích, při nichž dochází k expozici směsí PAU obsahujících benzo(a)pyren, jako je výroba hliníku, čištění komínů, zplyňování uhlí, destilace uhelného dehtu, výroba koksu, železa a oceli a dalších (URL 3). Pro benzo(a)pyren se uvádějí tyto následující věty o nebezpečnosti chemických látek: (tzv. H-věty): H317 – může vyvolat alergickou kožní reakci, H340 – může vyvolat genetické poškození, H350 – může vyvolat rakovinu, H360 – může poškodit reprodukční schopnost nebo plod v těle matky, H400 – vysoce toxický pro vodní organismy, H410 – vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky (URL 4).

Polychlorované bifenyly

PCB zahrnuje teoreticky 209 jednotlivých sloučenin lišících se fyzikálně-chemickými vlastnostmi a toxicitou, které se nazývají kongenery, ale v komerčně vyráběných směsích se vyskytuje pouze 130 kongenerů. Jsou velmi málo rozpustné

ve vodě, ale jsou rozpustné ve většině organických rozpouštědel a v tucích (Slouka a Beneš 2016).

PCB má číslo CAS 1336-36-3 (URL 3). Jsou to látky, které se nevyskytují ve volné přírodě a vznikají pouze výrobními procesy. Byly hojně využívány v různých průmyslu jako přenašeče tepla v zařízeních, kde byl vyžadován ohřev na vysoké teploty nebo jako chladicí oleje v transformátorech a kondenzátorech. V 70. letech 20. století bylo zjištěno, že se PCB v prostředí nerozkládají a hromadí se v potravních řetězcích (Slouka a Beneš 2016). Z tohoto je patrné, že jsou také velmi perzistentní. PCB uvolňované do životního prostředí mají tendenci se hromadit v půdách a sedimentech, a to i ve vodních sedimentech. K transportu vedoucímu ke kontaminaci v rámci celé zeměkoule slouží vzduch (URL 5). Předpokládají se karcinogenní účinky na játra a další negativní účinky pro oči, ledviny a imunitní systém. Pro PCB se uvádějí tyto následující věty o nebezpečnosti chemických látek: H373 – může způsobit poškození orgánů, H400 – vysoce toxický pro vodní organismy, H410 – vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky (URL 4).

4.4 Shrnutí celkového rizika

AR Kladno východ stanovila pro celou oblast řešené průmyslové zóny Kladno-východ, v rámci které byla řešena i lokalita Váňův kámen, jako prioritní kontaminanty látky typu PAU, z nichž byl za nejrizikovější látku pro lidské zdraví určen benzo(a)pyren. Ostatní polutanty nebyly v tomto globálním pohledu uvažovány, popřípadě bylo předpokládáno, že odstraněním znečištění PAU, dojde i k odstranění další související kontaminace (ropné látky, některé těžké kovy, PCB atd.).

Analýzou rizik byla hodnocena rizika vyplývající z existence staré ekologické zátěže, a to jak pro lidské zdraví (zdravotní rizika) tak rizika pro složky životního prostředí (ekologická rizika).

Zdravotní rizika:

Za nejvíce rizikový scénář, s ohledem na zdraví osob pohybujících se na znečištěném pozemku nebo v jeho okolí, je identifikována expozice těchto osob dermálním kontaktem či ingescí kontaminovaných zemin nebo prachu, a to včetně prachu polétavého. Zdravotní rizika byla posuzována jako nekarcinogenní a karcinogenní. Posuzovaná rizika byla následně kvantifikována koncentrací benzo(a)pyrenu. Eliminovat existující zdravotní rizika je možné pouze zamezením dermálního kontaktu, a především zamezením ingesce polétavého prachu (Petráček

a kol. 2013). Pro řešenou oblast Váňův kámen byly AR Kladno východ stanoveny cílové parametry vyplývající ze zdravotních rizik a to:

- Využití území – průmyslová zóna Benzo(a)pyren zeminy 4 mg/kg
- Využití území – smíšeně obytné Benzo(a)pyren zeminy 0,6 mg/kg

Ekologická rizika:

V případě hodnocené lokality považuje Petráček a kol. (2013) za jediné příjemce ekologických rizik ekosystémy vázané na povrchové toky Týneckého a Dřetovického potoka. Hodnocení ekologických rizik je proto provedeno ve vztahu k jakosti povrchových vod těchto vodních toků. Pro lokalitu Váňův kámen je jako nejrizikovější hodnocen scénář vyluhování PCB srážkovými vodami do vod podzemních a migrace směrem k blízké III. větvi Dřetovického potoka (cca 200 m východně). Petráček a kol. (2013) uvádějí koryto tohoto toku za normálního (tj. bezdeštného) stavu jako za převážně vyschlé, a dále uvádí, že v následujících letech nelze vlivem nástupu důlních vod vyloučit skutečnost, že se v této oblasti obnoví pramenní vývěry v korytě potoka. Tato nastupující podzemní voda se nástupem přes kontaminované horninové prostředí stane kontaminovanou, tj. většina průtoku vody v korytě bude tvořena právě touto kontaminovanou vodou a může tak dojít i k překročení normy environmentální kvality dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění. Obdobný scénář pro ekologické riziko je platný i pro látky PAU.

Pro řešenou oblast Váňův kámen AR Kladno východ byly stanoveny cílové parametry vyplývající z ekologických rizik a to:

- Benzo(a)pyrenzeminy 4 mg/kg
- suma PAU zeminy 1000 mg/kg
- odstranění fáze dehtů z hladiny podzemní vody a v sanačních výkopech

Při průzkumných pracích v rámci této diplomové práce nebyla volná fáze na hladině podzemní vody ve sledovaných objektech (monitorovací vrty a studny) zjištěna. Tyto objekty jsou však umístěny mimo hlavní směr odtoku podzemních vod mělké zvodně z lokality. Výskyt fáze PAU nelze tedy vyloučit na severním a severovýchodním okraji lokality a při realizaci sanačního zásahu může být zastižena fáze na hladině vody ve výkopech.

5 METODIKA

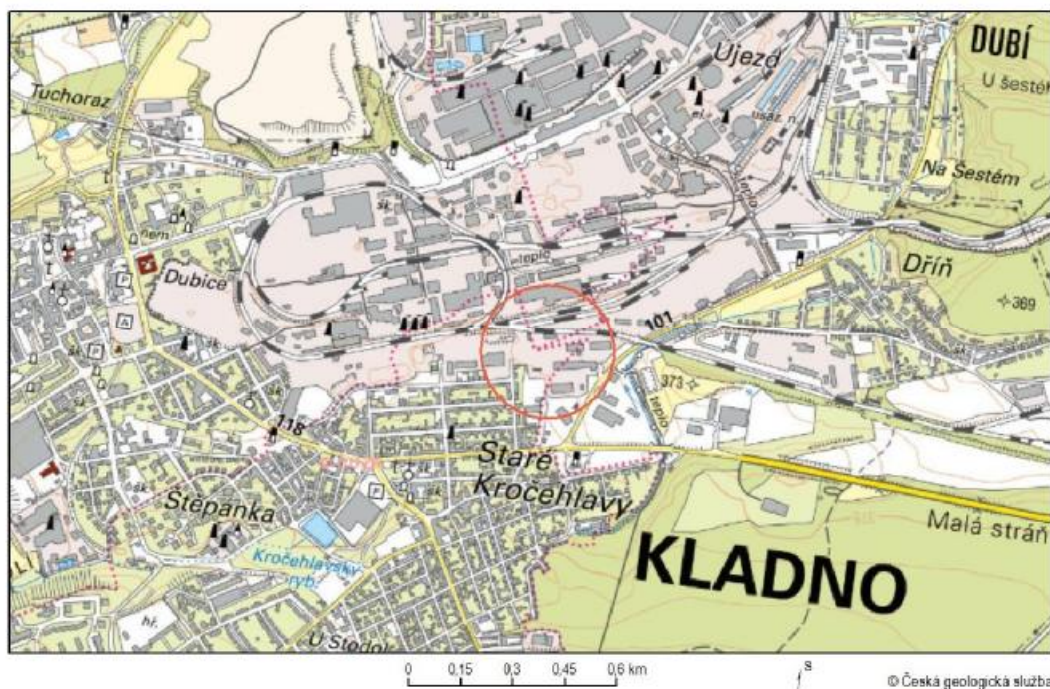
Pro zpracování studie proveditelnosti k zjištění možností odstranění existující ekologické škody je státní správou vytvořený metodický pokyn, kterým se řídí všechny orgány státní správy a další organizace zabývající se touto problematikou. Jedná se o Metodický pokyn MŽP „Zásady zpracování studie proveditelnosti opatření pro nápravu závadného stavu kontaminovaných lokalit“ z června 2007. Metodika diplomové práce vychází z tohoto metodického pokynu.

5.1 Charakteristika zájmového území

5.1.1 Geografické vymezení území

Území, na kterém se nachází pozůstatky plynojemu leží, na jižním okraji lokality, která se dnes nazývá Průmyslová zóna Kladno – východ (prostor bývalé Huti Koněv). Jedná se o katastrální území Kročehlavy, Dubí u Kladna a Kladno, obec Kladno, Středočeský kraj. Zobrazení širších vztahů a detail zájmového území jsou vyznačeny přílohami č. 1 a 2 a také na obrázku č. 4.

Obrázek 4: Situace zájmového území na výřezu mapy 1:10 000 (URL 6)



5.1.2 Majetkoprávní poměry

Pozemky v prostoru bývalého plynojemu a jeho okolí jsou z velké části v majetku společnosti FER CONSULT s.r.o., IČ 29001641. Přehled dotčených

pozemků a jejich vlastníci jsou uvedeni v následující tabulce č. 1. Situace zájmového území na podkladu katastrální mapy je vyobrazena v příloze č. 3.

Tabulka 1: Přehled dotčených pozemků

| Parcela č. | č. list vlastnictví | Katastrální území | Vlastník |
|------------|---------------------|-------------------|-------------------------|
| 1623/95 | 10001 | Dubí u Kladna | Statutární město Kladno |
| 1623/97 | 31633 | Dubí u Kladna | FER CONSULT s.r.o. |
| 1952/7 | 23041 | Kročehlavy | FER CONSULT s.r.o. |
| 1952/8 | 23041 | Kročehlavy | FER CONSULT s.r.o. |
| 1952/13 | 23041 | Kročehlavy | FER CONSULT s.r.o. |
| 1952/14 | 23041 | Kročehlavy | FER CONSULT s.r.o. |
| 5918/32 | 18152 | Kladno | FER CONSULT s.r.o. |
| 5918/76 | 18152 | Kladno | FER CONSULT s.r.o. |
| 5918/77 | 18152 | Kladno | FER CONSULT s.r.o. |

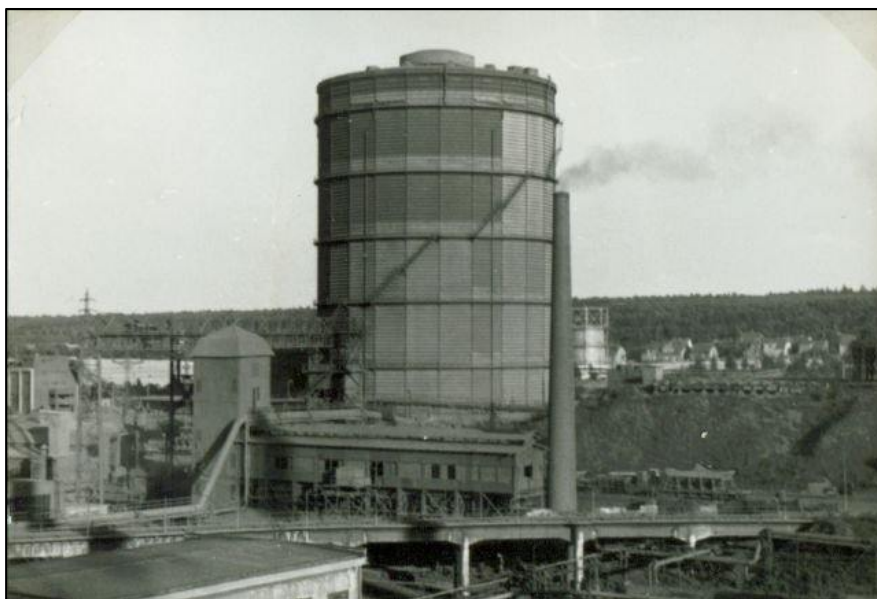
5.1.3 Historie využití lokality, současné a plánované využívání lokality

V době činnosti hutě Koněv bylo území průmyslově využíváno. Plynojem Váňuv kámen sloužil k jímání koksárenského plynu z koksoven Koněv a byl součástí bývalého podniku Spojené ocelárny, národní podnik Kladno, které vznikly sloučením hutě Koněv (původně pojmenované Vojtěšská) a Poldiny hutě (URL 7). Provoz kompresní a čistící stanice koksárenského plynu byl zahájen v roce 1955 a ukončen po deseti letech v roce 1965.

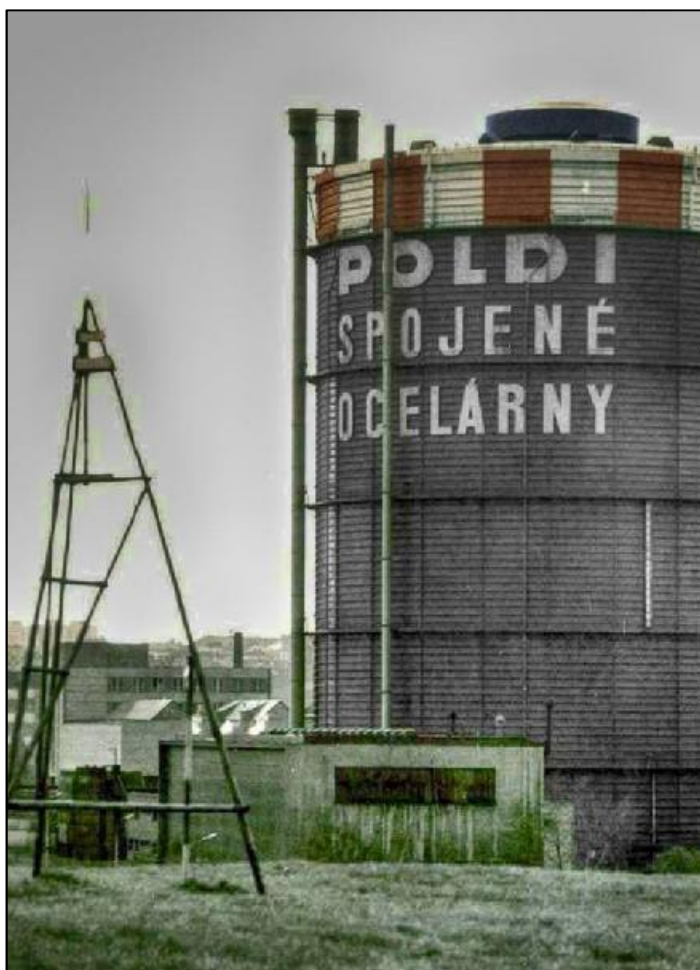
Výstavba plynojemu systému MAN na lokalitě Váňuv kámen byla zahájena v první polovině 50. let minulého století. V příloze č. 5 je letecký snímek z roku 1953 na podkladu katastrální mapy. Z tohoto snímku je patrné, že v roce 1953 výstavba plynojemu ještě 1953 probíhala. Jeho plášť tvořil dvacetičtyřboký mnohostěn, průměr byl 53,2 m a výška 84 m. Uvnitř plynojemu se pohyboval píst s betonovým závažím o váze 714 tun (Franger a kol. 2009).

Po ukončení provozu stál plynojem na svém místě a byl jednou z nepřehlédnutelných dominant města Kladna. Jak vypadal plynojem v 70. letech 20. století je vidět na obrázcích č. 5 a 6. V roce 1994 byl z plynojemu odstraněn betonový píst. Hledala a zvažovala se různá využití pro unikátní prostor uvnitř plynojemu, ale na žádné konkrétní řešení nedošlo. V příloze č. 6 je ortofoto snímek zájmového území z roku 2002, který dokumentuje stav před demolicí plynojemu. Konstrukce plynojemu byla postupně svévolně rozebírána, což začalo ohrožovat statiku objektu. Z tohoto důvodu bylo v roce 2005 přistoupeno k demolici celého objektu. Zůstal pouze betonový základ kruhového tvaru, který v současnosti souží ke skladování různého materiálu, jak je vidět na obrázku č. 7.

Obrázek 5: Plynojem typu MAN v 70. letech 20. století huť Koněv (URL 8)



Obrázek 6: Plynojem typu MAN – Váňův kámen (URL 9)



Obrázek 7: Současný stav (leden 2019), betonový základ plynojemu



Dle platného územního plánu města Kladna je zájmové území navrženo jako plocha smíšená obytná – městská. Bližší územně plánovací podklady či studie nemá město pro tuto lokalitu zpracované.

5.1.4 Přírodní poměry území

5.1.4.1 Geomorfologické poměry

Z hlediska geomorfologie je území součástí Hercynského systému, provincie Česká vysočina, Poberounská subprovincie, Brdská oblast, části celků Pražská plošina, Křivoklátská vrchovina a vrchovina Džbán. Podcelek Kladenská tabule je součástí Pražské plošiny a zahrnuje dva geomorfologicky odlišné okrsky Turksá plošina a Slánská tabule, součástí Křivoklátské vrchoviny je podcelek Lánská pahorkatina s okrskem Loděnická pahorkatina.

Území města Kladna je vcelku rovinaté, okolí města je mírně pahorkaté, výraznějším vrcholy jsou Vinařická hora (413 m n.m.) severozápadně od města a jižně Kožová hora (456 m n.m.). Ve střední části starého Kladna jsou dvě výrazná údolí, a to Podprůhon a Sítenské údolí. V těchto údolích jsou začátky I. a II. větve Dřetovického potoka.

5.1.4.2 Geologické poměry

Z hlediska regionální geologie se město Kladno nachází na okraji kladensko-rakovnické pánve. Geologické podloží výplně této pánve tvoří horniny

barrandienského proterozoika. Výplň kladensko-rakovnické pánve i horniny proterozoika (v oblasti za jihovýchodním okrajem kladensko-rakovnické pánve) jsou ze značné části překryty svrchnokřídovými sedimenty.

Horniny barrandienského proterozoika vyskytující se v zájmovém území a jeho okolí jsou řazeny ke kralupsko-zbraslavské skupině. Zastoupeny jsou převážně drobami, prachovci a břidlicemi.

Svrchnokarbonská výplň kladensko-rakovnické pánve je v oblasti města Kladno tvořena terestrickými sedimenty kladenského souvrství stáří westphal (bolsov)-stephan (kantabr). Kladenské souvrství je reprezentováno slepenci, pískovci, arkózami, šedými a rudými kalovci a ččkami jílovců. Ve spodní části kladenského souvrství se nacházejí uhelné sloje o průměrné mocnosti 10 m, které byly v minulosti intenzivně dobývány hornickou činností. Tyto sloje se uložily v depresích na podložních zvrásněných břidlicích a drobách barrandienského proterozoika, jehož povrch byl navrtán v hloubkách cca 120-220 m. Těžba černého uhlí probíhala především v hlavní kladenské (svrchní radnické) sloji, která měla v kladenské depresi kvalitní uhlí (v průměru 25 % popelovin). Na území města Kladno byla těžena méně kvalitní (cca 50 % popelovin) sloj základní kladenská (spodní radnická).

Svrchnokřídové sedimenty vystupující v nadloží výplně kladensko-rakovnické pánve, popřípadě proterozoických hornin, náležejí k jihozápadní okrajové části české křídové pánve. Stratigraficky náležejí k bělohorskému souvrství (turon) a jsou zastoupeny jemnými klastiky, především vápnitými jílovcí, slínovci a jílovitými vápenci (Cháb a kol. 2007; Chlupáč a kol. 2002).

Nejsvrchnější pokryv tvoří kvartérní uloženiny. Zastoupeny jsou hlavně nevytříděnými svahovými uloženinami a v údolních nivách drobných toků jsou to fluvialní facie, především štěrky a písky. Přítomny jsou také spraše a sprašové hlíny a antropogenní navážky a uloženiny.

5.1.4.3 Klimatické poměry

Dle Quitta (1971) spadá území do teplé oblasti T2 – teplý, mírně suchý, průměrné roční teploty v této oblasti udávány v rozmezí 8 °C až 9 °C, roční úhrn srážek 400–450 mm. Mírné zimy a kratší sluneční svit.

Kladensko se rozkládá ve dvou klimatických oblastech. Jeho jihozápadní, výše položená část s maximální nadmořskou výškou 486 m n. m. (Vysoký vrch u Malých Kyšic) je chladnější, s průměrnými ročními teplotami kolísajícími v rozmezí 7 °C až 8 °C, a zároveň nepatrně vlhčí, s ročním úhrnem srážek přesahujícím 500 mm. Spadá do mírně teplého, mírně suchého klimatického okrsku s převážně

mírnou zimou (jednotka MT11 mírně teplé klimatické oblasti). Severovýchodní, níže položená část Kladenska, s nadmořskými výškami dosahujícími např. v údolí Zákolánského potoka u Otovic hodnot 220 m n. m. je teplejší, průměrné roční teploty se pohybují v rozmezí 8 °C až 8,7 °C, a sušší, s ročním úhrnem srážek mezi 450–500 mm (Kladno 2005).

5.1.4.4 Hydrogeologické poměry

V rámci hydrogeologické rajonizace se území nachází v rajonu Kladenská pánev č. 5140.

Svrchnokarbonské sedimenty v tomto rajónu vytvářejí komplikovaný pánevní hydrogeologický systém většího počtu nepravidelně se střídajících průlinovo – puklinových vrstevnatých kolektorů a izolátorů. Rozložení jednotlivých kolektorů a izolátorů je značně chaotické díky složité architektuře pánevní výplně, kdy zejména jílovce vytvářejí čočkovitá tělesa a laterálně vyklíňují. V oblastech neovlivněných předchozí důlní činností propustnost sedimentů celkově obvykle klesá s rostoucí hloubkou jejich uložení pod povrchem a ve vertikálním směru tak dochází ke stírání primárních rozdílů hydrogeologické funkce mezi psamiticko-psefitickými a pelitickými horninami. Funkci kolektoru s převládající puklinovou propustností přejímají především rozpukané partie obou typů hornin, tj. zejména připovrchová zóna rozpukání hornin a rozpojení puklin zasahující obvykle do hloubek 60 až 120 m a případně i tektonicky porušená pásma, ve kterých se zvýšená propustnost může projevat i v hloubkách mnoha set metrů pod povrchem.

Z hlediska oběhu podzemní vody lze v územích neovlivněných důlní činností vymezit zónu intenzivního proudění podzemní vody, která zahrnuje připovrchové pásmo rozpukání a rozpojení puklin. Oběh podzemní vody v tomto prostředí má převážně lokální charakter.

K doplňování zásob podzemních vod dochází infiltrací srážek buď přímo v celém rozsahu výchozů svrchnokarbonských hornin nebo zprostředkovaně přes nadložní svrchnokřídové sedimenty a kvartérní pokryv. Hladina podzemní vody v tomto prostředí je celkově převážně volná nebo jen mírně napjatá, průběh hladiny je obvykle konformní s morfologickým reliéfem. K drenáži tohoto kolektoru dochází při úrovni lokálních erozních bází představovaných místními vodními toky. V hlubokých partiích kladenské pánve případně zakrytých mladšími svrchnokřídovými sedimenty je oběh podzemní vody značně zpomalený a nabývá regionálního charakteru. Tento typ proudění je charakteristický i pro hluboce zakleslé partie slánské části pánve, kde se projevuje zpomalené proudění až téměř

stagnace podzemních vod doprovázená výskyty silně mineralizovaných podzemních vod i vysokým obsahem plynů.

Údaje o hydrogeologických poměrech území obsahuje zpracovaná Analýza rizik staré ekologické zátěže v průmyslové zóně Kladno Dubí (Bičík a kol. 2010a). Tyto údaje pocházejí z až 50 m hlubokých vrtů v oblasti koksovny Koněv.

V rámci průzkumných prací této analýzy rizik bylo realizováno 73 průzkumných objektů. Z tohoto počtu bylo 58 objektů bez projevů přítomnosti podzemní vody, 5 x byla zjištěna indikace přítomnosti vody v zemině či hornině (HV-103, HV-10, S-149, S-150, S-156), 5x byla zjištěna zvodněná poloha v navážkách (S-113, S-138, S-139, S-143, S-146) a pouze 2x byla naražena hladina podzemní vody (HV-1 ve zvětralinovém plášti karbonských sedimentů a HV-7 v navážkách). V dalších 4 případech došlo k nastoupaní hladiny podzemní vody v puklinovém prostředí komplexu karbonských sedimentů ve vrtu, kde hladina nebyla naražena (HV-2, HV-10, HV-103 a HV-107). V hlubokých vrtech HV-4, HV-8, HV-101 a HV-105 (50 m / 47 m) hladina nebyla naražena ani nenastoupala.

Další údaje o území v okolí plynojemu obsahuje AR Kladno východ. V roce 2013 byla ve vrtu HJ-1g-3 zastižena hladina podzemní vody v 4,5 m pod terénem (nadmořská výška 353,7 m n.m.), ve vrtu HV-1g-1 byla hladina podzemní vody v hloubce 7,6 m pod terénem (nadmořská výška 340,3 m n.m.) a ve vrtu STD-1g-1 byla hladina podzemní vody ve 13,1 m pod terénem (nadmořská výška 338,0 m n.m.) (Petráček a kol. 2013).

5.1.4.5 Hydrologické poměry

Městem Kladno neprotéká žádný významný vodní tok, nejbližším větším vodním tokem je říčka Loděnice (Kačák), která míjí město na jihozápadě. Menších vodních toků na území města pramení několik, jeden z nich protéká městskou částí Švermov.

Kladnem probíhá rozvodí Berounky a Vltavy. K povodí Berounky náleží pouze menší jihozápadní část města (Rozdělov), která je odvodňována Rozdělovským potokem. Jedná se o drobný, málo vodnatý tok, který pramení na jižním okraji Rozdělova a do Loděnice se vlévá mezi obcemi Doksy a Družec (Kladno 2005). Menší vodotečí je Dřetovický potok, který pramení na území města několika rameny a spadá do povodí Vltavy. V intravilánu města je částečně zatrubněn a odtéká z města severovýchodním směrem, kde se u obce Kováry vlévá do Zákolanského potoka.

Dále městem protékají potoky Týnecký a Lidický. Lidický vzniká stékáním několika pramenů. V lese Bažantnice je na Lidickém potoce zbudován rybník, který

slouží k rekreační účelům. Vlévá se do Zákolanského potoka mezi obcemi Středokluky a Čičovice. Týnský potok byl před vybudováním kanalizace znečišťován splašky. Do Zákolanského potoka se vlévá u Zákolan. Na území města se nenachází žádná velká vodní nádrž.

5.1.4.6 Ochrana přírody a krajiny

S ohledem na skutečnost, že se zájmová lokalita nachází v průmyslové části města, nenachází se na řešené lokalitě ani v jejím bezprostředním okolí žádné zvláště chráněné území ve smyslu zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Nejbližším velkoplošným zvláště chráněným územím je cca 7 km jihozápadním směrem od Kladna Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko. Naopak v poměrně blízké vzdálenosti cca 2,5 km od lokality se nachází hranice přírodního parku Džbán a vzdálenější je přírodní park Povodí Kačáku. Přírodní rezervace Pašijová draha se nachází nedaleko města Kladno.

V poměrně blízkosti řešené lokality je přírodní památka Krnčníc a Voleška, která je zároveň vyhlášena jako evropsky významná lokalita a která částečně zasahuje i do katastru města. Další přírodní památkou jsou Žraločí zuby. Vzdálenější přírodní památkou je Vinařická hora.

Územní systém ekologické stability je na jih od lokality zastoupen regionálním biokoridorem Kožová hora a regionálním biocentrem Kožová hora, dále regionálním biokoridorem Dolanský háj a regionálním biocentrem Dolanský háj a niva. Na severozápad od lokality jsou regionální biokoridory Pašijová draha – Vinařická hora, které propojují regionální biocentra Pašijová draha, Vinařická hora a Třebušice.

5.2 Dosavadní průzkumné práce a laboratorní zkoušky

V lokalitě Váňův kámen byly prováděny průzkumy v letech 2012–2013 a to v rámci zpracování Analýzy rizik staré ekologické zátěže v průmyslové zóně Kladno východ, kterou zpracovalo Sdružení firem AR Kladno, vedoucí sdružení VODNÍ ZDROJE, a.s., člen sdružení AQUATEST a.s.

5.2.1 Průzkumné a vzorkovací práce

V oblasti 1g-5 Plynojem Váňův kámen bylo odvrtno 16 nevystrojených sond s celkovou metrází 83,5 m a jeden vystrojený průzkumně-monitorovací vrt s označením HJ-1g-3 do hloubky 31 m (Petráček a kol., 2013).

V oblasti Váňův kámen byl odebrán směsný vzorek zeminy ze sond PJ-1g-139 až 145 (všechny sondy 0-6 m). Tyto vzorky byly analyzovány pouze na sestavu

dle odpadové vyhlášky č. 294/2005 Sb., v platném znění, a to za účelem zhodnocení možnosti nakládání se zeminou jako s odpadem v případě prokázaných rizik. Vzorky zemin byly odebírány pomocí lopatky ze středu vrtného jádra bodově, nebo ze zvoleného úseku jádra. Směsné vzorky odebrané ze zvolených úseků vrtného jádra byly homogenizovány (úprava kvartací). V jednotlivých vrtech byly provedeny zonální odběry bodových či směsných vzorků z horizontů určených geologem (2 až 5 vzorkovaných zón). Vzorky v potřebném laboratorní stanoveném množství, s minimálním volným objemem, byly odebírány do vzduchotěsných skleněných vzorkovnic v případě látek těkavých nebo do igelitových / PE sáčků v případě látek netěkavých (např. ropné látky, těžké kovy) nebo v případě většího objemu vzorku (Petráček a kol. 2013).

Vzorky podzemní vody byly odebrány za statického a dynamického stavu dle typu hydrogeologického objektu. Před odběrem vzorků podzemní vody byla provedena dokumentace technického stavu objektu, záměr ustálené hladiny podzemní vody a ověření přítomnosti volné fáze kontaminantu na hladině podzemní vody (lehká fáze – ropné uhlovodíky). K záměru hladin byl použit elektroakustický hladinoměr. Zvolené odběrové zařízení (vhodné vzorkovací čerpadlo, odběrný válec s horním nebo spodním nátokem – dle vzorkovaného kontaminantu) bylo zapouštěno do proměnlivých úrovní výšky vodního sloupce v závislosti na typu požadovaného analytu (Petráček a kol. 2013).

5.2.2 Výsledky laboratorních zkoušek

5.2.2.1 Zeminy

Zjištěné obsahy jednotlivých sledovaných polutantů (těžké kovy, PAU, PCB a fenoly) v zeminách byly porovnávány s úrovní „přirozeného“ pozadí v podmínkách hodnocené lokality a s Indikátory znečištění zemin pro průmyslově využívané území (RSL Industrial Soil) danými Metodickým pokynem MŽP Indikátory znečištění (MŽP 2013). Jako indikační hodnota znečištění (dále jen „HIZZ“) byla zvolena vždy vyšší hodnota z těchto dvou uvedených kritérií, popřípadě úroveň pozadí pro polutanty, pro které nejsou indikátory znečištění v Metodickém pokynu MŽP Indikátory znečištění (MŽP, 2013) uvedeny. Pro posouzení úrovně „přirozeného“ pozadí v podmínkách hodnocené lokality byly použity výsledky laboratorních analýz vzorků zemin odebraných z vystrojených vrtů, které byly vyhloubeny mimo zkoumané areály, u kterých se nepředpokládá ovlivnění provozem těchto areálů.

Pro výpočet pozadřových koncentrací byly použity výsledky laboratorních analýz vzorků zemin odebraných ze všech hloubkových úrovní, protože koncentrace jednotlivých polutantů nevykazují významné zonální odchylky. Pro vyloučení

odlehých hodnot byla jako požadová koncentrace brána hodnota 95 percentilu celého souboru tak, aby zvoleným postupem byla identifikována hranice skutečného znečištění (Petráček a kol. 2013).

Přehled požadových koncentrací, indikátorů znečištění a HIZZ pro zeminy je uveden v přílohách č 14 a 15.

5.2.2.2 Podzemní voda

Zjištěné obsahy jednotlivých sledovaných polutantů (C10-C40, těžké kovy, PAU, PCB a fenoly) v podzemní vodě byly porovnávány s úrovní „přirozeného“ pozadí v podmínkách hodnocené lokality a s Indikátory znečištění podzemní vody (RSL Tapwater) dané Metodickým pokynem MŽP Indikátory znečištění (MŽP 2013). Jako HIZZ byla zvolena vždy vyšší hodnota z těchto dvou uvedených kritérií, popř. úroveň pozadí pro polutanty, pro které nejsou indikátory znečištění v Metodickém pokynu MŽP uvedeny.

Pro posouzení úrovně „přirozeného“ pozadí v podmínkách hodnocené lokality byly použity výsledky laboratorních analýz vzorků podzemní vody odebraných z vystrojených vrtů, které byly vyhloubeny mimo zkoumaný areál a u nichž se nepředpokládalo ovlivnění provozem z těchto oblastí.

Pro výpočet požadových koncentrací byly použity výsledky laboratorních analýz vzorků podzemní vody odebraných ze všech požadových vrtů, jelikož koncentrace jednotlivých polutantů nevykazují významné vzájemné odchylky. Pro vyloučení odlehých hodnot byla jako požadová koncentrace brána hodnota 95 percentilu celého souboru tak, aby bylo na základě provedeného vyhodnocení identifikováno skutečné znečištění. Výpočet požadových koncentrací byl proveden souhrnně pro podzemní vody všech zastižených zvodnělých kolektorů (mělký kvartérní kolektor, karbonské kolektory, svrchnokřídový kolektor) (Petráček a kol. 2013). Přehled požadových koncentrací, indikátorů znečištění a HIZZ pro podzemní vodu je uveden v přílohách č 16 a 17.

5.2.3 Základní varianty koncepce nápravných opatření

Základní varianty koncepce nápravných opatření jsou řešeny již v AR Kladno východ, a to globálně na celém analýzou rizik řešeném zájmovém území. Tato celková koncepce zahrnuje základní varianty a to:

- Nulová varianta
- Pasivní varianta
- Aktivní varianta

Nulová varianta simuluje negativní stav, kdy nebudou získány finanční prostředky pro likvidaci staré ekologické zátěže a nebudou realizována žádná nápravná opatření. Tato varianta doporučuje další postup pro orgány statní správy, především místně příslušný stavební úřad, pro povolování prací v kontaminovaném území.

Pasivní varianta obsahuje obdobná opatření jako varianta nulová, je ale doplněná o ochranná opatření proti znečištění podzemních vod.

Aktivní varianta je v AR Kladno východ chápána jako koordinovaný postup sanace znečištění v celé průmyslové zóně Kladno – východ, zahrnující všechny běžné kroky procesu likvidace starých ekologických zátěží. Z doposud provedených sanačních zásahů na území průmyslové zóny Kladno – východ byla dokončena pouze sanace Staré ekologické zátěže v průmyslové zóně Kladno-Dubí a v letošním roce byla zahájena sanace dehtových jezírek na Haldě Poldi. Aktivní přeměna brownfields průmyslové zóny Kladno – Východ probíhá především na lokalitě Dříň a v severní části areálu Poldi. Jde zde především o demolice nevyhovujících objektů a přípravu území k dalšímu využití (Petráček a kol. 2013).

Přímo pro aktivní variantu řešení ekologické zátěže Váňův kámen uvádí Petráček a kol. (2013) následující:

Z hlediska aktivní varianty je přijatelné pouze úplné vymístění nadlimitně kontaminovaných zemin z této lokality a nahrazení vytěženého materiálu inertním materiálem a materiálem určeným pro uložení na povrch terénu.:

- geodetické vymezení předmětné lokality
- ovzorkování lokality vrtanými sondami v pravidelné síti 10x10 m s odběry směsných vzorků ze 6 hloubkových úrovní po 1 m
- vyhodnocení a detailní návrh ploch pro odtěžení nadlimitně znečištěných zemin v hloubkových úrovních 0-1 m pod terénem (dále jen „p.t.“), 1-2 m p.t., 2-3 m p.t., 3-4 m p.t., 4-5 m p.t. a 5-6 m p.t.
- provedení selektivní odtěžby nadlimitně znečištěných zemin po úrovních 1 m do konečné hloubky 6 m p.t., zeminy s podlimitní koncentrací budou ponechány na lokalitě pro zpětný závoz
- po dosažení úrovně 6,0 m budou dno a stěny výkopu ovzorkovány a nadlimitně znečištěné zeminy dotěženy
- zpětný plošný závoz podlimitně znečištěnými zeminami
- závoz lokality inertním materiálem
- svrchní část výkopu o mocnosti 0,5 m bude zavezena inertním materiálem určeným pro uložení na povrch terénu, zhutnění apod.

Analýza rizik nepředpokládá zastižení hladiny podzemní vody v rámci odtěžby do 6 m p.t., ale ani tuto variantu nevylučuje. Náklady případného sanačního zásahu u objektu Plynojem Váňův kámen, který by spočíval v odstranění kontaminovaných zemin PCB odhaduje AR Kladno východ na cenu 150 až 200 milionů Kč. Protože v rámci AR Kladno východ nebyly stanoveny sanační limity pro PCB, je pro PCB uvažován „pracovní sanační limit“, který odpovídá HIZZ pro sumu polychlorovaných bifenyků (kongenery PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) pro zeminy 740 µg/kg a pro podzemní vodu 0,17 µg/l.

6 VÝSLEDKY PRÁCE

6.1 Shrnutí výsledků dosavadních průzkumných prací (AR Kladno východ) a laboratorních zkoušek

V rámci AR Kladno východ nebyla data z lokality Váňův kámen zpracována v podrobnostech potřebných pro studii proveditelnosti, proto jsou v následujícím textu zpracována data z AR podrobněji. V závěru AR Kladno východ byly dle Petráčka (2013) na základě provedených průzkumů a analýz a s ohledem na umístění lokality, její současné a předpokládané využití a na základě všech výsledků analýzy rizik stanoveny tyto sanační limity:

- benzo(a)pyren v zeminách **4 mg/kg v sušině** pro využití území – průmyslová zóna
- benzo(a)pyren v zeminách **0,6 mg/kg** v sušině pro využití území – smíšeně obytné – městské části
- sumu PAU **1 000 mg/kg** v sušině (naftalen, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3cd)pyren, benzo(g,h,i)perylene)
- odstranění fáze ropných látek z hladiny podzemní vody a v sanačních výkopech.

Dále byly dle Petráčka (2013) stanoveny indikační limity znečištění pro sumu polychlorovaných bifenyly (kongenery PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) pro zeminy 740 µg/kg a pro podzemní vodu 0,17 µg/l. Dále byly v AR stanoveny indikační limity znečištění pro podzemní vodu pro široké spektrum kontaminantů. Hodnoty těchto indikačních limitů pro zeminy a podzemní vodu jsou uvedeny v přílohách č. 15 a 17.

6.1.1 Zeminy

Z přehledu nadlimitních koncentrací polutantů v zeminách, které byly zjišťovány v rámci AR Kladno východ a které jsou uvedeny v tabulce č. 2 vyplývá, že téměř ve všech vrtech (vrty PJ-1g-121A až PJ-1g-128 a PJ-1g-139 až PJ-1g-142) a ve všech měřených hloubkách v rozmezí 0 až 2 m, 2 až 4 m a 4 až 5 případně 6 m byly překročeny alespoň některé ze stanovených koncentrací indikačních hodnot znečištění pro PAU: Indikační hodnoty PAU pro zeminy jsou uvedeny v příloze č. 15 a v příloze č. 8 jsou v mapě vyznačeny vrty, ve kterých byly zjištěny nadlimitní koncentrace PAU. Nejvíce byly překračovány koncentrace

pro fenantren (limit HIZZ 0,08 mg/kg v sušině), ve vrtu PJ-1g-142 dosáhla koncentrace 2 180 mg/kg v sušině. Dále byly často překračovány koncentrace HIZZ pro benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perylen, indeno(c,d)pyren a benzo(a)antracen. Nejvíce stanovených koncentrací HIZZ bylo překročeno ve vrtu PJ-1g-139 v hloubce 0-2 metry. Z těžkých kovů byl překročen pouze limit HIZZ u arzenu (31,10 mg/kg v sušině) u vrtů PJ-1g-122, PJ-1g-123 a PJ-1g-127 vždy v hloubce 0-2 metry.

Sanační limit pro benzo(a)pyren **4 mg/kg** v sušině v zeminách stanovený v rámci AR Kladno východ, byl překročen ve těchto vrtech:

- PJ-1g-123, hloubka 0-2 metry, koncentrace 10 mg/kg v sušině,
- PJ-1g-124, hloubka 2-4 metry, koncentrace 7,010 mg/kg v sušině; hloubka 4-5 metrů, koncentrace 5,860 mg/kg v sušině
- PJ-1g-139, hloubka 0-2 metry, koncentrace 19,4 mg/kg v sušině; hloubka 2-4 m, koncentrace 12,2 mg/kg v sušině; hloubka 4-6 metrů, koncentrace 4,620 mg/kg v sušině
- PJ-1g-140, hloubka 2-4 metry, koncentrace 6,320 mg/kg v sušině
- PJ-1g-141, hloubka 0-2 metry, koncentrace 24,2 mg/kg v sušině; hloubka 4-6 metrů, koncentrace 4,630 mg/kg v sušině
- PJ-1g-142, 0-2 metry, koncentrace 23,8 mg/kg v sušině; hloubka 4-6 metrů, koncentrace 10,4 mg/kg v sušině
- PJ-1g-143, hloubka 2-4 metry, koncentrace 6,8 mg/kg v sušině

Sanační limit pro sumu PAU **1 000 mg/kg** v sušině v zeminách stanovený v rámci AR Kladno východ, byl překročen ve těchto vrtech:

- PJ-1g-139, hloubka 0-2 metry, koncentrace 1 660 mg/kg v sušině
- PJ-1g-141, hloubka 0-2 metry, koncentrace 2 990 mg/kg v sušině
- PJ-1g-142, hloubka 0-2 metry, koncentrace 4 250 mg/kg v sušině; hloubka 4-6 metrů, koncentrace 1 320 mg/kg v sušině

Indikační hodnota znečištění pro sumu PCB **740 µg/kg** v sušině pro zeminy stanovená v rámci AR Kladno východ, byla překročen ve těchto vrtech:

- PJ-1g-139, hloubka 0-2 metry, koncentrace 2 140 µg/kg v sušině
- PJ-1g-139, hloubka 2-4 metry, koncentrace 1 210 µg/kg v sušině
- PJ-1g-140, hloubka 0-2 metry, koncentrace 1 050 µg/kg v sušině
- PJ-1g-140, hloubka 2-4 metry, koncentrace 9 710 µg/kg v sušině
- PJ-1g-141, hloubka 0-2 metry, koncentrace 4 460 µg/kg v sušině
- PJ-1g-141, hloubka 4-6 metry, koncentrace 4 080 µg/kg v sušině
- PJ-1g-145, hloubka 0-2 metry, koncentrace 886 µg/kg v sušině

V následující tabulce č. 2 nadlimitních koncentrací polutantů v zeminách jsou hodnoty, které přesahují sanační limit pro benzo(a)pyren, PAU a indikační hodnotu znečištění pro sumu PCB, které byly stanoveny v rámci AR Kladno východ, zvýrazněny tučným písmem.

Tabulka 2: Nadlimitní koncentrace polutantů v zeminách

| Vrty překročení | Hloubka vrtu (m) | Maximální zjištěná kontaminace v objektu (koncentrace > HIZZ) |
|-----------------|------------------|---|
| PJ-1g-121A | 0-2 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,717 >0,21; benzo(g,h,i)perylene (mg/kg suš.) 0,455 >0,06; indeno(c,g)pyren (mg/kg suš.) 0,491 >2,1; fenantren (mg/kg suš.) 1,23 >0,08 |
| PJ-1g-121A | 2-4 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 1,110 >0,21; benzo(g,h,i)perylene (mg/kg suš.) 0,513 >0,06; fenantren (mg/kg suš.) 73,30 > 0,08; |
| PJ-1g-121A | 4-5,5 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 1,060 >0,21; benzo(g,h,i)perylene (mg/kg suš.) 0,696 >0,06; fenantren (mg/kg suš.) 24,2 >0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 3,530 > 2,1 |
| PJ-1g-122 | 0-2 | arsen (mg/kg suš.) 33 > 31,10; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 1,63 >0,21; benzo(g,h,i)perylene (mg/kg suš.) 0,116 >0,06; indeno(c,g)pyren (mg/kg suš.) 0,376 >2,1; fenantren (mg/kg suš.) 164 > 0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 6,46 > 2,1 |
| PJ-1g-122 | 2-4 | fenantren (mg/kg suš.) 2,490 >0,08 |
| PJ-1g-122 | 4-5 | fenantren (mg/kg suš.) 3,920 >0,08 |
| PJ-1g-123 | 0-2 | arsen (mg/kg suš.) 52,7 > 31,10; benzo(b)fluoranthen (mg/kg suš.) 7,79 > 2,1; benzo(a)pyren (mg/kg v suš.) 10,0 > 0,21 ; benzo(g,h,i)perylene (mg/kg suš.) 8,68 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 7,05 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 3,11 >0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 5,03 > 2,1 |
| PJ-1g-123 | 2-4 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 2,57 >2,1; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 3,43 >0,21; benzo(g,h,i) perylen (mg/kg suš.) 2,53 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 2,14 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 1,16 > 0,08 |
| PJ-1g-123 | 4-5 | benzo(g,h,i) perylen (mg/kg suš.) 0,166 >0,06 |
| PJ-1g-124 | 2-4 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 7,280 >2,1; benzo(a)pyren (mg/kg v suš.) 7,010 > 0,21 ; benzo(g,h,i) perylen (mg/kg suš.) 3,220 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 3,460 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 347 > 0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 21,2 > 2,1; naftalen (mg/kg suš.) 39,4 > 18 |
| PJ-1g-124 | 4-5 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 6,2 >2,1; benzo(a)pyren (mg/kg v suš.) 5,860 > 0,21 ; benzo(g,h,i) perylen (mg/kg suš.) 2,570 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 2,710 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 300 > 0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 17,6 > 2,1 |
| PJ-1g-125 | 0-2 | benzo(g,h,i)perylene (mg/kg suš.) 0,062 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 1,09 > 0,08 |
| PJ-1g-125 | 2-4 | fenantren (mg/kg suš.) 1,540 >0,08 |

| Vrty překročení | Hloubka vrtu (m) | Maximální zjištěná kontaminace v objektu (koncentrace> HIZZ) |
|-----------------|------------------|--|
| PJ-1g-125 | 4-5 | benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,088 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 1,540 > 4,250 |
| PJ-1g-126 | 0-2 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,413 > 0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,412 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 6,930 > 0,08 |
| PJ-1g-126 | 2-4 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,270 > 0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,225 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 2,590 > 0,08 |
| PJ-1g-126 | 4-5 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,256 > 0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,221 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 5,120 > 0,08 |
| PJ-1g-127 | 0-2 | arzen (mg/kg suš.) 39,8 > 31,10; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,076 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 1,310 > 0,08 |
| PJ-1g-127 | 2-4 | fenantren (mg/kg suš.) 0,115 > 0,08 |
| PJ-1g-127 | 4-5 | fenantren (mg/kg suš.) 0,379 > 0,08 |
| PJ-1g-128 | 0-2 | fenantren (mg/kg suš.) 0,895 > 0,08; |
| PJ-1g-128 | 2-4 | fenantren (mg/kg suš.) 0,731 > 0,08 |
| PJ-1g-128 | 4-5 | fenantren (mg/kg suš.) 0,868 > 0,08 |
| PJ-1g-139 | 0-2 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 20,3 > 2,1; benzo(k)fluoranten (mg/kg suš.) 22,7 > 21; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 19,4 > 0,21 ; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 9,14 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 11,2 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 675 > 0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 41,4 > 2,1; naftalen (mg/kg suš.) 458 > 18; suma PAU (mg/kg suš.) 1 660 > 1 000 ; PCB suma kong.(7) (µg/kg suš.) 2 140 > 740 |
| PJ-1g-139 | 2-4 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 12,4 > 2,1; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 12,2 > 0,21 ; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 6,9 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 7,180 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 366 > 0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 23,1 > 2,1; naftalen (mg/kg suš.) 175 > 18; PCB suma kong.(7) (µg/kg suš.) 1 210 > 740 |
| PJ-1g-139 | 4-6 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 4,730 > 2,1; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 4,620 > 0,21 ; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 1,840 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 2,490 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 307 > 0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 14 > 2,1; naftalen (mg/kg suš.) 91 > 18; PCB suma kong.(7) (µg/kg suš.) 1 720 > 740 |
| PJ-1g-140 | 0-2 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 3,94 > 2,1; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 3,62 > 0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 1,89 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 2,69 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 243 > 0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 9,65 > 2,1; naftalen (mg/kg suš.) 100 > 18; PCB suma kong.(7) (µg/kg suš.) 1 050 > 740 |
| PJ-1g-140 | 2-4 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 7,4 > 2,1; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 6,320 > 0,21 ; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 3,950 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 5,48 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 97,6 > 0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 10,8 > 2,1; naftalen (mg/kg suš.) 41,5 > 18; PCB suma kong.(7) (µg/kg suš.) 9 710 > 740 |
| PJ-1g-140 | 4-6 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,733 > 0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,312; > 0,06; fenantren |

| Vrty překročení | Hloubka vrtu (m) | Maximální zjištěná kontaminace v objektu (koncentrace> HIZZ) |
|-----------------|------------------|---|
| | | (mg/kg suš.) 53 >0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 2,33 >2,1; naftalen (mg/kg suš.) 20 >18 |
| PJ-1g-141 | 0-2 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 26,1 >2,1; benzo(k)fluoranten (mg/kg suš.) 31,2 >21; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 24,2 >0,21 ; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 10,6 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 11,4 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 737 >0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 79,5 >2,1; suma PAU (mg/kg suš.) 2 990 >1 000 ; PCB suma kong.(7) (µg/kg suš.) 4 460 >740 |
| PJ-1g-141 | 2-4 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,898 >0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,159 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 107 >0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 5,19 >2,1 |
| PJ-1g-141 | 4-6 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 6,18 >2,1; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 4,630 >0,21 ; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 2,9 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 92,7 >0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 11,7 >2,1; naftalen (mg/kg suš.) 20,8 >18; PCB suma kong.(7) (µg/kg suš.) 4 080 >740 |
| PJ-1g-142 | 0-2 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 26,5 >2,1; benzo(k)fluoranten (mg/kg suš.) 32,4 >21; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 23,8 >0,21 ; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 12,4 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 12,9 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 2 180 >0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 74,7 >2,1; naftalen (mg/kg suš.) 611 >18; suma PAU (mg/kg suš.) 4 250 >1 000 |
| PJ-1g-142 | 2-4 | benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,073 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 0,273>0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 31,8 >2,1 |
| PJ-1g-142 | 4-6 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 10,5 >2,1; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 10,4 >0,21 ; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 4,490 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 6,220 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 684>0,08; naftalen (mg/kg suš.) 309 >18; suma PAU (mg/kg suš.) 1 320 >1 000 |
| PJ-1g-143 | 0-2 | benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,323 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 2,050 >0,08; |
| PJ-1g-143 | 2-4 | benzo(b)fluoranten (mg/kg suš.) 5,860 >2,1; benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 6,8 >0,21 ; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 4,710 > 0,06; indeno(c,d)pyren (mg/kg suš.) 4,920 > 2,1; fenantren (mg/kg suš.) 501 >0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 15,1 >2,1; naftalen (mg/kg suš.) 157 >18 |
| PJ-1g-143 | 4-6 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,528 >0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,375 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 0,750 >0,08 |
| PJ-1g-144 | 0-2 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,402 >0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,265 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 8,170 >0,08 |
| PJ-1g-144 | 2-4 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,587 >0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,209 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 67,5 >0,08; benzo(a)antracen (mg/kg suš.) 2,690 >2,1 |
| PJ-1g-144 | 4-6 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,294 >0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,188 > 0,06; fenantren |

| Vrty překročení | Hloubka vrtu (m) | Maximální zjištěná kontaminace v objektu (koncentrace > HIZZ) |
|-----------------|------------------|--|
| | | (mg/kg suš.) 8,330 >0,08 |
| PJ-1g-145 | 0-2 | benzo(a)pyren (mg/kg suš.) 0,484 >0,21; benzo(g.h.i)perylene (mg/kg suš.) 0,338 > 0,06; fenantren (mg/kg suš.) 11,7 >0,08; PCB suma kong.(7) (µg/kg suš.) 886 >740 |
| PJ-1g-145 | 2-4 | fenantren (mg/kg suš.) 0,223 >0,08 |
| PJ-1g-145 | 4-6 | fenantren (mg/kg suš.) 0,322 >0,08 |

6.1.2 Podzemní voda

Vzorky podzemní vody byly odebírány staticky i dynamicky. V podzemní vodě byly koncentrace HIZZ stanovené AR Kladno východ překročeny ve vrtech PJ-1g-170A, PJ-1g-124, PJ-1g-126 a HV-1g-1 a to poměrně mírně, jak je patrné z tabulky č. 3. Výraznější je překročení limitu pro sumu PCB (0,17 µg/l) ve vrtech PJ-1g-124 a PJ-1g-126.

Tabulka 3: Nadlimitní koncentrace polutantů v podzemních vodách

| Vrty překročení | Způsob odběru | Maximální zjištěná kontaminace v objektu (koncentrace > HIZZ) |
|-----------------|---------------|--|
| PJ-1g-124 | dyn | NEL (mg/l) 1,61 >0,35; uhlovodíky C10 – C40 (mg/l) 1,60 >0,30; benzo(b)fluoranten (µg/l) 3,75 >0,029; benzo(k)fluoranten (µg/l) 1,93 >0,29; benzo(g.h.i)perylene (µg/l) 2,29 > 0,02; indeno(c,d)pyren (µg/l) 2,41 > 0,029; fenantren (µg/l) 138,3 >0,19; benzo(a)antracen (µg/l) 6,31 >0,13; chrysen (µg/l) 4,53 >2,9; naftalen (µg/l) 3,24 >0,14; PCB suma kong.(7) (µg/l) 14,9 >0,17 |
| PJ-1g-126 | dyn | benzo(b)fluoranten (µg/l) 0,395 >0,029; benzo(a)pyren (µg/l) 0,339 >0,02; benzo(g.h.i)perylene (µg/l) 0,0332 > 0,02; indeno(c,d)pyren (µg/l) 0,392 > 0,029; fenantren (µg/l) 1,879 >0,19; benzo(a)antracen (µg/l) 0,360 >0,13; naftalen (µg/l) 0,193 >0,14; PCB suma kong.(7) (µg/l) 10 >0,17 |
| HV-1g-1 | dyn | chrom (mg/l) 0,00442 >0,00172 |
| HV-1g-1 | stat | chrom (mg/l) 0,00229 >0,00172; kadmium (mg/l) 0,0252 >0,018; fenantren (µg/l) 0,370 >0,19 |
| PJ-1g-107A | stat | kyanidy celkové (mg/l) 6,56 >0,73; kyanidy volné (mg/l) 0,016 >0,01; NEL (mg/l) 0,64 >0,35; uhlovodíky C10 – C40 (mg/l) 0,64 >0,30; fenantren (µg/l) 0,880 >0,19; naftalen (µg/l) 0,250 >0,14 |

6.2 Aktuálně provedené průzkumné práce a laboratorní zkoušky

Pro zjištění koncentrací látek v podzemních vodách zájmového území, které mohou být zasaženy kontaminací z lokality, bylo nutné provést vzorkování těchto vod a následně nechat provést laboratorní zkoušky. Odběry vzorků pro průzkum

a následný sanační zásah se řídí Metodickým pokynem MŽP Vzorkovací práce v sanační geologii (MŽP 2006).

6.2.1 Průzkumné a vzorkovací práce

Cílem vzorkování bylo ověření obsahu ropných látek (C10 – C40), kyanidu, PAU, PCB, těžkých kovů a síranů v podzemní vodě. Ze všech objektů byly provedeny jednorázové odběry.

Pro odběr podzemní vody byly vybrány 3 monitorovací objekty vrty HJ-1g-3, HV-1g-1 a studna STD-1g-1. Následně byl v terénu nalezen další vrt, který se ale při provedení záměru hladiny podzemní vody ukázal suchý a dále se s ním nepracovalo. Vrty HJ-1g-3 a HV-1g-1 byly vyvrtány v roce 2013 v rámci zpracování AR Kladno východ a jsou na obrázcích č. 8 a 10. Studnu označovanou jako STD-1g-1 si nechal vyvrtat majitel pozemku, na kterém se studna nachází. Studna je na obrázku č. 9. Voda z této studny je uvažována jako užitková, především jako zdroj vody v případě požáru v areálu společnosti. Nově nalezený suchý vrt je na obrázku č. 11. V tabulce č. 4 přehled záměrů je uveden pod názvem „nový“.

Odběry vzorků vody byly provedeny dne 30. 1. 2019.

Obrázek 8: Foto monitorovací vrt HJ-1g-3



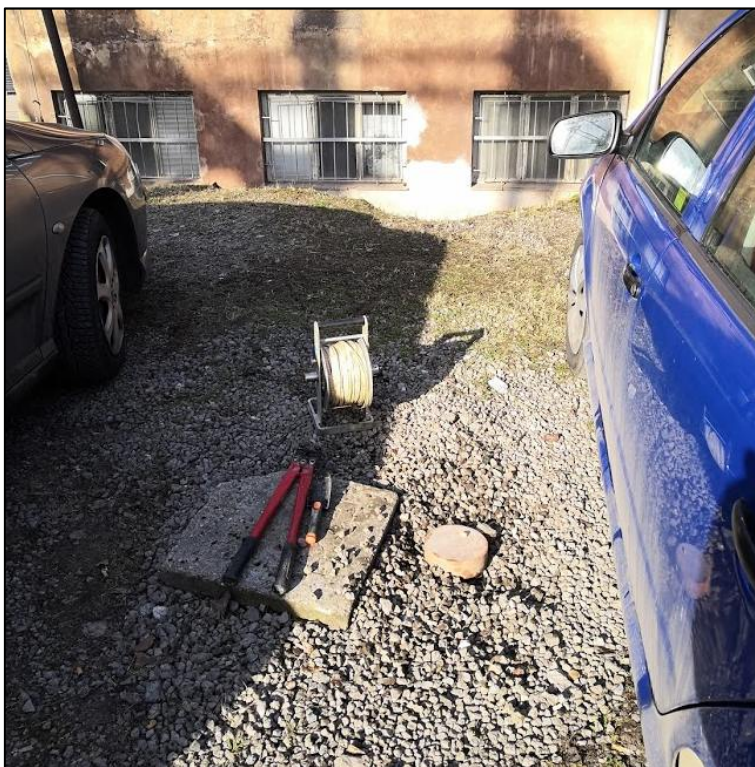
Obrázek 9: Foto monitorovací vrt STD-1g-1



Obrázek 10: Foto monitorovací vrt HV-1g-1



Obrázek 11: Foto monitorovací vrt „nový“



U všech objektů byl nejprve proveden záměr hladiny podzemní vody a zaměřena hloubka objektu. Průběh měření hladiny a hloubky podzemní vody je na obrázku č. 12. Tato zaměření byla provedena elektrokontaktním hladinoměrem s opticko-akustickou signalizací značky NPK Europe Mfg. s.r.o. Detail opticko-akustické signalizace je na obrázku č. 13.

Obrázek 12: Detail čidla akustické signalizace hladinoměru



Obrázek 13: Záměr hladiny podzemní vody



U vrtu HJ-1g-3 byly provedeny odběry vzorků staticky i dynamicky, u ostatních objektů pouze odběry statické. Při dynamickém odběru bylo provedeno čištění objektu objemovou metodou, tedy objem vody ve vrtu byl 3x vyměněn, než bylo přistoupeno k vlastnímu odběru vzorku. Hloubka odběru 24 m od odběrného bodu (dále jen „OB“). Odběrný bod 0,36 m od povrchu terénu. Před zahájením čištění objektu nebyla organolepticky patrná fáze ropných látek na hladině podzemní vody. Statické odběry byly prováděny objemovým vzorkovačem – přelivným válcem. Manipulace se vzorkem z objemového vzorkovače je vidět na obrázku č. 14.

Obrázek 14: přelévání vzorku z objemového vzorkovače do vzorkovnice



Dynamický odběr byl proveden vzorkovacím odstředivým čerpadlem značky Gigant poháněným přenosným akumulátorem.

Vzorky vod byly nalévány do vzorkovnic dodaných akreditovanou laboratoří VZ lab. s.r.o., IČ 27639991. Vzorkovnice určená pro vzorek na stanovení kyanidů byla naplněna konzervační přísadou.

Tabulka 4: Přehled záměrů hladin podzemní vody

| Název HG objektu | Hladina PV (m od OB) | Hloubka HG objektu (m od OB) | Vzdálenost OB od terénu (m) | Vnitřní průměr výstroje (mm) | Materiál výstroje | Typ HG objektu |
|------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|----------------|
| HJ-1g-3 | 4,79 | 30,97 | 0,36 | 145 | polyetylen | vert |
| HV-1g-1 | 6,91 | 10,07 | 0,00 | 150 | polyetylen | vert |
| nový | suchý | 10,05 | 0,00 | 150 | polyetylen | vert |
| STD-1g-1 | 6,02 | 10,05 | 0,10 | 150 | polyetylen | studna |

HG – hydrogeologický, OB – odběrný bod, PV – podzemní voda

Dále byl odebrán beton ze základu plynoměru, který byl předán laboratoří k analýze. Odběr proběhl pomocí kladiva, aby bylo možné ze základu plynoměru odštípnout kus o velikosti cca 20x15 cm. V laboratoří byl tento vzorek rozebrán pro možnost provést analýzu.

6.2.2 Výsledky laboratorních zkoušek

Vzorky vod byly analyzovány akreditovanou laboratoří č.1402 - VZ lab. s.r.o., IČ 27639991 .

V následujících tabulkách č. 5, 6 a 7 jsou uvedeny výsledky rozborů podzemní vody, které byly provedeny v rámci této diplomové práce (v tabulce označeny „DP 2019“), a pro porovnání jsou uvedeny i výsledky rozborů, které byly prováděny v rámci AR Kladno východ (v tabulce označeno „AR 2013“). Pro srovnání jsou zároveň uvedeny indikační hodnoty znečištění stanovené AR Kladno východ. S ohledem na skutečnost že v novém vrtu nebyla zastižena hladina podzemní vody, nejsou pro tento objekt uvedeny výsledky rozborů podzemní vody.

V tabulce č. 8 je rozbor betonu ze základu plynojemu.

Překročené koncentrace HIZZ jsou zvýrazněny červeně, koncentrace naměřené v rámci této diplomové práce, které jsou vyšší než koncentrace zjištěné v rámci AR Kladno východ (2013) jsou zvýrazněny modře. Pokud koncentrace zjištěné v rámci diplomové práce překročily koncentrace HIZZ i koncentrace naměřené v rámci Analýzy rizik Kladno východ (2013) jsou označeny žlutě.

Tabulka 5: Přehled analýz podzemní vody hydrogeologický objekt STD-1g-1

| polutant | jednotka | STD-1g-1 (DP 2019) | STD-1g-1 (AR 2013) | Indikační hodnota HIZZ (AR 2013) |
|------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|--|
| Sírany | mg/l | 984 | 1730 | |
| Kyanidy veškeré | mg/l | 0,012 | 0,008 | 0,73 |
| C10-C40 | mg/l | <0,05 | 0,20 | 0,30 |
| Arsen | mg/l | <0,002 | 0,00180 | 0,09 |
| Chrom | mg/l | <0,05 | 0,00050 | 0,00172 |
| Kadmium | mg/l | <0,0003 | 0,000850 | 0,018 |
| Naftalen | µg/l | 0,007 | 0,005 | 0,14 |
| Fenantren | µg/l | 0,021 | 0,010 | 0,19 |
| Antracen | µg/l | 0,003 | 0,001 | 11 000 |
| fluoranten | µg/l | 0,009 | 0,002 | 1 500 |
| Pyren | µg/l | 0,011 | 0,005 | 1 100 |
| Benzo(a)antracen | µg/l | 0,008 | 0,003 | 0,13 |
| Chrysen | µg/l | 0,006 | 0,002 | 2,9 |
| Benzo(b)fluoranten | µg/l | <0,005 | 0,001 | 0,029 |
| Benzo(k)fluoranten | µg/l | <0,005 | 0,001 | 0,29 |
| Benzo(a)pyren | µg/l | 0,005 | 0,001 | 0,02 |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyren | µg/l | <0,005 | <0,001 | 0,029 |
| Benzo(g,h,i)perylene | µg/l | <0,005 | 0,001 | 0,02 |
| PAU celkem | µg/l | 0,070 | 0,025 | |
| Suma PCB* | µg/l | <0,01 | <0,005 | 0,17 |

Poznámka: * suma kongenerů PCB₂₈, 52, 101, 118, 138, 153, 180

< hodnota stanovení se nachází pod mezí stanovitelnosti danou laboratoří

Tabulka 6: Přehled analýz podzemní vody hydrogeologický objekt HJ-1g-3

| polutant | jednotka | HJ-1g-3 d. (DP 2019) | HJ-1g-3 st. (DP 2019) | HJ-1g-3 d. (AR 2013) | Indikační hodnota HIZZ (AR 2013) |
|------------------------|----------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---|
| Sírany | mg/l | 184 | 146 | 240 | |
| Kyanidy veškeré | mg/l | <0,005 | <0,005 | <0,003 | 0,73 |
| C10-C40 | mg/l | <0,05 | <0,05 | 0,12 | 0,30 |
| Arsen | mg/l | <0,002 | <0,002 | 0,00369 | 0,09 |
| Chrom | mg/l | <0,05 | <0,05 | <0,00050 | 0,00172 |
| Kadmium | mg/l | <0,0003 | <0,0003 | <0,000050 | 0,018 |
| Naftalen | µg/l | 0,33 | 0,004 | 0,006 | 0,14 |
| Fenantren | µg/l | 0,025 | 0,005 | 0,096 | 0,19 |
| Antracen | µg/l | 0,006 | <0,002 | 0,014 | 11 000 |
| fluoranten | µg/l | 0,008 | <0,002 | 0,079 | 1 500 |
| Pyren | µg/l | 0,005 | 0,004 | 0,037 | 1 100 |
| Benzo(a)antracen | µg/l | <0,005 | <0,005 | 0,007 | 0,13 |
| Chrysen | µg/l | <0,005 | <0,005 | 0,004 | 2,9 |
| Benzo(b)fluoranten | µg/l | <0,005 | <0,005 | 0,003 | 0,029 |
| Benzo(k)fluoranten | µg/l | <0,005 | <0,005 | 0,002 | 0,29 |
| Benzo(a)pyren | µg/l | <0,005 | <0,005 | 0,003 | 0,02 |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyren | µg/l | <0,005 | <0,005 | 0,002 | 0,029 |
| Benzo(g,h,i)perylene | µg/l | <0,005 | <0,005 | 0,002 | 0,02 |
| PAU celkem | µg/l | 0,37 | 0,013 | 0,232 | |
| Suma PCB* | µg/l | <0,01 | <0,01 | <0,005 | 0,17 |

Poznámka: * suma kongenerů PCB28, 52, 101, 118, 138, 153, 180

< hodnota stanovení se nachází pod mezí stanovitelnosti

Tabulka 7: Přehled analýz podzemní vody hydrogeologický objekt HV-1g-1

| polutant | jednotka | HV-1g-1 d. (DP 2019) | HV-1g-1 st. (AR 2013) | HV-1g-1 d. (AR 2013) | Indikační hodnota HIZZ (AR 2013) |
|--------------------|----------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---|
| Sírany | mg/l | 456 | 957 | 1080 | |
| Kyanidy veškeré | mg/l | 0,026 | 0,023 | 0,020 | 0,73 |
| C10-C40 | mg/l | <0,05 | <0,10 | <0,10 | 0,30 |
| Arsen | mg/l | <0,002 | 0,00065 | 0,00166 | 0,09 |
| Chrom | mg/l | <0,05 | 0,00229 | 0,00442 | 0,00172 |
| Kadmium | mg/l | <0,0003 | 0,0252 | 0,000098 | 0,018 |
| Naftalen | µg/l | 0,006 | 0,025 | 0,031 | 0,14 |
| Fenantren | µg/l | 0,029 | 0,370 | 0,051 | 0,19 |
| Antracen | µg/l | 0,003 | 0,007 | 0,003 | 11 000 |
| fluoranten | µg/l | 0,004 | 0,326 | 0,033 | 1 500 |
| Pyren | µg/l | 0,003 | 0,143 | 0,025 | 1 100 |
| Benzo(a)antracen | µg/l | <0,005 | 0,019 | 0,007 | 0,13 |
| Chrysen | µg/l | <0,005 | 0,024 | 0,006 | 2,9 |
| Benzo(b)fluoranten | µg/l | <0,005 | 0,018 | 0,008 | 0,029 |
| Benzo(k)fluoranten | µg/l | <0,005 | 0,008 | 0,003 | 0,29 |

| polutant | jednotka | HV-1g-1 d. (DP 2019) | HV-1g-1 st. (AR 2013) | HV-1g-1 d. (AR 2013) | Indikační hodnota HIZZ (AR 2013) |
|----------------------------|----------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---|
| Benzo(a)pyren | µg/l | <0,005 | 0,012 | 0,003 | 0,02 |
| Indeno(1,2,3- c,d)pyren | µg/l | <0,005 | 0,010 | 0,004 | 0,029 |
| Benzo(g,h,i)perylene | µg/l | <0,005 | 0,010 | 0,003 | 0,02 |
| PAU celkem | µg/l | 0,045 | 0,922 | 0,135 | |
| Suma PCB* | µg/l | <0,01 | <0,005 | <0,005 | 0,17 |

Poznámka: * suma kongenerů PCB28, 52, 101, 118, 138, 153, 180

< hodnota stanovení se nachází pod mezí stanovitelnosti

V rámci terénní rekognoskace byl odebrán i vzorek betonové konstrukce základu plynojemu. Výsledek analýzy neprokázal významnější znečištění tohoto základu, a to jak PAU, tak PCB, popř. ropnými látkami. Vlastní betonový základ plynojemu tak není ve svrchní části ohrožením pro zdraví a životní prostředí.

Tabulka 8: Přehled analýzy betonu

| polutant | jednotka | Betonový základ (DP 2019) |
|------------------------|----------|---------------------------------|
| C10-C40 | mg/kg | 255 |
| Naftalen | mg/kg | 0,067 |
| Fenantren | mg/kg | 1,00 |
| Antracen | mg/kg | 0,034 |
| fluoranten | mg/kg | 2,7 |
| Pyren | mg/kg | 1,8 |
| Benzo(a)antracen | mg/kg | 0,58 |
| Chrysen | mg/kg | 0,55 |
| Benzo(b)fluoranten | mg/kg | 0,50 |
| Benzo(k)fluoranten | mg/kg | 0,26 |
| Benzo(a)pyren | mg/kg | 0,36 |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyren | mg/kg | 0,25 |
| Benzo(g,h,i)perylene | mg/kg | 0,27 |
| PAU celkem | mg/kg | 8,4 |

6.2.3 Shrnutí výsledků

Koncentrace kontaminantů zjištěných v podzemní vodě v rámci této diplomové práce ve vztahu k indikačním hodnotám znečištění stanovených AR Kladno východ nejsou překračovány, ale od měření provedeného v rámci AR byl zaznamenán velice mírný zhoršující se trend.

Pro stavební konstrukce (betonový základ) nebyl v rámci AR Kladno východ stanoven žádný sanační limita ani indikační hodnota. Pro zhodnocení míry

kontaminace betonu lze užít hodnoty pro zeminy. V takovém případě je možné konstatovat, že betonový základ je kontaminovaný podlimitně.

Z výše uvedeného vyplývá, že kontaminace je vázána především na horninové prostředí a primárně na jejich sanaci se bude studie proveditelnosti soustředit. Zároveň je patrné, že nedochází k významnému přestupu kontaminace z horninového prostředí do podzemních vod.

6.3 Shrnutí výsledků dosavadních (AR) i nově zjištěných (DP)

V rámci AR Kladno východ nebyla vzhledem k rozsahu tohoto materiálu většina lokalit podrobněji zpracována a interpretována. Z tohoto důvodu jsem v rámci této diplomové práce provedla kompletaci a zpracování a shrnutí výsledků všech dosud provedených prací.

Z geologického hlediska se zájmová lokalita nachází při okraji Kladensko-rakovnické pánve vyplněné převážně karbonskými sedimenty písčitého a jílovitopísčitého charakteru a okolních proterozoických břidlic náležejících do Kralupsko-zbraslavské skupiny. Tyto horniny jsou překryty kvartérními horninami charakteru spraší a lokálně i fluviálními sedimenty podél přítoků Dřetovického potoka. Zájmové území je silně antropogenně postiženo výstavbou plynojemu a okolních skladovacích a výrobních budov čili se ve svrchních partiích horninového prostředí nacházejí především navážky. Charvát (1975) zastihl inženýrskogeologickým průzkumem pro založení haly nacházející se 40 m východně od hrany základu plynojemu cca v 8,0 m p.t. jílovité břidlice svrchního proterozoika. Vrtem HJ-1g-3 umístěným cca 20 m západně od hrany plynojemu byly v podloží navážek a kvartérních sedimentů zastiženy šedočerné jílovité pískovce karbonu.

Lze předpokládat, že při budování plynojemu byly nadložní spraše a sprašové hlíny sejmuty a plynojem byl založen na podloží kvartéru. Z průzkumných prací vyplývá, že charakter antropogenně postiženého horninového prostředí je převážně jílovitý, popř. jílovito-písčitý s výskytem poloh plastických jílů, a naopak poloh zajílovaných písků. Tento vrstevní sled by indikoval pod plynojmem převažující podloží z proterozoických břidlic.

Z hydrogeologického hlediska nebyla ve většině nevystrojených vrtů řady PJ (vyvrtaných v rámci AR Kladno východ) naražena hladina podzemní vody. Pouze ve 2 objektech nastoupala hladina podzemní vody tak, že bylo možné odebrat jednorázově vzorek vody pro analýzy polutantů. Pro interpretaci výsledků laboratorních analýz jsou z hydrogeologického hlediska důležité následující údaje – vrt HJ-1g-3 je hluboký 31 m p.t., hladina podzemní vody byla naražena cca 24 m p.t.

tj. v podložních karbonských sedimentech a ustálila se 4,5 m od odměrného bodu, kterým je plastové zhlaví vrtu. Tento údaj dobře koresponduje s hodnotou naměřenou v roce 2019. Tento vrt je perforací otevřen v hloubkové úrovni 23–27 m p.t. tedy do prvního zvodnělého kolektoru karbonských sedimentů. Vydatnost vrtu při jeho čištění je udávána technickou zprávou AR Kladno východ 1 l/s. Tomu odpovídá i metodou slug-testu zjištěný koeficient filtrace $k 3,98 \cdot 10^{-6}$ m/s (Petráček a kol. 2013).

Rešerší technologie plynojemu systému MAN byly v rámci této práce upřesněny zdroje a zdrojová ohniska kontaminace a to:

- 6 ks jímek vně konstrukce plynojemu zajišťující odvodnění, čištění a přečerpávání těsnícího oleje plynojemu
- úniky ze sběrného žlábků těsnícího oleje při okraji plynojemu
- kondenzace látek typu PAU ze skladovaného plynu a souvisejících zařízení např. na čištění plynu atp.
- možná provozní a technologická nekázeň při provozu a údržbě plynojemu

Z interpretace výsledků vrtného průzkumu a laboratorních analýz provedených v rámci AR Ize s ohledem na limit nápravných opatření suma PAU doporučený limit suma PCB (ekologická rizika) odvodit následující závěry:

- Znečištění PAU a PCB není na lokalitě rozloženo stejnoměrně. Nadlimitní znečištění PAU lze vysledovat v různých hloubkových úrovních prakticky okolo celého plynojemu, znečištění PCB se nachází spíše na západní a jihovýchodní části plynojemu.
- Nejvíce znečištěnými sondami na lokalitě oběma polutanty jsou PJ-1g-139, PJ-1g-140 a PJ-1g-145, kde byly v hloubkové úrovni 0-6 m p.t. zjištěny jak nadlimitní koncentrace PAU, tak PCB.
- Kontaminace PAU převažuje v sondách PJ-1g-142, PJ-1g-143 a PJ-1g-123.
- Interpretací známých údajů těchto výsledků a zhodnocením parametrů horninového prostředí lze odvodit rozsah znečištění v okolí plynojemu jako cca kruh o šířce cca 11 m od vnější hrany základu plynojemu.

Z výsledků analýz koncentrace benzo(a)pyrenu, tedy z hodnocení zdravotních rizik lze odvodit následující závěry:

- Při využití území s následným využitím pro průmyslovou výrobu a služby je z hlediska zdravotních rizik nutná sanace území vymezeného pro eliminaci ekologických rizik viz předchozí bod.
- Pro sanaci zájmového území na limit benzo(a)pyrenu pro využití na plochu smíšeně obytnou – městskou je nutné sanovat plochu v úrovni 0-2 m p.t. v celém obvodu plynojemu a větší část jeho okolí. V sondách PJ-1g-125, PJ-1g-126, PJ-1g-127 a PJ-1g-128 zvýšené koncentrace bezbenzo(a)pyrenu zjištěny nebyly.

V rámci terénní rekognoskace byl odebrán i vzorek betonové konstrukce základu plynojemu. Výsledek analýzy neprokázal významnější znečištění tohoto základu, a to jak PAU, tak PCB, popř. ropnými látkami. Vlastní betonový základ plynojemu tak není ve svrchní části ohrožením pro zdraví a životní prostředí.

Koncentrace kontaminantů zjištěných v podzemní vodě v rámci této diplomové práce ve vztahu k indikačním hodnotám znečištění stanovených AR Kladno východ nejsou překračovány, ale od měření provedeného v rámci AR byl zaznamenán velice mírný zhoršující se trend. Z těchto údajů lze pro lokalitu odvodit další závěry:

- Z hlediska vyluhování polutantů do podzemních vod nedošlo za cca 6 let v zájmovém území k významnějšímu zhoršení kvality prvního zvodnělého horizontu, který je zastižen vrtem HJ-1g-3.
- Migrace polutantů z lokality Váňův kámen severním směrem k dalším sledovaným vrtům je opět dle zjištěných údajů nízká a nedošlo k významnějšímu zhoršení kvality těchto vod.
- Vlastní kontaminace, a to jak PAU, tak PCB zůstává tedy převážně sorbována na horninové prostředí v nejbližším okolí plynojemu.
- Dle všech dostupných údajů lze předpokládat, že horninové prostředí pod betonovým základem plynojemu není masivně kontaminováno. Primární zdroje znečištění byly umístěny na vnější straně plynojemu, podložní horniny jsou převážně jílovitého charakteru a směr proudění podzemních vod je severním, popř. severovýchodním směrem.

Při interpretaci provedeného průzkumu lze popsat následující nejistoty kterými jsou:

- Absence monitorovacích objektů podzemních vod východním a severovýchodním směrem kde dochází s největší pravděpodobností k přirozenému odvodnění lokality směrem k přítokům Dřetovického potoka.

- Absence dat o složení hornin v hloubkové úrovni 6-15 m p.t. a znečištění v podložních horninách.
- Absence podrobnějšího průzkumu znečištění benzo(a)pyrenem v zájmovém území.
- Absence údajů o způsobu založení plynoměru a případném znečištění pod tímto betonovým základem. Konstrukce základů plynoměru mohly být řešeny několika způsoby, a to jako základové patky s deskou nebo základy pro každý roh konstrukce se základem uprostřed kruhového základu (URL 1), ale v konkrétním případě Váňova kamene nejsou podklady ke způsobu založení základů dostupné.

7 DISKUZE – studie proveditelnosti

7.1 Definování cílů a cílových parametrů nápravných opatření

Cílem nápravných opatření je odstranění staré ekologické zátěže nesaturované a saturované zóny pocházející ze zařízení na skladování plynu v zájmovém území, a to s ohledem na zjištěná ekologická a zdravotní rizika.

V rámci studie proveditelnosti bude posuzován sanační zásah s ohledem na další využití zájmového území. Platný územní plán Statutárního města Kladna předpokládá využití zájmového území jako zónu smíšeně obytnou – městskou a pro toto využití byl AR Kladno východ stanoven sanační limit pro benzo(a)pyren 0,6 mg/kg sušiny v úrovni 0-2 m p.t. V případě změny na využití území výrobní či smíšeně výrobní je nutné dosažení stanovených sanačních limitů pro benzo(a)pyren 4 mg/kg sušiny. Vrtky s překročením obou těchto limitů jsou vyznačeny v přílohách č. 11 a 12.

Při sanaci bude nutné dále dodržet i další stanovené limity pro eliminaci ekologických rizik 1 000 mg/kg sušiny pro sumu PAU a odstranění fáze PAU na hladině podzemní vody.

Lokalita Váňuv kámen je zatížena i vysokými koncentracemi PCB a z hlediska odstranění tohoto znečištění bude nutné pro realizaci sanačních prací stanovit „pracovní“ limit pro nápravná opatření. Pro zpracování studie proveditelnosti bude využit stanovený limit HIZZ, který odpovídá Metodickému pokynu MŽP Indikátory znečištění (2013) pro parametr suma PCB:

- průmyslově využívané území 0,740 mg/kg
- ostatní plochy 0,22 mg/kg

V přílohách č. 8, 9 a 10 jsou vyznačeny vrtky, ve kterých byly vzorkováním zemin v jednotlivých hloubkových intervalech zjištěny nadlimitní koncentrace PAU (1 000 mg/kg) a PCB pro průmyslově využívané území (0,740 mg/kg) a ostatní plochy (0,22 mg/kg).

7.2 Základní varianty koncepce (strategie) nápravných opatření

Vymezení základních koncepčních variant nápravných opatření vychází z výsledků laboratorních analýz, charakteru kontaminace a druhu kontaminantů a závěrů AR Kladno východ a dále z požadavků Metodického pokynu MŽP Zásady zpracování studie proveditelnosti opatření pro nápravu závadného stavu kontaminovaných lokalit (2007).

Pro hodnocení byly použity všechny základní přístupy požadované Metodickým pokynem MŽP (2007) a v kontextu lokality je to množina postupů, která zahrnuje i veškeré varianty doporučené AR Kladno východ.

Jedním z cílů práce je posouzení koncepčních variant s ohledem na možnosti dalšího využití celého území, které z jedné strany přiléhá k zástavbě rodinných domů a z druhé k výrobním a skladovacím areálům. Přehled koncepčních variant je uveden v tabulce č. 9. Náklady na realizaci nápravných opatření se v závislosti na volbě sanačních limitů dle budoucího plánovaného využití území mohou významně lišit dle koncentrací benzo(a)pyrenu zjištěných při doprůzkumu v rámci projektové přípravy.

Tabulka 9: Základní posouzení koncepčních variant

| Koncepční varianta/uzemní plán | Využití území – SM | Využití území – VS |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| Nulová varianta | NE | NE |
| Institucionální kontrola | NE | NE |
| Dekontaminace | ANO | ANO |
| Zapouzdření kontaminace | částečně | částečně |
| Přirozená atenuace | NE | NE |

SM – plochy smíšené obytné – městské, VS – plochy výroba a služby

7.2.1 Nulová varianta

Nulová varianta je referenční základnou pro posouzení při porovnávání ostatních variant.

Varianta uvažuje se situací, že v zájmovém území nebudou provedena žádná nápravná opatření a bude ponecháno bez jakéhokoliv sanačního zásahu či monitoringu vývoje kontaminace. Tato varianta bude v důsledku znamenat postupné šíření závadných látek PAU a PCB směrem k odvodnění podzemních vod do vodního toku, v tomto případě k přítokům Dřetovického potoka. Zároveň bude přetrvávat prašnost, která bude znamenat neustálé uvolňování kontaminace do ovzduší.

Nulová varianta, tedy ponechání území bez jakéhokoliv zásahu, je možná pouze za značného omezení přístupu osob (zaměstnanců) na území celé lokality a zamezení přístupu jiných neoprávněných osob. Z hlediska nákladů nulové varianty

je nutné zajistit pouze oplocení celé lokality, aby nedocházelo k znehodnocování pozemků nelegálním skládkováním komunálních odpadů apod.

Zachování aktuálního stavu je s ohledem na další rozvoj území nežádoucí, využití pro obytné účely dle územního plánu by bylo nemožné s ohledem na zdravotní rizika a využití pro výrobní účely či služby by bylo značně omezené. Zároveň tato varianta nezajistí žádnou institucionální kontrolu ekologické zátěže.

Nulovou variantu nelze doporučit k dalšímu posuzování.

7.2.2 Institucionální kontrola

Institucionální kontrola funkčního využívání území a složek životního prostředí ovlivněných kontaminací může zahrnovat:

- Administrativní omezení vstupu do území (pohyb osob a činnosti).
- Administrativní omezení stavebních prací – doporučuje i Petráček a kol. (2013) – veškeré stavební a související zemní práce v místě identifikovaných ohnisek kontaminace povolovat až po doložení způsobu likvidace ekologické zátěže a prokázání dosažení cílových parametrů sanačních prací.
- Monitoring šíření kontaminace podzemními vodami prováděný odběrem a analýzami vzorků a záměry hladin podzemní vody.
- Monitoring kvality povrchových vod prováděný odběrem vzorků např. na profilech, které byly vzorkovány v rámci AR Kladno východ.

Z hlediska rozvoje území varianta institucionální kontroly nepředstavuje žádný reálný posun v řešení staré ekologické zátěže. Omezení pohybu osob vyplývající ze zvýšených koncentrací benzo(a)pyrenu v přípovrchové vrstvě půdy nebudou eliminována, pouze administrativně vyhlášena.

Institucionální realizace monitoringu lokality je žádoucí. Od dokončení AR Kladno východ žádný monitoring v zájmovém území na vrtech zbudovaných v rámci tohoto průzkumu neprobíhal.

Varianta řešení institucionální kontrolou nebude s ohledem na územní plán a společenskou neakceptovatelnost **dále posuzována.**

7.2.3 Dekontaminace

Při této variantě se uvažuje o odstranění polutantů z horninového prostředí a pozemních vod, a to na předepsané limity nápravných opatření. Pro posouzení varianty je podstatný technický způsob řešení, způsob likvidace vzniklých odpadů a posouzení nákladů na dosažení sanačních limitů stanovených pro následné využití území smíšené obytné – městské či plochy výroby a služeb.

Odstranění zdrojů kontaminace na hodnotu limitů nápravných opatření řeší definitivně veškerá rizika bez nejistot a umožňuje další vhodnější využití lokality.

Provedení dekontaminace na jiné (přísnější) limity dané např. požadavky vyhlášky č. 252/2004 Sb., v platném znění na kvalitu pitné vody či splnění veškerých požadavků vyhlášky MŽP č. 294/2005 Sb., v platném znění pro ukládání materiálů na povrch terénu je ekonomicky příliš náročné a jejich financování by nebylo reálné.

Varianta dekontaminace lokality řeší veškerá rizika a bude zahrnuta do dalšího posuzování.

7.2.4 Zapouzdření kontaminace

Tato varianta řešení staré ekologické zátěže zahrnuje řadu stavebně technických opatření pro eliminaci možných rizik a musí zahrnovat jak eliminaci zdravotních rizik, tak eliminaci ekologických rizik. Principiálně lze dle Vaníčka (2002) při řešení enkapsulace (geokontejnmentu) rozlišit následující těsnící prvky:

- povrchové těsnění
- svislé těsnící prvky
- spodní těsnění

Vzhledem k charakteru staré ekologické zátěže a geologického prostředí na řešené lokalitě bude nutné zajistit realizaci či správnou funkci všech tří prvků, a to včetně zajištění odvodu srážkových vod.

Zapouzdření kontaminace však omezuje možnosti dalšího využití území, a to spíše pro skladovací účely či drobnou výrobu. Na území geokontejnmentu nebude možné realizovat zásahy do svrchních vrstev např. při budování základů obytných budov či inženýrských sítí.

Varianta enkapsulace bude zahrnuta do dalšího posouzení, i když nelze vyloučit, že neeliminuje veškerá rizika.

7.2.5 Přirozená atenuace

Termínem přirozená atenuace lze dle Šráčka a kol. (2001) označit pokles koncentrace kontaminantů, který může být destruktivní nebo nedestruktivní. Za nedestruktivní jsou označovány fyzikální procesy vedoucí ke snížení úrovně znečištění jako jsou disperze, difuze, ředění atp., kdy nedochází k vlastnímu rozkladu chemických látek. Za destruktivní lze označit procesy, které zahrnují snížení hmoty i koncentrace kontaminantu, takovým procesem je např. biodegradace.

Procesy přirozené atenuace se v případě volby tohoto řešení pouze sledují tzn. na lokalitě je nutné zbudovat další monitorovací objekty, a to především

monitorovací objekty podzemních vod. Situování těchto vrtů je nutné jak v ohnisku, tak mimo ohnisko v předpokládaných směrech proudění podzemních vod.

Vhodnost využití procesů přirozené atenuace pro řešení nápravných opatření na lokalitě je nutné posuzovat i s ohledem na typ převažujících polutantů, tedy látek typu PAU a PCB. Zejména u látek typu PCB probíhá dle Šrédlové (2015) rozklad PCB v přirozených ekosystémech velmi pomalu a v jeho průběhu dochází ke změně kongenerového složení. Poločas rozpadu PCB v půdě a sedimentech se odhaduje na desítky let. Zároveň přirozená atenuace neřeší snížení prašnosti a s ní spojený přestup kontaminace do ovzduší.

S ohledem na přítomnost PCB je varianta řešení lokality procesy přirozené atenuace nereálná až nevhodná. Pro její realizaci by bylo nutné provádět monitoring podzemních a povrchových vod v zájmovém území a jeho okolí.

Přirozená atenuace nebude s ohledem na uvedené skutečnosti dále posuzována.

7.3 Identifikace vhodných sanačních technik a technologií

Identifikace vhodných sanačních technologií je členěna dle variant navržených k dalšímu posuzování. Dosažení sanačních limitů pro různé druhy následného využití území – smíšeně obytnou městskou zónu nebo zónu výroby a služeb bude dáno především rozsahem prací.

7.3.1 Dekontaminace

Sanační postupy dekontaminace horninové prostředí na lokalitě Váňuv kámen je možné rozdělit na postupy:

1. dekontaminace ex-situ
2. dekontaminace in-situ
3. kombinace metod dekontaminace in-situ a ex-situ

7.3.1.1 Dekontaminace ex-situ

Metodický postup dekontaminace ex-situ bude zahrnovat dva na sebe navazující kroky, a to vymístění znečištěných materiálů a odčerpání podzemních vod mimo lokalitu a následná likvidace vzniklých odpadů.

Vlastní vymístování zemin lze realizovat běžně dostupnou strojní technikou (bagry, nakladače atp.) a to při zabezpečení vzniklé stavební jámy s ohledem na statické zajištění. Vzhledem k hloubkovému dosahu kontaminace, kdy je ověřeno znečištění do 6 m p.t. a lze tedy očekávat odtěžbu do cca 9 mp.t., je zajištění stavební jámy nezbytnou nutností.

Mezi nejběžnější metody používané k zajištění stavební jámy patří:

- záporové pažení
- mikrozáporové pažení
- pilotové stěny

Použitá technologie zajištění stavební jámy by neměla významněji komplikovat další využití území po ukončení sanačních prací, a musí tedy jít o technologii zabezpečení stavební jámy jednoduše odstranitelnou. Z tohoto hlediska lze za nejvýhodnější považovat záporové pažení (tzv. berlínské). Je to metoda dočasného pažení stěn stavebních jam nad hladinou podzemní vody, a proto při použití tohoto systému bude nutné snížení hladiny podzemní vody čerpáním přímo ze stavební jámy či z okolních vrtů.

Zápory jsou prvky z válcovaných ocelových profilů, které jsou do horniny osazeny buď do předhloubených vrtů, nebo jsou zaberaněny (zavibrovány) pod úroveň budoucího dna stavební jámy. Jako zápory se nejčastěji používají ocelové profily tvaru I x U či jejich svařence nebo profily HEB. Při osazování zápor musí být dodrženy jejich vzájemné vzdálenosti navržené dle statického výpočtu (obvykle 1,8 až 2,5 m) a jejich svislosti orientace při osazení. Zápora osazená do vrtu se fixuje betonem nižší pevnostní třídy v hloubce pod úrovní dna budoucí stavební jámy a zásypem stabilizovaného materiálu až do úrovně stávajícího terénu. Má-li být zápora po skončení své funkce z vrtu vytažena, musí být ošetřena proti přilnutí betonu (URL 10).

O finálním způsobu zabezpečení stavební jámy je nutné rozhodnout na základě doplňujícího vrtného průzkumu a statického posouzení v rámci projekčních prací sanace.

Při vymisťování zemin ze stavební jámy a následný výběr technologií a metody likvidace vzniklých odpadů lze odpady rozdělit do následujících kategorií:

- podlimitně kontaminované zeminy ve všech parametrech
- nadlimitně kontaminované zeminy:
 - § zeminy znečištěné nadlimitně PAU
 - § zeminy znečištěné nadlimitně PCB
 - § zeminy znečištěné nadlimitně PAU a PCB
- odčerpané znečištěné podzemní vody

K zajištění rozdělení kontaminovaných zemin do jednotlivých kategorií je nutný podrobný sanační monitoring.

Podlimitně kontaminované zeminy budou po ověření kvalitativních parametrů ponechány na lokalitě ke zpětnému zásypu.

Zeminy znečištěné převážně PAU je možné likvidovat především biodegradací a nejvíce znečištěné zeminy budou stabilizovány do ex-situ na externím zařízení. Likvidace kontaminovaných zemin skládkováním je nejméně žádoucí. Termická likvidace zemin znečištěných PAU je technicky možná pouze při absolutním obsahu PAU větším než 80 %. Zeminy nadlimitně znečištěné PCB je možné likvidovat pomocí následujících metod:

- Klasickou a univerzální metodou zneškodňování PCB odpadů je spalování, zejména pokud jsou obsazeny v hořlavé matici (kontaminované oleje), což na řešené lokalitě nelze očekávat.
- Fluidní tepelně chemická destrukce spočívající v rozkladu PCB za vysokých teplot uvnitř tzv. fluidní vrstvy v oxidační atmosféře za přídavku vhodných přísad způsobujících dechloraci PCB.
- Dechlorace kapalných PCB odpadů sodíkem, jde o odstranění atomů chlóru z molekuly polychlorového bifenyly. Hlavní výhodou dechlorace je, že neprodukuje žádné vedlejší toxické látky, umožňuje snížit obsah PCB prakticky na nulu, je nedestruktivní ve vztahu k dekontaminovanému materiálu a investičně nenáročná. Nevýhodou je použití snadno zápalného kovu (iniciace vzdušnou vlhkostí). Z ekonomických důvodů je rozsah této metody omezen na zneškodňování odpadů s obsahem PCB do cca 8000 mg/kg. Tento proces byl vyvinut v ČR a je patentově chráněn. Metoda je perspektivní především pro zneškodňování kontaminovaných izolačních olejů v ekletických zařízeních – transformátorech, které pravděpodobně představují rozhodující podíl odpadů s PCB.
- Technologie BCD je založena na chemické reakci atomů chlóru v molekule bifenyly s alkáliemi (hydroxid sodný, uhličitan sodný) za přídavku chráněného katalyzátoru a donoru vodíku, za zvýšených teplot a tlaku, v dusíkové atmosféře. Výhodou této metody je především možnost zpracovávat kapaliny o vysokém obsahu vlhkosti, o vysoké hodnotě obsahu PCB (až do 15 % hmotnostních) a zpracování tuhých odpadů (vnitřku kondenzátorů, transformátorů). Při této metodě nedochází ke tvorbě žádných toxických meziproductů. Nevýhodou je nutnost práce v dusíkové atmosféře za zvýšeného tlaku. Tato technologie byla vyvinuta a komerčně využita v 80. letech v USA pro dekontaminaci transformátorových olejů (společnost S.D.

Meyers). Výhodné je opět spojení s regenerací a filtrací oleje v mobilním provedení.

- Vývoz do země s vhodným zařízením (v našem regionu jsou to většinou země EU). Vývoz do zahraničí je ošetřen příslušnou legislativou EU. Tato možnost se týká především celých zařízení (např. pevné části transformátorů – kovy, papír, dřevo, lepenka), kde nelze použít jinou metodu dekontaminace používanou v tuzemsku.
- Promývání roztokem tenzidu je jednou z možností odstranění PCB z tuhých odpadních materiálů, jako jsou zeminy, sedimenty a kaly. Uvedená technika je známa řadu let spíše ve vyspělých zemích kde, již byla v několika lokalitách aplikována.
- Skládkování je konzervativní technologie, která problém zneškodnění pouze odsouvá do budoucna. Zvláště nežádoucí je skládkování vyprázdněných elektrotechnických zařízení, protože po prorezavění plášťů může dojít k úniku zbytků PCB do tělesa skládky, a tím i do prostředí. V ČR je umožněno ukládání tuhého odpadu s obsahem PCB do 100mg/kg na vybrané skládky. Hlavní výhodou jsou nižší cenové náklady. Vzhledem k budoucím rizikům, mnohdy i obtížně definovatelným, je tato metoda vhodná především pro velké objemy nízko kontaminovaných materiálů (cca pod 10 mg/kg) jako jsou zemina, stavební suť atd., kde by jiné metody dekontaminace byly ve vztahu k míře kontaminace neúměrně drahé (URL 11).

Pro řešení kontaminace PCB jílovitých až jílovotopísčitých zemin přichází v České republice v koncentraci 0,22 – 9,7 mg/kg sušiny do úvahy z výše uvedených možností pouze skládkování. Termicky lze v České republice likvidovat pouze oleje s obsahem PCB. Pro zeminy znečištěné PAU a PCB je možné použít výše uvedené metody pro likvidaci PCB.

Šrédlová (2015) ve své práci uvádí, že vyčištění odčerpané podzemní vody znečištěné PCB je možné především za použití sorbentů – aktivní uhlí, bentonit a různé polymery. Pro vyčištění vody bude z hlediska nákladů nejjednodušší použití sanační stanice umístěné na lokalitě, obsahující základní stupně pro účinnou dekontaminaci podzemních vod a to akumulaci, gravitační separaci, popř. separaci na sorbent typu fibroil, aeraci se záchytem vzdušiny na aktivní uhlí, přečištění vody na filtrech s náplní aktivního uhlí a popř. biotechnologický stupeň pro konečné dočištění. Takto složená sanační technologie bude při dostatečné kapacitě účinná pro oba hlavní polutanty.

7.3.1.2 Dekontaminace in-situ

Technicky zahrnuje postup sanace in-situ vybudování plošného zasakovacího objektu, zbudování sítě zasakovacích a jímacích vrtů, osazení technologie dekontaminace čerpaných vod přímo na lokalitě, osazení technologie pro přípravu a aplikaci látek a činidel do zasakované vody, popř. do horninového prostředí. Technologii sanace in-situ bude nutné doplnit hydraulickou clonou vně zájmového území, která by zamezila odtoku závadných látek z lokality, a monitorovacím systémem vlivu sanačního zásahu na okolní ekosystémy.

Metodicky tedy půjde o následující sanační technologie:

- vymývání sorbovaných PAU a PCB vodou a chemickými činidly
V této metodě se do půd zapravují povrchově aktivní látky (kyseliny, zásady, alkoholy), které jsou schopny rozpouštět nebo měnit povrchové vlastnosti polutantů a převádět je do roztoku, nebo narušit sorpční vazby škodlivých látek s pevnými částicemi horninového prostředí. Vymývací roztok se jímá a po přečištění se posílá znovu do oběhu. Použití této metody je podmíněno dostatečnou propustností horninového prostředí. Jsou-li znečišťující látky dobře rozpustné ve vodě používá se k vymývání voda. Zvýšení účinku se do vody přidávají vodné roztoky látek dle charakteru kontaminace (Kycil v Matějů 2006).
- biodegradace zemin znečištěných PAU in-situ
Tato metoda využívá degradační či transformační aktivity v půdě přirozených nebo do ní vnesených mikroorganismů. Škodliviny jsou rozloženy na jednoduché neškodné látky. Aktivita přirozených mikroorganismů se stimuluje dodáním roztoku živin nebo se do kontaminovaného prostředí zapouští roztoky heterotrofních substrátů. V případě nízké aktivity autochtonních mikroorganismů se půda naočkuje autochtonními kmeny s vysokou degradační aktivitou. V případě očkování mikroorganismy se z půdy odčerpává kyslík a může nastat anaerobní prostředí. Proto je nejčastější podporou aerobních degradačních procesů zapravení kyslíku do půdy, tzv. bioventing (Matějů v Matějů 2006a).
- venting a bioventing
Do nesaturované zóny se zapravuje kyslík vháněním nebo odsáváním vzduchu ventigovými vrty, aby se dosáhlo zvýšené koncentrace kyslíku a bylo dosaženo zlepšení podmínek pro biologický rozklad kontaminantů. Podmínkami úspěšného bioventingu jsou dostatečná rychlost vzduchu při průchodu nesaturovanou zónou, aby byly zajištěny aerobní podmínky

a dále musí být v dané lokalitě přítomny mikroorganismy schopné odbourávat daný kontaminant (Matějů v Matějů 2006b).

- rozklad PAU a PCB chemickými činidly (oxidace, reduktivní dechlorace)
Princip této metody spočívá v infiltraci vodného roztoku oxidačního činidla do nenasycené zóny tak, aby došlo k destrukci přítomných kontaminantů. Konečnými produkty těchto reakcí jdou v závislosti na použité oxidační činidlo oxid uhličitý, voda, sloučeniny železa a oxidy manganu (Siegriest 2001). Pro tuto metodu je třeba navrhnout a instalovat vhodný systém zasakování oxidačního činidla, kdy systém většinou sestává ze zasakovacích vrtů nebo drénů (Kubal v Matějů 2006). Pro PAU je vhodným oxidačním činidlem Fentonovo činidlo, což je směs peroxidu vodíku a železnatých iontů nebo samotný peroxid vodíku a dále ozon.
- podpora procesů přirozené atenuace
Podporu přirozené atenuace je možné využívat při odstraňování kontaminace PAU.

Vzhledem k podmínkám lokality bude pro realizaci sanace in-situ nutná řada testů a laboratorních zkoušek ověřující účinnost zásahu a dále bude nutné ověřit aplikované koncentrace látek přímo na lokalitě plynojemu Váňův kámen.

7.3.1.3 Kombinace metod dekontaminace in-situ a ex-situ

Varianta kombinace metod in-situ a ex-situ zahrnuje z metodického hlediska všechny v předchozím textu popsané sanační technologie, ale v účelné kombinaci eliminující možná rizika realizace sanačního zásahu v podmínkách zájmového území. Za účelný lze považovat následující postup:

- řízená odtěžba kontaminovaných a nekontaminovaných zemin a statické zabezpečení stavební jámy do hloubky 6 m pod terénem (ověřená úroveň znečištění),
- zpětný zásyp inertním materiálem, který svojí propustností bude odpovídat okolnímu horninovému prostředí,
- vybudování systému zasakovacích vrtů pro aplikaci látek a činidel pod hloubkovou úroveň 6 m p.t.,
- vybudování systému jímacích vrtů,
- instalace sanační technologie pro dekontaminaci čerpaných vod a technologie pro přípravu a aplikaci látek a činidel do zasakované vody,
- vybudování systému hydraulické ochrany a monitoringu.

Hlavní výhodou kombinace obou sanačních metod je kompletní vymístění kontaminovaných materiálů v hloubkovém horizontu 0-6 m p.t. tedy předpokládaných ohnisek kontaminace, u které lze předpokládat sorpci na jílové polohy v horninovém prostředí. Aplikace in-situ bude provedena pouze na dočištění spodních, pro aplikaci in-situ vhodnějších, poloh horninového prostředí (lépe propustné písčité polohy). Odtěžba zemin ve větších hloubkách je náročnější na statické zajištění, organizaci odtěžby a celkovou plochu nutnou pro realizaci těžby kontaminovaných zemin.

7.3.2 Zapouzdření kontaminace / geokontejnment

Z metodického hlediska lze v případě zapouzdření kontaminace zvažovat pouze technické metody provedení těsnících prvků a kombinaci materiálů použitých k těsnění. Tyto metody zpracované dle Vaníčka (2002) jsou shrnuty v následující tabulce č. 9.

Tabulka 10: Metody těsnění a těsnící materiály pro realizaci geokontejnment

| Typ těsnícího prvku | Technologie těsnění | Těsnící materiál |
|---|---|--|
| povrchové těsnění | jílová těsnící vrstva | |
| | foliové těsnění | |
| | bentonitové matrace | |
| | kapilární bariera s cementem aktivovaným popílkem | |
| svislé těsnící prvky – podzemní těsnící stěna | těžené | cementová směs |
| | | jílocementová betonová směs (plastický beton) |
| | | jílocementová směs |
| | vrtané | cementová směs |
| | | jílocementová betonová směs (plastický beton) |
| | | jílocementová směs |
| | trysková injektáž | cementová směs |
| | | jílocementová betonová směs (plastický beton) |
| | | jílocementová směs |
| spodní těsnění | klasická / trysková injektáž | cementová suspenze |
| | | jílocementová suspenze |
| | | chemické směsi |

Současné technologie umožňují realizaci všech prvků geokontejnmentu a pro využití této technologie nejsou v zájmovém území zásadnější technické komplikace. Průzkumnými pracemi je nutné detailně dopřesnit pouze vertikální a horizontální dosah kontaminace a tím i konstrukční parametry geokontejnmentu.

7.4 Kvantifikace ploch a objemů k realizaci nápravných opatření

Kvantifikace ploch a objemů k realizaci nápravných opatření vychází z provedené interpretace výsledků průzkumných prací a návrhu jednotlivých variant a úrovní sanačního zásahu. Na lokalitě bylo vymezeno 6 samostatných sektorů k odtěžbě. Jejich plocha, objem a předpokládané množství vzniklých odpadů je shrnuto v následujících tabulkách č. 11 a 12 dle jednotlivých uvažovaných variant nápravných opatření. Vymezení jednotlivých sektorů je graficky znázorněno v příloze č. 13.

Tabulka 11: Plocha sektorů a specifikace kubatur pro variantu ex-situ dekontaminace pro obytnou zónu

| Sektor | Plocha | Odtěžba do | Kontaminant | Kubatura k sanaci | K odtěžbě | nadlimitně kontaminované | Vzniklých odpadů |
|-------------------|----------------|------------|-------------|-------------------|-----------|--------------------------|------------------|
| | m ² | m p.t. | | m ³ | Tun | % | tun |
| 1 | 674 | 10 | PAU, PCB | 6 740 | 12 132 | 70 % | 8 492 |
| 2 | 259 | 2 | PAU, PCB | 518 | 932 | 90 % | 839 |
| 3 | 560 | 10 | PAU | 5 600 | 10 080 | 85 % | 8 568 |
| 4 | 219 | 2 | PAU | 438 | 788 | 80 % | 631 |
| 5 | 219 | 10 | PAU, PCB | 2 190 | 3 942 | 85 % | 3 351 |
| 6 | 4 405 | 2 | BaP | 8 810 | 15 858 | 20 % | 3 182 |
| základ plynobjemu | 2 221 | 2,5 | - | 5 554 | 11 108 | 0 % | |

Tabulka 11 shrnuje plochy, kubatury k odtěžbě o odhad množství vzniklých odpadů pro variantu ex-situ dekontaminace, kdy je předpokládána odtěžba do 10 m p.t. K přepočtu m³ na tuny byl v případě kontaminovaných zemín použit koeficient 1,8 a v případě betonů koeficient 2.

Tabulka 12: Plocha sektorů a specifikace kubatur pro varianty kombinované ex-situ a in-situ dekontaminace pro obytnou a průmyslovou zónu

| Sektor | Plocha | Odtěžba do | Kontaminant | Kubatura k sanaci | K odtěždě | nadlimitně kontaminované | Vzniklých odpadů |
|--------|----------------|------------|-------------|-------------------|-----------|--------------------------|------------------|
| | m ² | m p.t. | | m ³ | tuny | % | tuny |
| 1 | 674 | 6 | PAU, PCB | 4 044 | 7 279 | 70 % | 5 095 |
| 2 | 259 | 2 | PAU, PCB | 518 | 932 | 90 % | 839 |
| 3 | 560 | 6 | PAU | 3 360 | 6 048 | 85 % | 5 141 |
| 4 | 219 | 2 | PAU | 438 | 788 | 80 % | 631 |
| 5 | 219 | 6 | PAU, PCB | 1 314 | 2 365 | 85 % | 2 010 |
| 6 | 4 405 | 2 | BaP | 8 810 | 15 858 | 20 % | 3 182 |

V tabulce 12 jsou vypočteny kubatury a množství vzniklých odpadů při předpokládané odtěždě do 6 m p.t., tj. pro varianty kombinované sanace ex-situ a in-situ čili varianty 2 a 3.

7.5 Definování a primární výběr variant nápravných opatření

Dle shrnutí v kapitole 7.2 byly varianty nulová, institucionální kontroly a přirozené atenuace identifikovány jako nevyhovující.

Nulová varianta neřeší stávající kontaminaci nesaturované a saturované zóny. Neřeší ani potenciační šíření znečištění k místům lokální drenáže a neřeší ani zdravotní rizika vyplývající z nadlimitních koncentrací benzo(a)pyrenu v hloubkovém horizontu 0-2 m p.t.

Varianta institucionální kontroly funkčního využívání také neřeší stávající kontaminaci nesaturované a saturované zóny. Varianta není vhodná jako samostatné řešení kontaminované lokality. Navíc vzniklá omezení mohou vytvářet finanční náklady dalším subjektům.

Varianta přirozené atenuace opět neřeší stávající kontaminaci nesaturované a saturované zóny. Vzhledem k charakteru kontaminace PCB, která prakticky nepodléhá přirozené degradaci a znečištění PAU vázané na jílovité horninové prostředí nelze využít přirozené atenuace k řešení kontaminace zájmového území. Využití přirozené atenuace je vhodné jen jako koncová součást komplexu sanačních

metod, kdy po dokončení aktivního sanačního zásahu bude docházet k přirozenému rozpadu a dočištění podlimitní kontaminace.

V předchozích krocích studie proveditelnosti byly identifikovány a k dalšímu hodnocení vybrány následující postupy nápravných opatření a k nim zvoleny vhodné sanační technologie. K hodnocení byly vybrány metody založené na dekontaminaci a zapouzdření kontaminace. V následujícím hodnocení není uvedena sanace ex-situ na limity nápravných opatření pro průmyslovou zónu, neboť je velmi podobná variantě sanace ex-situ na limity nápravných opatření pro obytnou zónu. V závislosti vysokých nákladů sanace k předpokládanému využití – průmyslová zóna, není tato varianta dále rozpracována.

Pro další hodnocení jsou sestaveny funkční varianty nápravných opatření pro celé území, a to i ve vztahu k dalšímu využití území. Jde o následující primární výběr variant řešení:

1. Varianta 1 - Sanace ex-situ na limity nápravných opatření pro obytnou zónu
2. Varianta 2 – Sanace kombinací metod ex-situ a in-situ na limity nápravných opatření pro výrobu a služby
3. Varianta 3 - Sanace kombinací metod ex-situ a in-situ na limity nápravných opatření pro obytnou zónu
4. Varianta 4 – Zapouzdření kontaminace

Všechny výše uvedené varianty splňují dvě zásadní kritéria, a to dosažitelnost cílů sanace, a tedy stanovených a navržených limitů nápravných opatření a jsou souladné s platnou legislativou. Technologie a metodické postupy, které by jen částečně nenaplnily výše uvedená zásadní kritéria, nebyly k dalšímu hodnocení vybrány.

7.5.1 Varianta 1 – Sanace ex-situ na limity nápravných opatření pro obytnou zónu

7.5.1.1 Technický a technologický popis

Řešení ex-situ spočívá ve vymístění veškerých kontaminovaných materiálů z lokality a likvidaci odpadů na externích zařízeních.

Postup sanačních prací bude realizován v následujících krocích:

- Inženýrskogeologický průzkum a posouzení statického zajištění stavební jámy – vrtané sondy 15 m, odběr vzorků, geomechanické analýzy.

- Doplňkový průzkum pro upřesnění vertikálního a horizontálního rozsahu kontaminace v okolí plynojemu – vrtané sondy 12 m, odběr vzorků, laboratorní analýzy.
- Dopřůzkum kontaminace benzo(a)pyrenu – vrtané sondy do 2 m v pravidelné síti v ploše sektoru 6 – rozdělení území do sektorů je znázorněno v příloze č. 13.
- Příprava staveniště, demolice objektů zasahujících do prostorů staveniště.
- Statické zabezpečení stavební jámy do 10 m v délce zhruba 370 m, zahrnující oba okraje výkopu.
- Odtěžba zemin z úrovně 0-10 m p.t. v prostoru vymezených sektorů a odtěžba zemin z úrovně 0-2 m p.t. – metodou řízeného odtěžování – nadlimitně kontaminované zeminy odváženy k externí likvidaci, podlimitně kontaminované zeminy ponechány na lokalitě k zpětnému zásypu.
- Podzemní voda prosakující do sanačního výkopu bude čerpána a čištěna na dočasné sanační stanici, přečištěná voda bude vypouštěna do kanalizace anebo odvážena na ČOV.
- Průběžný sanační monitoring.
- Monitoring dosažení sanačních limitů – koncový monitoring.
- Demolice betonového základu plynojemu a uložení vzniklého odpadu.
- Zpětný zásyp a zhutnění vzniklé pláně.
- Závěrečné vyhodnocení a související inženýring.

V rámci této varianty řešení bude k externí likvidaci odvezeno 21 881 tun nebezpečných odpadů nadlimitně znečištěných PAU nebo PCB, 3 182 tun odpadů s nadlimitní koncentrací benzo(a)pyrenu k biodegradaci a 11 108 tun stavebně demoličních odpadů. Celkem bude tedy v rámci této varianty odstraněno 36 171 tun odpadů.

Provedením těchto prací budou dosaženy sanační limity pro obytnou zónu.

Z hlediska legislativního půjde o povolení demolice nadzemních objektů a betonového základu plynojemu, o povolení provádět terénní úpravy spočívající v odtěžbě kontaminovaných zemin do hloubky 10 m, tj. území rozhodnutí a stavební povolení, povolení k demolici a dále povolení k čerpání podzemních vod a vypouštění přečištěných vod do kanalizace. Povolení k zemním pracím vydává

místně příslušný stavební úřad, kterým je Magistrát města Kladna, povolení k sanaci saturované zóny Krajský úřad Středočeského kraje.

7.5.1.2 Hodnocení dle kritérií metodického pokynu

Hodnocení varianty 1 dle kritérií metodického pokynu (MŽP 2007) je provedeno posouzením rizik selhání a efektivnosti řešení. Metodický postup hodnocení byl v této části hodnocení variant převzat ze Studie proveditelnosti společnosti WASTECH a.s. (Bičík a kol. 2010b) a upřesněn dle Metodického pokynu MŽP (URL 16). Slovní hodnocení jednotlivých kritérií je zpracováno v rámci této studie proveditelnosti. Tabulka s hodnocením je uvedena v tabulce č. 13.

Tabulka 13: Mimoekonomické hodnocení varianty 1

| Kritérium | Riziko selhání | | | |
|-----------|--|---|----------------|---|
| | Riziko | Riziko nízké | Riziko střední | Riziko vysoké |
| A | Dosažitelnost cílů sanace (ANO/NE) | | ANO | |
| B | Soulad s legislativou (ANO/NE) | ANO | | |
| C | Dlouhodobá perspektiva a spolehlivost řešení | <i>Řeší veškerou nadlimitní kontaminaci</i> | | |
| H | Technická náročnost realizace na lokalitě | | | <i>Statické zabezpečení výkopu do 10 mp.t</i> |
| I | Spolehlivost a prověřenost technologií | <i>Dobrá</i> | | |
| J | Dostupnost technologií | <i>Běžně používané technologie</i> | | |
| K | Prokazatelnost dosažených výsledků | <i>Dobry odběr - vzorků stěn výkopu</i> | | |
| M | Akceptovatelnost státní správou | <i>Dostatečné řešení pro státní správu</i> | | |
| N | Akceptovatelnost majitele/provozovatele | <i>Preferovaná varianta</i> | | |

| | | | | |
|----------|---|--|---------|---|
| O | Akceptovatelnost nápravného opatření veřejností | <i>Obytná zóna</i> | | |
| | Efektivnost sanace | | | |
| | Efektivnost | Vysoká | Střední | Malá |
| C | Úroveň reziduálního rizika | <i>Minimální riziko reziduální kontaminace</i> | | |
| | Redukce nadlimitní kontaminace | <i>Vysoká efektivnost</i> | | |
| | Množství a charakter konečných reziduí | <i>Minimální</i> | | |
| D | Technická efektivita eliminace rizik | <i>Řeší ohnisko znečištění a veškerou nadlimitní kontaminaci</i> | | |
| | Nároky na dlouhodobý provoz | <i>NE</i> | | |
| | Spotřeba surovin, energií | <i>Nízká</i> | | |
| | Požadavky na monitoring | <i>Pouze sanační monitoring</i> | | |
| E | Konečné důsledky nápravných opatření – ÚP | <i>Obytná zóna</i> | | |
| | Sociální, estetické či jiné přínosy nápravných opatření | <i>Vysoké – úprava brownfield na obytnou zónu</i> | | |
| F | Vliv nápravných opatření na okolí (hluk, prach) | | | <i>Značný – statické zabezpečení, odtěžba</i> |
| | Vliv na okolí – zvýšená doprava | | | <i>Odvoz odpadů</i> |
| | Vliv na pracovníky (BOZP, ochrana zdraví) | | | <i>Výkopové práce do 10 m p.t.</i> |
| G | Délka trvání nápravných opatření | <i>1 rok</i> | | |

7.5.2 Varianta 2 – Sanace kombinací metod ex-situ a in-situ na limity nápravných opatření pro výrobu a služby

7.5.2.1 Technický a technologický popis

Kombinované řešení spočívá ve využití hlavních výhod metody ex-situ a to odtěžení kontaminace sorbované na horniny charakteru jílu do hloubky cca 6 m p.t., kdy budou i náklady na statické zabezpečení vzniklého výkopu nižší. Dočištění kontaminace ve spodních partiích cca 6-10 m p.t. bude provedeno metodami in-situ, jejichž efektivní použití umožňuje propustnější prostředí.

Sanace na limity pro průmyslovou zónu se netýká plochy 6 – viz tabulka v kapitole 7.4 kde nebyly na ploše 6 zjištěny koncentrace benzo(a)pyrenu překračující či blízké se hodnotě sanačního limitu pro průmyslovou zónu a uvedenou plochu není nutné podrobit doprůzkumu a následné sanaci.

Postup sanačních prací bude realizován v následujících krocích:

- Inženýrskogeologický průzkum a posouzení statického zajištění stavební jámy – vrtané sondy 10 m, odběr vzorků, geomechanické analýzy.
- Doplnkový průzkum pro upřesnění vertikálního a horizontálního rozsahu kontaminace v okolí plynojemu vrtanými sondami do hloubky 12 m, odběr vzorků, laboratorní analýzy.
- Příprava staveniště, demolice objektů zasahujících do prostorů staveniště.
- Instalace dekontaminační technologie na lokalitě.
- Statické zabezpečení stavební jámy do 6 m p.t. v délce cca 370 m, zahrnující oba okraje výkopu.
- Odtěžba zemin z úrovně 0-6 m p.t. v prostoru vymezených sektorů a odtěžba zemin z úrovně 0-2 m p.t. – metodou řízeného odtěžování – nadlimitně kontaminované zeminy odváženy k externí likvidaci, podlimitně kontaminované zeminy ponechány na lokalitě k zpětnému zásypu.
- Podzemní voda prosakující do sanačního výkopu bude čerpána a čištěna na dekontaminační stanici. Přečištěná voda bude vypouštěna do kanalizace anebo odvážena na ČOV.
- Průběžný sanační monitoring.
- Monitoring dosažení sanačních limitů v rámci odtěžby – koncový monitoring.
- Zpětný zásyp a zhutnění vzniklé pláně.

- Realizace vrtů sanačního systému – zasakovací vrty do hloubky 7 m p.t., jímací vrty do hloubky 12 m p.t., monitorovací vrty v okolí do hloubky 35 m p.t. (hladina podzemní vody v prvním zvodnělém kolektoru).
- Realizace sanačního zásahu in-situ spočívajícího v čerpání podzemních vod, jejich čištění na dekontaminační stanici, zpětném zasakování a aplikaci chemických látek a činidel, a to buď do zasakované vody anebo v samostatných kampaních do jednotlivých zasakovacích vrtů. Předpokládaná délka takového sanačního zásahu je cca 2,5 roku, 6 měsíců poloprovoz a 2 roky provoz sanačního systému.
- Průběžný sanační monitoring.
- Závěrečné vyhodnocení a související inženýring.
- Likvidace sanačních vrtů a pracoviště.
- Postsanační monitoring a vyhodnocení postsanačního monitoringu.

V rámci této varianty řešení bude k externí likvidaci odvezeno 13 717 tun nebezpečných odpadů nadlimitně znečištěných PAU nebo PCB odpadů. Ze sanace podzemních vod vznikne cca 100 tun nebezpečných odpadů jako jsou kaly ze sanace, filtrační materiál apod. a aktivní uhlí ke konečné likvidaci. Celkem bude tedy v rámci této varianty odstraněno 13 817 tun odpadů.

Provedením těchto prací budou dosaženy sanační limity pro průmyslovou zónu.

Z hlediska legislativního půjde o povolení provedení terénních úprav spočívajících v odtěžbě kontaminovaných zemin do hloubky 6 m, tj. o územní rozhodnutí a stavební povolení. Pro sanaci in-situ bude nutné získat povolení k realizaci vodních děl (zasakovací, jímací a monitorovací vrty), povolení k čerpání podzemních vod, vypouštění přečištěných vod do kanalizace a zasakování. Dále bude nutné získat povolení k aplikaci závadných látek do podzemních vod. Povolení k zemním pracím vydává místně příslušný stavební úřad, kterým je Magistrát města Kladna. Povolení k sanaci saturevané zóny vydává Krajský úřad Středočeského kraje.

7.5.2.2 Hodnocení dle kritérií metodického pokynu

Hodnocení varianty 2 dle kritérií metodického pokynu (MŽP 2007) je provedeno posouzením rizik selhání a efektivnosti řešení. Metodický postup hodnocení byl v této části hodnocení variant převzat ze Studie proveditelnosti

společnosti WASTECH a.s. (Bičík a kol. 2010b) a upřesněn dle Metodického pokynu MŽP (URL 16). Slovní hodnocení jednotlivých kritérií je zpracováno v rámci této studie proveditelnosti. Tabulka s hodnocením je uvedena v tabulce č. 14.

Tabulka 14: Mimoekonomické hodnocení varianty 2

| Kritérium | Riziko selhání | | | |
|-----------|---|--|--|---|
| | Riziko | Riziko nízké | Riziko střední | Riziko vysoké |
| A | Dosažitelnost cílů sanace (ANO/NE) | | ANO | |
| B | Soulad s legislativou (ANO/NE) | ANO | | |
| C | Dlouhodobá perspektiva a spolehlivost řešení | | Řeší veškerou nadlimitní kontaminaci | |
| H | Technická náročnost realizace na lokalitě | | Statické zabezpečení výkopu do 6 mp.t + sanace in-situ | |
| I | Spolehlivost a prověřenost technologií | Dobrá | | |
| J | Dostupnost technologií | Běžně používané technologie | | |
| K | Prokazatelnost dosažených výsledků | Dobry odběr vzorků stěn výkopu, monitoring vod | | |
| M | Akceptovatelnost státní správou | | | Dostatečné řešení pro státní správu - odstranění kontaminace, nesoulad s územním plánem |
| N | Akceptovatelnost majitele/provozovatele | | | Není v souladu s ÚP |
| O | Akceptovatelnost nápravného opatření veřejností | | | Průmyslová zóna |

| | Efektivnost sanace | | | |
|----------|---|---------------------------|--|------------------------|
| | Efektivnost | Vysoká | Střední | Malá |
| C | Úroveň reziduálního rizika | | <i>Možné zbytkové znečištění</i> | |
| | Redukce nadlimitní kontaminace | <i>Vysoká efektivnost</i> | | |
| | Množství a charakter konečných reziduí | | <i>Zbytkové znečištění PAU a PCB v úrovni 6-10 m p.t.</i> | |
| D | Technická efektivita eliminace rizik | | <i>Řeší ohnisko znečištění a veškerou nadlimitní kontaminaci ale s rizikem</i> | |
| | Nároky na dlouhodobý provoz | <i>NE</i> | | |
| | Spotřeba surovin, energií | | <i>Nízká, ale po dlouhou dobu</i> | |
| | Požadavky na monitoring | | <i>Nízké – sanační a postsanační monitoring</i> | |
| E | Konečné důsledky nápravných opatření – ÚP | | | <i>Průmyslová zóna</i> |
| | Sociální, estetické či jiné přínosy nápravných opatření | | <i>Střední úprava brownfield na průmyslovou zónu</i> | |
| F | Vliv nápravných opatření na okolí (hluk, prach) | <i>Nízký</i> | | |
| | Vliv na okolí – zvýšená doprava | | <i>Odvoz odpadů</i> | |
| | Vliv na pracovníky (BOZP, ochrana zdraví) | | <i>Výkopové práce do 6 m p.t. a sanace in-situ</i> | |
| G | Délka trvání nápravných opatření | | | <i>4 roky</i> |

7.5.3 Varianta 3 - Sanace kombinací metod ex-situ a in-situ na limity nápravných opatření pro obytnou zónu

7.5.3.1 Technický a technologický popis

Varianta 3 se od Varianty 2 liší zahrnutím odtěžby v sektoru 6 viz kapitola 7.4 a zohledněním přísnějších pracovních limitů pro PCB, a to jak v sanaci ex-situ tak v sanaci –in-situ.

Postup sanačních prací bude realizován v následujících krocích:

- Inženýrskogeologický průzkum a posouzení statického zajištění stavební jámy – vrtané sondy 10 m, odběr vzorků, geomechanické analýzy.
- Doplnkový průzkum pro upřesnění vertikálního a horizontálního rozsahu kontaminace v okolí plynojemu vrtané sondy 12 m, odběr vzorků, laboratorní analýzy.
- Doprůzkum kontaminace benzo(a)pyrenu – vrtané sondy do 2 m v pravidelné síti v ploše sektoru 6 – rozdělení území do sanačních sektorů je znázorněno v příloze č. 13.
- Příprava staveniště, demolice objektů zasahujících do prostorů staveniště.
- Instalace dekontaminační technologie na lokalitě.
- Statické zabezpečení stavební jámy do 6 m p.t. na cca 370 m délky, zahrnující oba okraje výkopu.
- Odtěžba zemin z úrovně 0-6 m p.t. v prostoru vymezených sektorů a odtěžba zemin z úrovně 0-2 m p.t. – metodou řízeného odtěžování – nadlimitně kontaminované zeminy odváženy k externí likvidaci, podlimitně kontaminované zeminy ponechány na lokalitě k zpětnému zásypu.
- Podzemní voda prosakující do sanačního výkopu bude čerpána a čištěna na dekontaminační stanici. Přečištěná voda bude vypouštěna do kanalizace anebo odvážena na ČOV
- Průběžný sanační monitoring.
- Monitoring dosažení sanačních limitů v rámci odtěžby – koncový monitoring.
- Zpětný zásyp a zhutnění vzniklé pláně.
- Realizace vrtů sanačního systému – zasakovací vrty do hloubky 7 m p.t., jímací vrty do hloubky 12 m p.t., monitorovací vrty v okolí

do hloubky 35 m p.t. (hladina podzemní vody v prvním zvodnělém kolektoru).

- Realizace sanačního zásahu in-situ spočívajícího v čerpání podzemních vod, jejich čištění na dekontaminační stanici, zpětném zasakování a aplikaci chemických látek a činidel, a to buď do zasakované vody anebo v samostatných kampaních do jednotlivých zasakovacích vrtů. Předpokládaná délka takového sanačního zásahu cca 3,5 roku – 6 měsíců poloprovoz a 3 roky sanační zásah.
- Průběžný sanační monitoring.
- Závěrečné vyhodnocení a související inženýring.
- Likvidace sanačních vrtů a pracoviště.
- Postsanační monitoring a vyhodnocení postsanačního monitoringu.

V rámci této varianty řešení bude k externí likvidaci odvezeno 15 000 tun nebezpečných odpadů nadlimitně znečištěných PAU nebo PCB, 3 182 tun odpadů znečištěných benzo(a)pyrenem. Ze sanace podzemních vod vznikne cca 130 tun nebezpečných odpadů jako jsou kaly ze sanace, filtrační materiál apod. a aktivní uhlí ke konečné likvidaci. Celkem bude tedy v rámci této varianty odstraněno 18 312 tun odpadů.

Provedením těchto prací bude dosaženo sanačních limitů pro obytnou zónu.

Z hlediska legislativního půjde o povolení provedení terénních úprav spočívajících v odtěžbě kontaminovaných zemín do hloubky 6 m, tj. o územní rozhodnutí a stavební povolení. Pro sanaci in-situ bude nutné získat povolení k realizaci vodních děl (zasakovací, jímací a monitorovací vrty), povolení k čerpání podzemních vod, vypouštění přečištěných vod do kanalizace a zasakování. Dále bude nutné získat povolení k aplikaci závadných látek do podzemních vod. Povolení k zemním pracím vydává místně příslušný stavební úřad, kterým je Magistrát města Kladna. Povolení k sanaci saturované zóny vydává Krajský úřad Středočeského kraje.

7.5.3.2 Hodnocení dle kritérií metodického pokynu

Hodnocení varianty 3 dle kritérií metodického pokynu (MŽP 2007) je provedeno posouzením rizik selhání a efektivnosti řešení. Metodický postup hodnocení byl v této části hodnocení variant převzat ze Studie proveditelnosti společnosti WASTECH a.s. (Bičík a kol. 2010b) a upřesněn dle Metodického pokynu

MŽP (URL 16). Slovní hodnocení jednotlivých kritérií je zpracováno v rámci této studie. Zhodnocení varianty 3 je uvedeno v následující Tabulce 15

Tabulka 15: Mimoekonomické hodnocení varianty 3

| Kritérium | Riziko selhání | | | |
|-----------|---|---|---|---------------|
| | Riziko | Riziko nízké | Riziko střední | Riziko vysoké |
| A | Dosažitelnost cílů sanace (ANO/NE) | | ANO | |
| B | Soulad s legislativou (ANO/NE) | ANO | | |
| C | Dlouhodobá perspektiva a spolehlivost řešení | | <i>Řeší veškerou nadlimitní kontaminaci</i> | |
| H | Technická náročnost realizace na lokalitě | | <i>Statické zabezpečení výkopu do 6 mp.t + sanace in-situ</i> | |
| I | Spolehlivost a prověřenost technologií | <i>Dobrá</i> | | |
| J | Dostupnost technologií | <i>Běžně používané technologie</i> | | |
| K | Prokazatelnost dosažených výsledků | <i>Dobrý odběr vzorků stěn výkopu, monitoring vod</i> | | |
| M | Akceptovatelnost státní správou | <i>Dostatečné řešení pro státní správu</i> | | |
| N | Akceptovatelnost majitele/provozovatele | <i>ANO v souladu s UP a plánovaným využitím</i> | | |
| O | Akceptovatelnost nápravného opatření veřejností | <i>Obytná zóna</i> | | |
| | Efektivnost sanace | | | |
| | Efektivnost | Vysoká | Střední | Malá |
| C | Úroveň reziduálního rizika | | <i>Možné zbytkové znečištění</i> | |

| | | | | |
|----------|---|---|--|--------------|
| | Redukce nadlimitní kontaminace | <i>Vysoká efektivnost</i> | | |
| | Množství a charakter konečných reziduí | | <i>Zbytkové znečištění PAU a PCB v úrovni 6-10 m p.t.</i> | |
| D | Technická efektivita eliminace rizik | | <i>Řeší ohnisko znečištění a veškerou nadlimitní kontaminaci ale s rizikem</i> | |
| | Nároky na dlouhodobý provoz | <i>NE</i> | | |
| | Spotřeba surovin, energií | | <i>Nízká, ale po dlouhou dobu</i> | |
| | Požadavky na monitoring | | <i>Nízké – sanační a postsanační monitoring</i> | |
| E | Konečné důsledky nápravných opatření – ÚP | <i>Obytná zóna</i> | | |
| | Sociální, estetické či jiné přínosy nápravných opatření | <i>Vysoké – úprava brownfield na obytnou zónu</i> | | |
| F | Vliv nápravných opatření na okolí (hluk, prach) | <i>Nízký</i> | | |
| | Vliv na okolí – zvýšená doprava | | <i>Odvoz odpadů</i> | |
| | Vliv na pracovníky (BOZP, ochrana zdraví) | | <i>Výkopové práce do 6 m p.t. a sanace in-situ</i> | |
| G | Délka trvání nápravných opatření | | | <i>5 let</i> |

7.5.4 Varianta 4 – Zapouzdření kontaminace

7.5.4.1 Technický a technologický popis

Enkapsulace kontaminace je s ohledem na přírodní poměry řešené lokality jednou z možností řešení znečištění horninového prostředí na lokalitě. Nevýhodou této varianty řešení je, že nebude možné lokalitu využívat k obytným účelům. Svrchní část geokontejmentu může při vhodném provedení sloužit jako podlaha skladovací haly či parkoviště apod.

Postup sanačních prací bude realizován v následujících krocích:

- Inženýrskogeologický průzkum – vrtané sondy 12 m, odběr vzorků, geomechanické analýzy.
- Doplnkový průzkum pro upřesnění vertikálního a horizontálního rozsahu kontaminace v okolí plynojemu vrtané sondy 12 m.
- Příprava pracoviště pro realizaci podzemní těsnící stěny (dále jen „PTS“) – kruh cca 20 m od hrany betonového základu – sejmutí svrchní vrstvy cca 1,0 m p.t. a odvoz zemin nadlimitně znečištěných benzo(a)pyrenem – cca 2 100 tun.
- Realizace PTS metodou tryskové injektáže provedené v kruhu po obvodu betonového základu plynojemu o délce 166 m a hloubce 12 m.
- Realizace PTS metodou tryskové injektáže provedené v kruhu ve vzdálenosti cca 17 m okraje betonového základu – celková délka stěny 220 m a hloubce 12 m.
- Realizace spodní těsnící clony v hloubce 10-12 m p.t. metodou tryskové injektáže.
- Likvidace odpadů z tryskové injektáže – cca 3 500 tun – nadlimitně kontaminovaná zemina.
- Vytvoření svrchní izolační vrstvy (podsyp, geotextilie, izolační folie, geotextilie, zásyp – konečná úprava dle dalšího využití např. beton, živice a další.
- Dobudování systému odvodu srážkových vod, pokud nebude prostor zastřešen.
- Monitorovací systém těsnosti stěny a účinnosti sanace – monitorací vrty vně po obvodu PTS
- Závěrečné vyhodnocení a související inženýring.
- Postsanační monitoring.
- Vyhodnocení postsanačního monitoringu.
- Dlouhodobý monitoring.

Z legislativního hlediska půjde o umístění stavby a stavební povolení na realizaci geokontejnmentu. Povolení k umístění stavby a stavební povolení vydává místně příslušný stavební úřad, kterým je Magistrát města Kladna.

7.5.4.2 Hodnocení dle kritérií metodického pokynu

Hodnocení varianty 4 dle kritérií metodického pokynu (MŽP 2007) je provedeno posouzením rizik selhání a efektivnosti řešení. Metodický postup

hodnocení byl v této části hodnocení variant převzat ze Studie proveditelnosti společnosti WASTECH a.s. (Bičík a kol. 2010b) a upřesněn dle Metodického pokynu MŽP (URL 16). Slovní hodnocení jednotlivých kritérií je zpracováno v rámci této studie. Zhodnocení varianty 4 je uvedeno v následující Tabulce 16

Tabulka 16: Mimoekonomické hodnocení varianty 4

| Kritérium | Riziko selhání | | | |
|-----------|---|------------------------------|--|---|
| | Riziko | Riziko nízké | Riziko střední | Riziko vysoké |
| A | Dosažitelnost cílů sanace (ANO/NE) | | | ANO |
| B | Soulad s legislativou (ANO/NE) | ANO | | |
| C | Dlouhodobá perspektiva a spolehlivost řešení | | | <i>Spolehlivost řešení závisí na kvalitě provedení</i> |
| H | Technická náročnost realizace na lokalitě | | <i>Realizace podzemní těsnící stěny</i> | |
| I | Spolehlivost a prověřenost technologií | | <i>Těsnost vertikálních a horizontálních prvků</i> | |
| J | Dostupnost technologií | <i>Používaná technologie</i> | | |
| K | Prokazatelnost dosažených výsledků | | | <i>Monitoring kvality podzemních vod na odtokové linii ze zájmového území</i> |
| M | Akceptovatelnost státní správou | | | <i>Pasivní řešení, ponechání staré ekologické zátěže na místě</i> |
| N | Akceptovatelnost majitele/provozovatele | | | <i>Výrazně omezuje další využití území a to i při průmyslové zóně</i> |
| O | Akceptovatelnost nápravného opatření veřejností | | | <i>Průmyslová zóna</i> |

| | Efektivnost sanace | | | |
|---|---|--|---|--|
| | Efektivnost | Vysoká | Střední | Malá |
| C | Úroveň reziduálního rizika | | | <i>Enkapsulováno a ponecháno na lokalitě</i> |
| | Redukce nadlimitní kontaminace | | <i>Prevažná většina kontaminace enkapsulována</i> | |
| | Množství a charakter konečných reziduí | | | <i>Ponecháno na lokalitě</i> |
| D | Technická efektivita eliminace rizik | <i>Řeší ohnisko znečištění a veškerou nadlimitní kontaminaci ale s rizikem</i> | | |
| | Nároky na dlouhodobý provoz | <i>Nejsou</i> | | |
| | Spotřeba surovin, energií | <i>Nízká</i> | | |
| | Požadavky na monitoring | | | <i>Dlouhodobý monitoring</i> |
| E | Konečné důsledky nápravných opatření - ÚP | | | <i>Výroba a služby</i> |
| | Sociální, estetické či jiné přínosy nápravných opatření | | | <i>Omezené možnosti rozvoje území</i> |
| F | Vliv nápravných opatření na okolí (hluk, prach) | <i>Nízký</i> | | |
| | Vliv na okolí - zvýšená doprava | <i>Ne</i> | | |
| | Vliv na pracovníky (BOZP, ochrana zdraví) | <i>Pouze práce vrtné technologie</i> | | |
| G | Délka trvání nápravných opatření | <i>1 rok</i> | | |

7.6 Srovnávací analýza variant řešení

7.6.1 Ekonomické porovnání jednotlivých variant

Ekonomické zhodnocení jednotlivých variant bylo provedeno výpočtem nákladů na jednotlivé položky rozpočtu. Položky byly kalkulovány kumulativně a pro všechny varianty byly použity u shodných položek shodné jednotkové ceny. Výše nákladů např. u odpadů je dána předpokládaným množstvím u každé varianty. Jako jednotkové ceny byly do kalkulace použity současné obvyklé ceny v ČR tak, aby s rezervou zahrnovaly veškeré očekávatelné náklady.

Z tabulky č. 17 vyplývá, že nejlevněji vychází varianta 4 – geokontejnment, jako finančně nejnáročnější vychází varianta 1 – sanace ex-situ na limity nápravných opatření pro obytnou zónu. Důvodem vysokých nákladů v této variantě je potřeba statického zajištění výkopu hlubokého 10 m a v podstatě plošné odstranění nadlimitně kontaminovaných zemin. V obou těchto variantách není kalkulováno se sanačním zásahem na podzemních vodách, neboť tyto varianty tento způsob nakládání s vodami s ohledem na charakter prací nevyžadují.

7.6.2 Srovnávací analýza dle kritérií hodnocení

Pro srovnání a zhodnocení jednotlivých variant řešení sanačního zásahu dle kritérií MP studie proveditelnosti (MŽP 2007) jsem sestavila jednoduchou hodnotící tabulku. Dosažitelnost cílů sanace a soulad posuzovaných variant s veškerou legislativou jsou brány jako hlavní vylučující kritéria. Pokud by těchto dvou kritérií některá z posuzovaných variant nedosáhla, byla by z dalšího posuzování vyloučena. Varianty vybrané k hodnocení obě tato kritéria splňují. Zbývajícím kritériím dle MP studie proveditelnosti byla přidělena váha v procentech a to tak, aby součet činil 100%. Váha byla k jednotlivým kritériím přidělena dle zjištěných informací o lokalitě a mých individuálních zkušeností s procesem ostraňování starých ekologických zátěží. Každé variantě byla přidělena na základě popisu rizik a efektivnosti řešení známka 1-5 přičemž 1 je nejlepší výsledek a 5 nejhorší. Výsledné hodnocení je dáno součinem známky a váhy u jednotlivých kritérií. Nejlepší variantou bude varianta s nejnižším počtem bodů. Srovnávací analýza zahrnuje i ekonomické zhodnocení jednotlivých variant provedené v předcházející kapitole.

Srovnávací analýza je přehledně shrnuta v tabulce č. 18. Dle bodového hodnocení a přidělené váhy jednotlivým kritériím z analýzy vychází jako nejvhodnější varianta 3 – sanace kombinací metod ex-situ a in-situ na limity nápravných opatření pro obytnou zónu. Druhá nejvýhodnější varianta je i přes vysokou cenu varianta – 1 ex-situ sanace, jejíž návrh je nejvíce zatížen nejistotami v poznání celé lokality.

Tabulka 17: Rozpočet pro všechny funkční varianty

| Finanční kalkulace - kumulativní položka zahrnující veškeré náklady na realizované práce | VARIANTA 1 | VARIANTA 2 | VARIANTA 3 | VARIANTA 4 |
|--|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Legislativní a projekční příprava prací | | | | |
| Inženýrsko geologický průzkum | 472 500 Kč | 315 000 Kč | 315 000 Kč | 378 000 Kč |
| Doplňkový průzkum PAU a PCB | 1 680 000 Kč | 1 680 000 Kč | 1 680 000 Kč | 1 680 000 Kč |
| Doplňkový průzkum BaP | 264 000 Kč | - Kč | 264 000 Kč | - Kč |
| zpracování prováděcí dokumentace sanace | 300 000 Kč | 250 000 Kč | 300 000 Kč | 250 000 Kč |
| Projednání PD | 70 000 Kč | 60 000 Kč | 70 000 Kč | 70 000 Kč |
| Sanace nesaturované zóny | | | | |
| Přípravné práce a příprava staveniště | 3 500 000 Kč | 1 500 000 Kč | 1 500 000 Kč | 1 000 000 Kč |
| Statické zajištění výkopů | 20 000 000 Kč | 10 000 000 Kč | 10 000 000 Kč | - Kč |
| Odtěžba kontaminovaných zemín | 16 112 200 Kč | 9 590 000 Kč | 10 500 000 Kč | 875 000 Kč |
| Odtěžba stavebních konstrukcí | 5 550 000 Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Třídění a nakládka odpadů skupiny O | 2 775 000 Kč | - Kč | - Kč | - Kč |
| Likvidace odpadů skládka S-NO včetně dopravy | 80 959 700 Kč | 47 950 000 Kč | 52 500 000 Kč | 12 250 000 Kč |
| Likvidace odpadů - biodegradace včetně dopravy | 5 091 200 Kč | - Kč | 5 091 200 Kč | - Kč |
| Stavební čerpání včetně dekontaminace a likvidace vod | 1 500 000 Kč | 800 000 Kč | 800 000 Kč | - Kč |
| Sanační monitoring | 1 619 194 Kč | 719 250 Kč | 787 500 Kč | - Kč |
| Zásyp výkopů včetně materiálu a dopravy | 15 191 820 Kč | 5 754 000 Kč | 6 300 000 Kč | - Kč |
| Sled, řízení a vyhodnocení prací | 10 855 993 Kč | 2 751 639 Kč | 3 153 770 Kč | - Kč |
| Konečná úprava lokality | 600 000 Kč | 200 000 Kč | 200 000 Kč | 500 000 Kč |
| Realizace PTS - 390 bm do hl. 12 m | - Kč | - Kč | - Kč | 28 080 000 Kč |
| Realizace STS | - Kč | - Kč | - Kč | 12 000 000 Kč |
| Realizace svrchního těsnění | - Kč | - Kč | - Kč | 3 000 000 Kč |
| Sanace saturované zóny | | | | |
| dodávka sanační technologie | - Kč | 1 300 000 Kč | 1 300 000 Kč | - Kč |
| instalace rozvodů, čerpadel, napojení elektro | | 600 000 Kč | 600 000 Kč | - Kč |
| vrtné a stavební práce | - Kč | 1 100 000 Kč | 1 100 000 Kč | - Kč |
| provoz dekontaminačního systému vč. elektro a obsluhy | - Kč | 3 300 000 Kč | 4 620 000 Kč | - Kč |
| provoz čerpacího a monitorovacího systému vč. elektro a c | - Kč | 1 200 000 Kč | 1 680 000 Kč | - Kč |
| provoz zasakovacího systému vč. aplikace čidel vč. elektr | - Kč | 2 500 000 Kč | 4 000 000 Kč | - Kč |
| sanační monitoring sanace saturované zóny | - Kč | 800 000 Kč | 1 064 000 Kč | - Kč |
| Odstranění odpadů ze sanace demontáž | - Kč | 950 000 Kč | 1 390 000 Kč | - Kč |
| sled a řízení prací | - Kč | 1 800 000 Kč | 2 520 000 Kč | - Kč |
| posanační monitoring | - Kč | 500 000 Kč | 500 000 Kč | - Kč |
| Dokumentace sanačních prací | | | | |
| Dokumentace prací a vyhodnocení včetně databáze SEKM | 500 000 Kč | 500 000 Kč | 500 000 Kč | 250 000 Kč |
| CELKEM | 167 041 607 Kč | 96 119 889 Kč | 112 735 470 Kč | 60 333 000 Kč |
| Pořadí variant dle ekonomických ukazatelů | 4 | 2 | 3 | 1 |

PD – projektová dokumentace; STS – spodní těsnící stěna

Tabulka 18: Srovnávací analýza jednotlivých variant

| Kritérium | | známka | | | | váha známky (%) | bodové hodnocení | | | |
|--|---|--------|-----|-----|-----|-----------------|------------------|------------|------------|------------|
| | | V 1 | V 2 | V 3 | V 4 | | V 1 | V 2 | V 3 | V 4 |
| Riziko selhání | | | | | | | | | | |
| A | Dosažitelnost cílů sanace | ANO | ANO | ANO | ANO | - | - | - | - | - |
| B | Legislativa | ANO | ANO | ANO | ANO | - | - | - | - | - |
| C | Dlouhodobá perspektiva a spolehlivost řešení | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| H | Technická náročnost realizace na lokalitě | 3 | 5 | 5 | 5 | 2 | 6 | 10 | 10 | 10 |
| I | Spolehlivost a prověřenost technologií | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 6 |
| J | Dostupnost technologií | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| K | Prokazatelnost dosažených výsledků | 1 | 1 | 1 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 30 |
| M | Akceptovatelnost státní správou | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 9 |
| N | Akceptovatelnost majitele/provozovatele | 1 | 3 | 1 | 3 | 20 | 20 | 60 | 20 | 60 |
| O | Akceptovatelnost nápravného opatření veřejností | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 |
| Efektivnost sanace | | | | | | | | | | |
| C | Úroveň reziduálního rizika | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| | Redukce nadlimitní kontaminace | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | Množství a charakter konečných reziduí | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| D | Technická efektivita eliminace rizik | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| | Nároky na dlouhodobý provoz | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Spotřeba surovin, energií | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| | Požadavky na monitoring | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| E | Konečné důsledky nápravných opatření - ÚP | 1 | 3 | 1 | 3 | 8 | 8 | 24 | 8 | 24 |
| | Sociální, estetické či jiné přínosy nápravných op | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 4 | 2 | 6 |
| F | Vliv nápravných opatření na okolí (hluk, prach) | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 |
| | Vliv na okolí - zvýšená doprava | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 6 | 4 | 4 | 2 |
| | Vliv na pracovníky (BOZP, ochrana zdraví) | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 6 | 4 | 4 | 2 |
| G | Délka trvání nápravných opatření | 1 | 3 | 3 | 1 | 8 | 8 | 24 | 24 | 8 |
| Ekonomické zhodnocení | | | | | | | | | | |
| L | Náklady na řešení | 4 | 2 | 3 | 1 | 25 | 100 | 50 | 75 | 25 |
| CELKEM | | | | | | 100 | 191 | 227 | 184 | 210 |
| Pořadí jednotlivých variant - neekonomické parametry | | | | | | | 2 | 4 | 1 | 3 |

8 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

V rámci této diplomové práce jsem zpracovala studii proveditelnosti sanačního zásahu v lokalitě Váňův kámen. Tato studie proveditelnosti přinesla detailní zpracování a vyhodnocení dosavadních poznatků z lokality, které obsahovala Analýza rizik staré ekologické zátěže v průmyslové zóně Kladno východ z roku 2013. Pro větší přehlednost jsem pomocí GIS vypracovala mapové přílohy, které znázorňují výsledky provedených průzkumných prací.

Doplňujícím ukazatelem k údajům z předcházející analýzy rizik bylo provedení vzorkování podzemních vod na lokalitě. Výsledky ukázaly, že se kontaminace podzemní vody od provedení průzkumů v roce 2013 významně nezhoršila, což svědčí o skutečnosti, že kontaminace PAU a PCB je vážna především na horninové prostředí lokality a k přestupu z horninového prostředí do podzemních vod téměř nedochází.

Zároveň se tato práce zabývá plynojemem typu MAN, jeho stavbou, konstrukčními prvky a provozem a na základě těchto poznatků interpretuje nejpravděpodobnější příčiny vzniku ekologické zátěže na lokalitě. Na základě těchto poznatků a z výsledků analýz zemin se jako nejpravděpodobnější zdroj kontaminace jeví jímky těsnícího oleje a další příslušenství olejového hospodářství plynojemu.

Studie proveditelnosti posoudila základní koncepční varianty nápravných opatření – nulovou variantu, institucionální kontrolu, dekontaminaci, zapouzdření a přirozenou atenuaci. S ohledem na druh kontaminantů a stav lokality a její plánované budoucí využití (ať už dle územního plánu jako plocha smíšeně obytná – městská nebo jako plocha výroby a služeb) byly varianty nulová, institucionální kontroly a přirozené atenuace vyloučeny z dalšího posuzování možných variant nápravných opatření.

Dále byly ze základních koncepčních variant posuzovány pouze dekontaminace a zapouzdření. S ohledem na charakter kontaminace a dosažení sanačních limitů pro různé typy následného využití území byly v rámci dekontaminace posuzovány dekontaminace ex-situ, dekontaminace in-situ, kombinace obou těchto metod a zapouzdření (geokontejnment). Konkrétně pak byly rozpracovány a posuzovány následující funkční varianty nápravných opatření: sanace ex-situ na limity nápravných opatření pro obytnou zónu, sanace kombinací metod ex-situ a in-situ pro výrobu a služby, sanace kombinací metod ex-situ a in-situ pro obytnou zónu a geokontejnment. Pro posouzení variant jsem zpracovala slovní hodnocení rizik selhání a hodnocení efektivnosti a to dle Metodického pokynu

MŽP Zásady zpracování studie proveditelnosti a vlastního posouzení veškerých známých informací o zájmovém území. Toto posouzení bylo zpracováno u všech 4 funkčních variant tabelární formou. Dalším krokem hodnocení byla ekonomická kalkulace každé varianty sanace, a to kumulativními položkami zahrnujícími veškeré náklady na realizované práce v obvyklé cenové hladině v České republice.

Jako nejvýhodnější byla na základě definovaných ukazatelů vyhodnocena varianta 3 a to kombinovaná sanace ex-situ a in-situ pro obytnou zónu. Jako druhá nejvhodnější byla vyhodnocena varianta 1 kompletní odtěžba kontaminace na limity pro obytnou zónu, její realizace byla, ale kalkulována jako finančně nejnákladnější.

Studie bude v následujícím období využita projektantem pro další projekční a přípravné práce samotného sanačního zásahu.

Závěrem práce bych ráda doporučila, aby se v dalších krocích (projektové fázi), eliminovaly alespoň některé nejistoty související s prozkoumaností lokality. Měla by se především ověřit míra znečištění v hloubkovém horizontu 6-12 m p.t., zjistit přesné založení základu plynoměru a možného znečištění pod betonovým základem plynoměru. V rámci projekční přípravy by bylo vhodné realizovat 3 vrty na severním okraji plynoměru pro ověření nebo vyloučení případné kontaminace.

9 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

- **Altmann W., Engshuber M., Kowaczek J.**, 1979: *Gasversorgungstechnik*. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig
- **Bičík, M., Horváth, P., Jonášová, Y., Jungmann, J.** 2010a: *Analýza rizik staré ekologické zátěže v průmyslové zóně Kladno – Dubí*. nepublikováno, dep.: WASTECH a.s., Praha
- **Bičík, M., Jonášová, Y., Jungmann, J., Krygelová, J.** 2010b: *Stará ekologická zátěž v průmyslové zóně Kladno – Dubí, studie proveditelnosti*. Nepublikováno, dep.: WASTECH a.s., Praha
- **Černík M.** 2010: *Chemicky podporované in situ sanační technologie*. Vydavatelství VŠCHT Praha, Praha
- **Demek J., Mackovčín P., a kolektiv** 2006: *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno
- **Franger, B., Zikmund, J.** 2009: *Co jsme si zbořili, bilance mizející průmyslové éry / deset let*. České vysoké učení technické v Praze 7
- **Franková J., Kordík J., Slaninka I., Jurkovič L., Greif V., Šottník P., Dananaj I., Mikita S., Dercová K., Jánová V.** 2010: *Atlas sanačných metod environmentálních zátěží*. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Slovenská republika
- **Gupta G., Kumar V., Pal A. K.**, 2016: *Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Microbial Consortium: A Distinctive Approach for Decontamination of Soil*. Soil and Sediment Contamination: An international Journal. 25:6, pages 597-623
- **Jonsson, S., Persson, Y., Frankki, S., van Bavel, B., Lungstedt, S., Haglund, P., Tysklind, M.** 2007: *Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in contaminated soils by Fenton's reagent: A multivariate evaluation of the importance of soil characteristics and PAH properties*. Journal of Hazardous Materials, 146:1, pages 86-96
- **Havelka, M.** 1956: *Plynojemy v hutích*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha
- **Holoubek, I.** 1996: *POLYCYKLICKÉ AROMATICKÉ UHLOVODÍKY (PAHs) V PROSTŘEDÍ*. Český ekologický ústav a Odbor ekologických rizik a monitoringu MŽP ČR, Praha
- **Cháb, J., Stráník, Z., Eliáš, M.** 2007: *Geologická mapa ČR 1:500 000*. Česká geologická služba, Praha.

- **Charvát, V.** 1975: *Zpráva o výsledku inženýrsko – geologického průzkumu na staveništi objektu zkušebny – výroba AK trubek v závodě SONP Kladno* nepublikováno, dep. Hutní projekt, Praha
- **Chlupáč, I., Brzobohatý, R., Kovanda, J., Stráník, Z.** 2002: *Geologická minulost České republiky*. Academia, Praha.
- **Kubal, M.**, 2006: Chemická oxidace. **V Matějů, V. (ed.):** *Kompendium sanačních technologií*. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim: 25-28
- **Kycil R.**, 2006: Vymývání půdy. **V Matějů, V. (ed.):** *Kompendium sanačních technologií*. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim: 32-34
- **Matějů V.**, 2006a: Podporovaná remediace. **V Matějů V. (ed):** *Kompendium sanačních technologií*. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim: 18-20
- **Matějů V.**, 2006b: Bioventing a kometabolický venting. **V Matějů V. (ed):** *Kompendium sanačních technologií*. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim: 12-18
- **Murínová, S., Dercová, K., Dudášová, H.** 2014: *Degradation of polychlorinated biphenyls (PCBs) by four bacterial isolates obtained from the PCB-contaminated soil and PCB-contaminated sediment*. International Biodeterioration & Biodegradation, 91, 52–59
- **Novák, R.** 1997: *Kronika plynárenství*. Vydavatelství a nakladatelství MILPO, Praha
- **Perna, F., Riedl, R.** 1957: *Plynárenství, část II*. Státní nakladatelství technické literatury. Praha
- **Petráček, M., Pintér, L., Kuklík, J., Vaněk, J., Hosnédl, P., Hladík, P.** 2013: *Analýza rizik staré ekologické zátěže v průmyslové zóně Kladno východ*. Sdružení firem AR Kladno (vedoucí sdružení VODNÍ ZDROJE, a.s., člen sdružení AQUATEST a.s.), Praha, nepublikováno, dep.: VODNÍ ZDROJE, a.s.
- **Riedl, R.** 1963: *Koksárenství a plynárenství, sešit 13, Uskladnění plynů*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.
- **Statutární město Kladno** 2005: *Ročenka životní prostředí 2005*. Statutární město Kladno
- **Siegrist, R. L., Urynowicz, M.A., West, O.R.** 2001: *Principles and practices of in situ chemical oxidation using permanganate*. Battelle Press, Columbus
- **Spellman, F., R.** 2016: *Handbook of environmental engineering*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton; London; New York

- **Šráček O., Datel J., Mls J.**, 2002: *Kontaminační hydrologie*. Univerzita Karlova v Praze, Vydavatelství Karolinum, Praha
- **Šředlová, K.** 2015: *Biodegradace polychlorovaných bifenyly v podzemní vodě pomocí biologických přístupů*. Dep.: Univerzita Karlova v Praze, diplomová práce
- **Quitt E.** 1971: *Klimatické oblasti Československa* Academia, Praha
- **Vaníček, I.** 2002: *Sanace skládek, starých ekologických zátěží*. Vydavatelství ČVUT, Praha

Internetové zdroje:

URL 1: www.leffer.de/de/Gasbehaelterbau_32_gb.html

URL 2:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/737018/PAH_GI_PHE_240818.pdf

URL 3: <https://www.epa.gov/iris>

URL 4: www.eurochem.cz

URL 5:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290401/sp4-052-tr-e-e.pdf

URL 6: www.geology.cz

URL 7: <http://podzemi.solvayovylomy.cz/techpam/techpam.htm>

URL 8:

<http://www.kladnominule.cz/front.page/photos/129?gallery=148&photo=2156>

URL 9:

<https://www.facebook.com/thekladno/photos/a.542678469196107/1234528526677761/?type=3&theater>

URL 10:

<https://zakladani.cz/cs/vyrobni-program/technologie/pazeni-stavebnich-jam/zaporove-pazeni>

URL 11: www.c-t-i.cz/ep-pcb5.asp

URL 12:

www.mestokladno.cz/uzemni-plany-a-mapy/ms-2100050520/p1=2100050520

URL 13: www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=25

URL 14:

https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-03/documents/pahs_factsheet_cdc_2013.pdf

URL 15, MŽP 2013:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/OES-MZP_%20Indikator-%20znecistení-akt-2013-20140318.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/OES-MZP_%20Indikator-%20znecistení-akt-2013-20140318.pdf)

URL 16 MŽP 2007:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/Feas_study.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/Feas_study.pdf)

URL 17 MŽP 2006:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/Vzorkování%20v%20san.geol.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/Vzorkování%20v%20san.geol.pdf)

URL 18:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/OES-c1_vestnik_mzp-3_2011_20140318.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/OES-c1_vestnik_mzp-3_2011_20140318.pdf)

Legislativní zdroje:

- Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění
- Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění
- Vyhláška č. 294/2005 o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, v platném znění

10 PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Situace širších vztahů

Příloha č. 2: Situace zájmového území

Příloha č. 3: Situace zájmového území na podkladu katastrální mapy

Příloha č. 4: Situace průzkumných objektů v širším okolí

Příloha č. 5: Situace zájmového území na podkladu ortofotomapy 1953

Příloha č. 6: Situace zájmového území na podkladu ortofotomapy 2002

Příloha č. 7: Situace průzkumných objektů – detail lokality

Příloha č. 8: Mapa interpretace nadlimitní kontaminace PAU

Příloha č. 9: Mapa interpretace nadlimitní kontaminace PCB pro průmyslovou zónu

Příloha č. 10: Mapa interpretace nadlimitní kontaminace PCB pro obytnou zónu

Příloha č. 11: Mapa interpretace nadlimitní kontaminace benzo(a)pyrenu pro průmyslovou zónu

Příloha č. 12: Mapa interpretace nadlimitní kontaminace benzo(a)pyrenu pro obytnou zónu

Příloha č. 13: Mapa sektorů sanace určených k odtěžbě

Příloha č. 14: Pozadřové koncentrace, indikátory znečištění a indikační hodnoty – kovy v zeminách

Příloha č. 15: Pozadřové koncentrace, indikátory znečištění a indikační hodnoty – organické látky v zeminách

Příloha č. 16: Pozadřové koncentrace, indikátory znečištění a indikační hodnoty – kovy v podzemní vodě

Příloha č. 17: Pozadřové koncentrace, indikátory znečištění a indikační hodnoty – organické látky v podzemní vodě