

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního

modelování



Aktuální stav kontaminace podzemních vod v Chrudimi a okolí

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Martin Heřmanovský, Ph.D.

Bakalant: Natálie Holubová

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Natálie Holubová

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Aktuální stav kontaminace podzemních vod v Chrudimi a okolí

Název anglicky

Current status of groundwater contamination in Chrudim and it's surroundings

Cíle práce

Posouzení vlivu ekologické zátěže státního podniku Transporta Chrudim na horninové prostředí se zaměřením na aktuální stav podzemních vod po sanaci v Chrudimi a okolí.

Metodika

- 1) Rešerše problematiky spojená se sanací starých ekologických zátěží
- 2) Popis zájmové lokality – historie ekologické zátěže, monitoring podzemních vod, vliv hydraulické bariéry na kvalitu podzemních vod.
- 3) Vyhodnocení získaných dat.
- 4) Diskuse prezentovaných výsledků.

Doporučený rozsah práce

30 až 50 stran

Klíčová slova

stará ekologická zátěž, sanace, monitoring

Doporučené zdroje informací

HAVRLANT M., 1998: Ekologické zátěže a jejich hodnocení. Ostravská univerzita, Ostrava.

KRÁSNÝ J., 2012: Podzemní vody České republiky: regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod. Česká geologická služba, Praha.

MATĚJŮ V. [ed.], 2006: Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim.

ŠILAR J., 1996: Hydrologie v životním prostředí. VŠB-Technická univerzita, Ostrava.

YEUNG A.T., 2009: Advances in Environmental Geotechnics: Remediation Technologies for Contaminated Sites. University of Hong Kong, China.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Martin Heřmanovský, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2022

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2022

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala panu Ing. Martinovi Heřmanovskému, Ph.D., za množství cenných rad a připomínek, odborný dohled a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Jiřímu Unčovskému a Ing. Jaromíru Hrachovinovi z Vodních zdrojů Ekomonitor spol. s r. o. za poskytnutá data a potřebné informace. V neposlední řadě bych také ráda vyjádřila poděkování celé mé rodině za veškerou pomoc a podporu.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Aktuální stav kontaminace podzemních vod v Chrudimi a okolí vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V Praze dne

Aktuální stav kontaminace podzemních vod v Chrudimi a okolí

Abstrakt

Cílem mé bakalářské práce je poukázat na problematiku spojenou s řešením starých ekologických zátěží. Konkrétně se práce zabývala únikem kontaminantů ze státního podniku Transporta Chrudim do horninového prostředí se zaměřením na podzemní vody. Hodnoceno bylo především množství chlorovaných uhlovodíků obsažených v podzemních vodách v okolí vzniku zátěže. V minulosti byl vliv této zátěže zkoumán a proběhla zde sanace, která trvala několik let. Dalo by se tedy předpokládat, že se v okolí státního podniku Transporta Chrudim již nevyskytují žádné kontaminanty. Tento předpoklad byl ověřen na základě analýzy odebraných vzorků z dostupných vrtů v blízkosti podniku. Analýza byla zaměřena na koncentrace chlorovaných uhlovodíků, zejména na tetrachlorethen, dichlorethen a trichlorethen. Výsledky analýzy, které byly porovnány s koncentracemi těchto látek ve vybraných letech v rámci cyklického monitoringu, indikují přítomnost pouze některých stanovovaných látek, a to navíc ve velmi nízkých koncentracích. Získané výsledky tak ukazují, že se v dnešní době v podzemních vodách v okolí Chrudimi stále vyskytují určitá množství kontaminantů, která ale odpovídají stanoveným sanačním limitům.

Klíčová slova: stará ekologická zátěž, sanace, monitoring

Current status of groundwater contamination in Chrudim and its surroundings

Abstract

The aim of my Bachelor thesis is to point out issues related to solution old environmental burdens. Specifically, the work dealt with the leakage of contaminants from the stateowned enterprise Transporta Chrudim into the rock environment with a focus on groundwater. In particular, the amount of chlorinated hydrocarbons contained in groundwater around the load was assessed. In the past, the impact of this burden has been studied and remediation has taken place over several years. It could be assumed that there are no longer any contaminants in the vicinity of the stateowned enterprise Transporta Chrudim. This assumption was verified on the basis of an analysis of samples taken from available wells near the establishment. The analysis focused on the concentrations of chlorinated hydrocarbons, especially tetrachloroethene, dichloroethene and trichloroethene. The results of the analysis, which were compared with the concentrations of these substances in selected years within the cyclical monitoring, indicate the presence of only some determined substances, moreover in very low concentrations. The obtained results show that today there are still certain amounts of contaminants in the groundwater around the town of Chrudim, which corresponds to the established remediation limits.

Key words: old ecological burden, remediation, monitoring

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce	2
3. Literární rešerše	3
3.1 Podzemní vody.....	3
3.2 Stará ekologická zátěž.....	5
3.3 Posuzování vlivů ekologických zátěží na životní prostředí	6
3.4 Kvalitativní hodnocení rizik ekologických zátěží.....	7
3.5 Současný stav ekologických zátěží v ČR.....	8
3.6 Kontaminanty vzniklé při starých ekologických zátěžích.....	10
3.7 Rizika a prevence ekologických zátěží	11
3.8 Sanace starých ekologických zátěží.....	13
3.9 Sanační technologie	13
3.9.1 Provozdušňovací (stripovací) věže	15
3.9.2 Odlučovač lehkých kapalin.....	16
3.9.3 Pokročilé sanační technologie.....	17
4. Metodika	19
4.1. Popis zájmové lokality	19
4.2. Historie Transporty Chrudim	20
4.2.1 Historie ekologické zátěže v zájmovém území	22
4.2.2 Podrobnosti zátěže v areálu Transporta Chrudim	24
4.3. Protihavarijní opatření	28
4.4. Účinnost hydraulické bariéry	32
5. Výsledky práce	33
5.1 Naměřené koncentrace stanovovaných látek na začátku sanace a v průběhu monitoringu.....	33
5.2 Naměřené hodnoty z vlastního odběru vzorků podzemních vod	35
5.3 Stanovené limity kontaminantů na konci sanace	38
6. Diskuse	39
7. Závěr	41
8. Zdroje	42
8.1 Odborné publikace	42
8.2 Internetové zdroje	44
8.3 Ostatní zdroje	44

Seznam použitých zkratk

CO ₂	oxid uhličitý
H ₂ S.....	sulfan
CIU.....	těkavé chlorované alifatické uhlovodíky
PCB.....	polychlorované bifenyly
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
SEZ.....	staré ekologické zátěže
ŽP.....	životní prostředí
SEKM.....	system evidence kontaminovaných míst
BTEX.....	monocyklické aromatické uhlovodíky
PCE- 1,1,2,2.....	tetrachlorethen, nebo také tetrachlorethylen
DCE- 1,2, - cis.....	dichlorethen, dichlorethylen
TCE- 1,1,2.....	trichlorethen, trichlorethylen
ČR.....	Česká republika
SK.....	název provzdušňovací věže
APOD.....	a podobně
ATD.....	a tak dále
EIA.....	Environmental Impact Assessment
SEA.....	Strategic Environmental Assessment

1. Úvod

Staré ekologické zátěže jsou v dnešním světě velmi závažným, byť běžným problémem. Mohou být způsobeny několika faktory. Mezi hlavní spouštěče zátěží patří především průmyslové a zemědělské podniky, těžba surovin, doprava a také například cestovní ruch. Všechny tyto činnosti produkují škodlivé nežádoucí látky, jako jsou například pesticidy, různé formy uhlovodíků a těžkých kovů, které se dostávají buď do horninového prostředí nebo do vodních systémů a znečišťují tak přírodu kolem sebe. Ekologické zátěže představují i řadu rizik pro zdraví člověka, neboť některé kontaminanty mohou být velmi nebezpečné. Například když se do povrchové nebo podzemní vody dostane škodlivá látka, nastává obrovský problém s dostupností pitné vody. Vodu používáme k životu denně a je to nezbytný zdroj ke správnému fungování lidského organismu a také je důležitá při běžném provozu domácnosti. Z tohoto důvodu je nutná prevence proti vzniku ekologických zátěží. Dá se jí předcházet například řádnou likvidací odpadu, monitorováním nebezpečných materiálů a pravidelným prováděním environmentálního auditu (Talabi, 2019).

Řada ekologických zátěží vznikla neúmyslným únikem kontaminantů do horninového prostředí a podzemních vod. To je i případ, kterým se v této bakalářské práci budu zabývat. Hodnocen bude vliv bývalého státního podniku Transporta Chrudim, který se věnoval především průmyslové výrobě. Tento podnik bohužel stojí za vznikem obrovské ekologické zátěže, která postihla jeho blízké okolí a sousední obce. Do půdy a podzemních vod se dostaly především chlorované uhlovodíky (CIU) a jedná se převážně o odmašťovadla, která byla použita při výrobě (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019). Tato zátěž způsobila nedostupnost pitné vody pro okolní obce a narušila tak přírodní ekosystém.

Je velmi důležité dbát ohled na přírodu kolem nás, neboť její funkce jsou velmi vzácné a ochrana přírody před škodlivými vlivy člověka je jedním z nejdůležitějších úkolů v oblasti životního prostředí.

2. Cíle práce

Cílem mé bakalářské práce je posoudit vliv ekologické zátěže bývalého státního podniku Transporta Chrudim na horninové prostředí se zaměřením převážně na podzemní vody po sanaci. V rámci práce bude ověřeno, zda se v podzemních vodách stále nachází zbylé kontaminanty. V případě, že výsledky budou ukazovat přítomnost kontaminantů, bude posouzeno, zda jejich přítomnost nepřekračuje sanační limity.

Získané výsledky budou dále porovnány s výsledky cyklického monitoringu, který prováděla firma Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. Na základě výsledků bude vyhodnoceno, zda byla sanace horninového prostředí a podzemních vod účinná.

3. Literární rešerše

3.1 Podzemní vody

“Podzemní vodou rozumíme veškerou vodu v kapalném skupenství pod zemským povrchem, a to bez ohledu na to, zda vytváří souvislou hladinu či nikoliv“ (Šilar, 1996).

Podzemní vodou je například voda, která vyplňuje souvisle mezery mezi zrny říčních náplavů a vytváří z nich nádrž se souvislou hladinou, právě tak jako voda, která se do této nádrže prosakuje z povrchu v důsledku srážek. Část podzemní vody, která je obsažená v půdě, tj. ve vrstvě přírodní zeminy na rozhraní litosféry s atmosférou, se nazývá půdní voda. Výskyt, pohyb i složení podzemní vody jsou ovlivněny složením hornin a jejich uspořádáním v zemské kůře. Je důležité také zmínit pojem hydrogeologie, což je věda, která se zabývá zkoumáním podzemních vod (Šilar, 1996).

Podzemní voda je také součástí celkového oběhu vod na Zemi. Na rozdíl od povrchové vody ve vodních tocích bývá většinou skryta pod zemským povrchem a ve srovnání s povrchovou vodou je méně viditelná. Obvyklými povrchovými projevy podzemní vody jsou prameny. Časté dělení vod z hlediska jejich vztahu k zemskému povrchu na vody povrchové a podzemní (podpovrchové) může být zavádějící. Vždy se jedná o stejnou vodu, která se střídavě objevuje na zemském povrchu nebo v podzemí (Krásný, 2012).

Podzemní vodu lze rozlišit podle sil, kterým voda v půdě i hornině podléhá. Dělí se na tyto pásma (Šilar, 1996):

1. Voda hydrokopická – není pohyblivá vlivem gravitace, nemůže být využívána rostlinami a z půdy ji lze odstranit pouze vysokým zahřátím.
2. Voda kapilární – vyplňuje póry půdy či horniny, může být z horniny vytlačena nebo odebrána rostlinami.
3. Voda gravitační – vyskytuje se ve větších pórech, není vázána hydrokopickými ani kapilárními silami, tudíž se vlivem gravitace může pohybovat.

Důležitým bodem je také chemismus podzemních vod. Ten je dán druhem pevných nebo rozpuštěných látek ve vodě. Na rozdíl od povrchových vod mají vody podzemní méně rozkolísané fyzikálně chemické složení. Mají stálou teplotu, minimální přítomnost nebo absenci rozpuštěného kyslíku, vysoké koncentrace oxidu uhličitého, také zvýšené množství železa, manganu apod. Z rozpuštěných plynů je voda ovlivňována především CO_2 a H_2S , které poté zůstávají ve vodě ve formě iontů (Tourková, 1996).

Podzemní voda je hlavním zdrojem pitné vody pro světovou populaci a používá se pro domácí, zemědělské a průmyslové účely. Je také zvláště důležitým zdrojem v aridních oblastech, kde jsou povrchové vody a srážky omezené. Zajištění bezpečných a obnovitelných dodávek podzemní vody pro pitnou vodu je jedním z klíčových hnacích motorů udržitelného rozvoje národa. Nicméně urbanizace, zemědělské postupy, průmyslové aktivity a změna klimatu představují významná rizika pro kvalitu podzemních vod (Li et al., 2021).

3.2 Stará ekologická zátěž

„Za starou ekologickou zátěž považujeme závažnou kontaminaci horninového prostředí, podzemních nebo povrchových vod, ke které v minulosti došlo nevhodným nakládáním s rizikovými látkami, jako např. ropnými látkami, pesticidy, PCB, chlorovanými a aromatickými uhlovodíky, těžkými kovy apod.“ (MŽP ©2006).

Ekologická zátěž je tedy jev nebo stav, který dlouhodobě poškozuje prostředí a narušuje základní funkce krajiny (Havrlant, 1998). Tyto zátěže představují změnu složek v přírodním systému krajiny. Mají devastální účinky, znehodnocují kvalitu krajiny a také snižují její funkci a využití. Devastace je způsobena především odpady, které se bohužel ve světě neustále produkují jako nežádoucí složka. Kromě odpadů působí na znehodnocování krajiny a jiné aktivity, například těžba surovin, průmyslová výroba, doprava, cestovní ruch a jiné. Takové narušení krajiny se pak promítá v přírodě především v ovzduší, vodstvu, půdě, reliéfu a celkové fauně a flóře (Havrlant, 1998).

Kontaminovanými lokalitami mohou být například skládky odpadů, průmyslové a zemědělské areály, drobné provozovny, nezabezpečené sklady nebezpečných látek, bývalé vojenské základny nebo území postižená těžbou nerostných surovin. O závažnosti starých ekologických zátěží se rozhoduje pomocí metodiky kategorizace, která určí priority pro jejich odstraňování. Mezi důležitá kritéria patří rozsah kontaminace, nebezpečnost látek, kterými je lokalita znečištěna, způsob využití prostoru v současné době nebo záměry pro budoucnost (MŽP ©2006).

Ekologické zátěže se také promítají v mnoha různých aspektech. Objevují se v přírodě, společnosti, ekonomice atd. Jedná se tedy o tyto oblasti (Havrlant, 1998):

- Ekologické (přírodní) - dopady zátěže můžeme pozorovat ve změnách přírodního stavu fauny a flóry, ve změnách vazeb a vztahů mezi prvky a složkami a v celkové stabilitě systému.
- Sociální – důsledky se mohou projevat také ve spokojenosti občanů. Například v jejich chování i životním stylu a také ve změnách jako je migrace, dojíždka za prací apod.

- Zdravotní – zátěže mohou mít vliv také na zdraví člověka. Jak na fyzickou stránku, tak i na psychickou.
- Ekonomické – do této oblasti se zahrnují náklady za škody, ztráty, náklady na opatření, prevenci, potřeby zdravotnictví, také různé prostředky na ochranu přírody. Patří sem i nucená výstavba nových sídel, inženýrských sítí apod.

3.3 Posuzování vlivů ekologických zátěží na životní prostředí

„Posuzování vlivů na životní prostředí (dále jen „proces EIA, proces SEA“) je v České republice upraveno zákonem č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, v platném znění, který nahradil původní zákon č. 244/1992 Sb.“ (MŽP, ©2006).

Proces EIA má za úkol posuzovat vlivy na životní prostředí. Tento proces je založen na zkoumání a posuzování vlivů, které by mohly životnímu prostředí uškodit. Smyslem procesu je zjistit, popsat a následně zhodnotit předpokládané vlivy záměrů, které se teprve připravují. Cílem je především zmírnění možných nepříznivých následků a vlivů na životní prostředí, ale také na veřejné zdraví. V tomto významném procesu se posuzují stavby, činnosti a také různé technologie. Konkrétně jsou to projekty jako stavby, komunikace, těžby nerostných surovin, výrobní haly, provozy – jak nově vybudované, tak také jejich změny, například rozšiřování, změny technologií, navýšení kapacity apod. EIA probíhá zpravidla vždy dříve, než jsou záměry a projekty povoleny a než začne jejich samotná realizace. Bez závěru procesu nesmí být rozhodnuto o jeho povolení. Toto povolení vydává zpravidla příslušný úřad, například stavební (MŽP, ©2006).

3.4 Kvalitativní hodnocení rizik ekologických zátěží

Jednotlivá rizika kontaminace způsobena ekologickou zátěží jsou hodnocena následující formou: extrémní, vysoké, střední, nízké, žádné, neznámé (MŽP ©2006).

Tato rizika jsou v následujícím textu podrobně popsána:

- **Extrémní:** Působení zátěže je velmi silné, časově pravidelné nebo se periodicky opakuje. O zátěži je známo, nebo se předpokládá, že vážně poškozuje lidské zdraví. Práce a výrobní činnosti nejsou v oblasti zátěže povoleny. V oblasti zátěže může docházet ke kumulativní kontaminaci z vícenásobných expozičních cest, nebo ke komplexnímu účinku více látek, nebo jsou kontaminanty vysoce toxické nebo genotoxické. O extrémním riziku dále hovoříme, pokud lokalita zátěže sousedí s I. nebo II. pásmem hygienické ochrany, nebo pokud je ve vzdálenosti do 500 m po směru toku od lokality zátěže voda využívána jako pitná, nebo pro zahrádkářské účely (MŽP ©2006).
- **Vysoké:** Působení zátěže je silné, nepravidelné a dočasné. O vysokém riziku také hovoříme, pokud je lokalita zátěže zemědělsky využívána, avšak koncentrace kontaminantů nepředstavují nepřijatelné riziko při požití, vdechnutí nebo při kontaktu s pokožkou. Kontaminanty se však mohou kumulovat v rostlinných či živočišných tělech v takových koncentracích, že již mohou představovat extrémní riziko. V místě zátěže dochází k intenzivnímu působení na pracovníky, proto je nutné dodržovat dočasný pracovní cyklus, což má za následek jen relativně krátké expozice. O vysokém riziku dále uvažujeme, pokud je lokalita zátěže kontaminována vysoce toxickými nebo genotoxickými polutanty a existuje možnost jejího budoucího osídlení, nebo pokud je v lokalitě zátěže prokázána nebo velmi pravděpodobně očekávána kontaminace povrchových vod nebo zdrojů pitné vody (MŽP ©2006).
- **Střední:** Působení zátěže je na hranici akceptovatelných limitů. V místě zátěže je povolena jen dočasná práce kvůli relativně krátké době expozice. O středním riziku také hovoříme, pokud je lokalita zátěže kontaminována nízkou koncentrací toxických polutantů a kontaminace zasahuje pouze nenasycenou zónu, nebo pokud může nastat potenciální ohrožení jednotlivých vodních zdrojů, nebo lokalita zátěže nesousedí s I. či II. pásmem hygienické ochrany. Střední riziko dále

uvážujeme, pokud ve vzdálenosti 2 km od lokality zátěže ve směru proudění podzemní vody v puklinovém kolektoru, nebo ve vzdálenosti 1 km od zátěže ve směru proudění podzemní vody v průlinovém kolektoru není tato voda využívána jako pitná (MŽP ©2006).

- **Nízké:** Působení zátěže je slabé, podprůměrné. Je srovnatelné s příslušnými normami, jako jsou například hygienická omezení a limity nastavené v pracovním prostředí. Jedná se o nízké riziko, pokud jde o kontaminaci nízkou toxickými polutanty nebo ovlivňuje nesaturovanou oblast, kterou lze snadno sanovat. V okolí zátěže není přítomna populace, nebo není přímo ohrožena. Areál není zemědělsky využíván. Kontaminanty jsou obsaženy v takových koncentracích, že nemohou proniknout do systému vodovodního systému pitné vody. Látky nejsou přítomny v koncentracích, které by mohly být agresivní ve styku se stavebními materiály (MŽP ©2006).
- **Žádné:** Riziko je zde nulové (MŽP ©2006).
- **Neznámé:** Riziko není známo a nedá se ani s vysokou pravděpodobností předpokládat (MŽP ©2006).

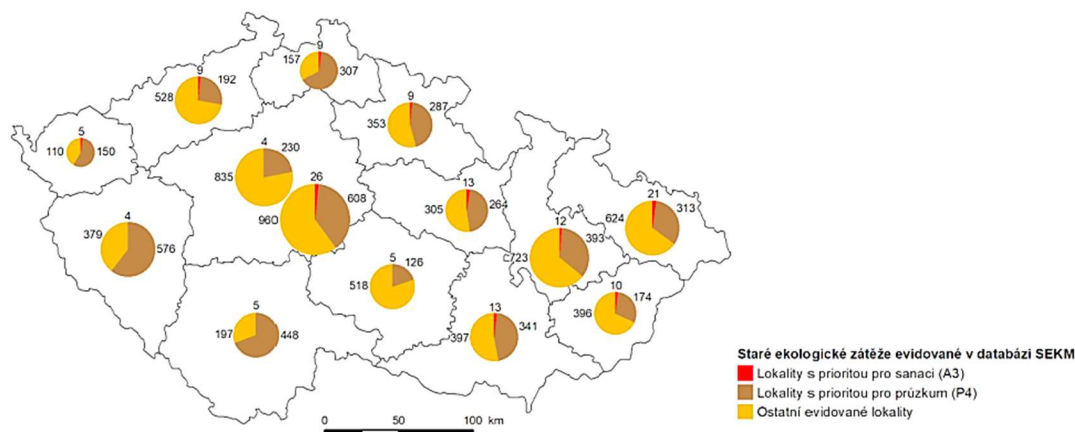
3.5 Současný stav ekologických zátěží v ČR

Výskyt staré ekologické zátěže v ČR je jedním z historických pozůstatků provozu po dobu více než 60 let (1938-1989), kdy úroveň ochrany životního prostředí a nakládání s nebezpečnými látkami v průmyslové a jiné výrobě nebyla vysoká. Odstraňování těchto historicky starých ekologických zátěží z velké části začalo až s nastolením demokracie na počátku 90. let. Přestože Česká republika od svého vzniku vynaložila na proces odstraňování starých ekologických zátěží více než 23 miliard korun, stále se nepodařilo zajistit jednotný způsob, jak k těmto zátěžím přistupovat. Některé oblasti dokonce nejsou řešeny vůbec. Vzhledem k tomu, že je touto situací vážně ohroženo zdraví obyvatelstva – a to buď přímo, nebo prostřednictvím kontaminované podzemní vody (která tak nemůže být využívána jako pitná) a přítomností závadných látek (pesticidy, PCB, těžké kovy, chlorované uhlovodíky, ropné látky a polyaromatické uhlovodíky), musí být tato nevyhovující situace urychleně řešena (MŽP, ©2006).

V České republice existuje přibližně 160 lokalit, které byly dříve kontaminovány pesticidy. Většina z nich nebyla nikdy sanována, tudíž tyto oblasti představují hrozbu pro životní prostředí (Šír et al., 2015).

Jedním z hlavních cílů Operačního programu ŽP pro období 2007–2013, je dokončení inventarizace, řešení a odstranění závažných starých ekologických zátěží. Tento postup je důležitý, neboť v současné době v ČR neexistuje právní úprava, která by mohla řešit staré ekologické zátěže komplexně. V působnosti MŽP ČR je řešeno několik oblastí starých ekologických zátěží. MŽP ČR však není odborným garantem všech starých zátěží, které jsou nyní v majetku státu nebo podléhají jeho kompetenci. Například sanace škod způsobených činností Armády ČR doposud patří pod Ministerstvo obrany. Ministerstvo průmyslu a obchodu má zase za úkol dohlížet na odstraňování starých ekologických zátěží v revitalizovaných oblastech (MŽP, ©2006).

Výsledky potvrdily, že rozsah starých ekologických zátěží v ČR, který plyne z nedostatečného řešení této problematiky, byl v minulých letech a stále je alarmující a urychlené řešení těchto zátěží je nezbytně důležité, především kvůli dopadům na zdraví obyvatelstva a na životní prostředí (MŽP, ©2006). Na obrázku č.1 je zobrazena mapa s výskytem ekologických zátěží v ČR za rok 2020, které jsou uvedeny v databázi systému evidence kontaminovaných míst. Tyto zátěže jsou následně děleny do tří ukazatelů: lokality s prioritou pro sanaci, lokality s prioritou pro průzkum a ostatní evidované lokality.



Obrázek č. 1: Počet lokalit SEZ evidovaných v SEKM v ČR, 2020 (www.issar.cenia.cz).

3.6 Kontaminanty vzniklé při starých ekologických zátěžích

Každý rok se na světě vyprodukuje miliony tun nebezpečného odpadu. Kvůli neefektivní technice nakládání s odpady a úniku nebezpečných odpadů byly tisíce míst v minulosti kontaminovány těžkými kovy a dalšími škodlivými látkami. To mělo obrovský dopad na kvalitu podzemních vod, půdy a souvisejících ekosystémů (Virkytyte et al., 2002). Vznik odpadů je doprovázen výrobní (průmysl, zemědělství, stavebnictví) i spotřební činností (služby, obchod, domácnost) dnešní společnosti. Většina odvětví produkuje odpady, které ale nejsou nebezpečné. Zvláštní způsob zacházení vyžadují nebezpečné odpady především z chemického průmyslu (Altmann, 1996).

Výskyt a množství znečištění závisí na množství transportovaného kontaminantu. Tyto škodlivé látky mohou být transportovány filtrací, sorpcí, chemickými procesy, mikrobiologickým rozkladem a ředěním (Talabi, 2019).

Ke každé škodlivé látce je nutné přistupovat individuálně. Musí se brát ohled na velikost a rychlost transportu z místa úniku, migrace z místa a jak dlouho se daný kontaminant v prostředí drží (Sims, 1990).

Hlavními cestami, kterými se kontaminanty mohou dostat do půdy, jsou (Němeček et al., 2010):

- Aplikace čistírenských kalů
- Závlahy znečištěnou říční vodou
- Aplikace pesticidů
- Hnojení půdy průmyslovými hnojivy
- Havárie
- Vulkanická činnost, sesuvy půdy apod.

Kontaminace se může projevovat především snížením hodnoty pH, zvýšením obsahu škodlivých látek, nepříznivými změnami poměru chemických látek, zvýšením patogenních organismů (hub, plísní, bakterií) a změnami fauny a flóry. Zdroje kontaminace mohou být jak přírodní, tak antropogenní (Kudelová et al. 1999).

Nejběžnější kontaminanty, které se v současnosti v ČR (ale často i ve světě) vyskytují jako hlavní součásti starých ekologických zátěží, jsou (Enviweb, 2021):

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

3.7 Rizika a prevence ekologických zátěží

Staré ekologické zátěže představují řadu rizik a ohrožují tak spoustu oblastí. Takovéto znečištění může způsobit nerovnováhu ekosystému, a kromě vážných nemocí může přivodit i smrt. Prevence je proto na prvním místě, neboť je ve všech případech šetrnější než sanace (Talabi, 2019).

Jak bylo již zmíněno, existuje zde řada rizik. Uvedené příklady jsou především ze znečištění a narušení povrchových a podzemních vod, neboť voda je k životu nezbytná.

Narušení nebo nerovnováha ekosystému

Příroda navrhla ekosystém tak, aby byl v rovnováze s jednou skupinou organismů závislých na druhé. Jakékoliv snížení nebo zvýšení populace skupiny by mohlo vést k nerovnováze ekosystému. Taková nerovnováha může mít dominový efekt na celý

system. Například u vodních živočichů. Na jedné straně je krokodýl jako predátor, který se živí rybami. Pokud ryby zemřou v důsledku znečištění vody, může to vést ke smrti hladem predátorů nebo jejich migraci (Talabi, 2019).

Nedostatek vody

Znečištění povrchových a podzemních vod může vést k nedostatku vody. Velmi velké procento světové populace je závislé na podzemních vodách v každodenním používání. Dojde-li ke znečištění ve velkém měřítku, jsou všichni spotřebitelé v komunitě nuceni tuto vodu přestat využívat. V takovém případě je tedy nezbytné hledat jiný zdroj zásobování vody. To bývá většinou velký problém, protože není snadné takový zdroj vody najít, aby byl dostupný pro velkou populaci lidí (Talabi, 2019).

Hazard se zdravím

Vliv znečištění podzemních vod na lidské zdraví může být ničující. Mohlo by způsobit vážné onemocnění, které může vést v některých případech i ke smrti. Mezi tyto onemocnění patří například nevolnost, bolest hlavy, onemocnění dýchacích cest, poškození jater, poškození ledvin a další. Pitím znečištěné vody onemocněly ve světě již miliony lidí. Proto je důležitá prevence (Talabi, 2019).

Mezi taková preventivní opatření patří například řádná likvidace odpadu, monitorování nebezpečných materiálů a pravidelné provádění environmentálního auditu. Investice do nezávadné pitné vody je důležitá nejen pro zdraví a hygienu, ale také pro životní prostředí. Znečištění podzemní vody může trvat roky, aniž by bylo detekováno. V momentě, kdy se na znečištění přijde, mohou nastat velké zmatky. Je tedy nutné mít účinné prostředky k zamezení znečištění podzemních vod. Takováto prevence je nejlevnějším a nejúčinnějším řešením. Prevence tedy kromě jiného šetří finance, neboť sanační metody jsou velice nákladné (Talabi, 2019).

3.8 Sanace starých ekologických zátěží

„Počátečním stupněm znalostí o starých ekologických zátěžích (i z hlediska historického vývoje) je ekologický audit, který pořizovali nabyvatelé v rámci privatizace průmyslových objektů. Tento audit určoval, zda je v privatizovaném podniku SEZ (stará ekologická zátěž) přítomna, jakého je druhu a jakou má velikost a intenzitu“ (Enviweb, 2021).

Dalším potřebným krokem je pak analýza rizika, která je zpracovaná na základě cíleného průzkumu a vyhodnocuje několik faktorů. Mezi ně patří škodlivost zátěže, riziko jejího šíření a stanovuje také nejvyšší přípustné koncentrace kontaminantů v daném prostředí, které se nazývají sanační limity. Toto se děje se na základě rozhodnutí České inspekce životního prostředí, které ukládá povinnost starou ekologickou zátěž odstranit (Enviweb, 2021). Sanaci ve většině případů předchází ještě další podrobný průzkum a poté se zvolí optimální sanační technologie. Po ukončení sanace ještě následuje postsanační monitoring, při kterém je ověřováno trvalé vyčištění lokality. Sanačních technologií je celá řada, ne všechny se ovšem v našich podmínkách stejně uplatní. Některé zůstávají stále ještě ve fázi experimentálního ověřování (Enviweb, 2021).

Kontaminace podzemních vod těžkými kovy, které pocházejí buď z přírodních půdních zdrojů, nebo z antropogenních zdrojů, je záležitostí nejvyššího zájmu pro veřejné zdraví. Sanace kontaminované podzemní vody je proto nejvyšší prioritou, protože ji miliardy lidí na celém světě používají k pitným účelům (Hashim et al. 2011).

3.9 Sanační technologie

Výběr vhodné technologie pro sanaci kontaminace na konkrétním místě je jedním z nejnáročnějších úkolů vzhledem k extrémně složitému chemickému složení půdy. V této otázce nelze navrhnout žádné jednoduché pravidlo. V minulém desetiletí hrály roli technologie na bázi železa, mikrobiální sanace, biologické redukce síranů a různé adsorbenty pro účinné sanační úlohy. S ohledem na otázky udržitelnosti a environmentální etiku se ve vhodných případech doporučuje přijmout technologie

zahrnující přírodní chemii, bioremediaci a biosorpci. Na mnoha místech mohou dvě nebo více technik fungovat synergicky (Hashim et al. 2011).

V některých situacích je dokonce zcela nezbytné využít dvě nebo více sanačních technologií, a to v případě, když je kontaminované prostředí znečištěno kombinací polutantů. Ve srovnání s jednorázovým znečištěním bývají procesy sanace půdy s kombinací škodlivých látek složitější (Ye et al. 2017).

Existuje zde také několik proměnných vlastností půdy, na které je třeba brát ohled při výběru sanační metody a které ovlivňují výskyt a rychlost rozkladu kontaminace. Mezi ně patří: teplota půdy, distribuce kontaminantů, pH, typ půdy, úroveň živin, hydraulická vodivost, geochemie a dostupnost akceptorů elektronů (Yeung, 2009).

Sanační technologie (čistící procesy) vyžadují jasné stanovení cílových parametrů a stávají se nedosažitelnými projekty především kvůli nejistotě (nedostatek přesných údajů o oblasti pokryté kontaminanty a jejím potenciaálním růstu). Aby byl proces čištění úspěšný, je nutné vzít v úvahu následující body (Čiháková, 2010):

- zvolit vhodné chemické látky podle kontaminovaného prostředí
- vyhodnotit fyzikálně-chemické vlastnosti nejdůležitějších kontaminantů a stanovit přiměřenou koncentraci čistících látek
- zvolit místo čištění podle umístění kontaminantů a jejich interakce s přírodním prostředím
- vypracovat studii proveditelnosti a zjistit, zda existuje více než jedna dostupná technologie
- případně nahradit čistící technologii, pokud přináší neúčinné nebo neefektivní výsledky.

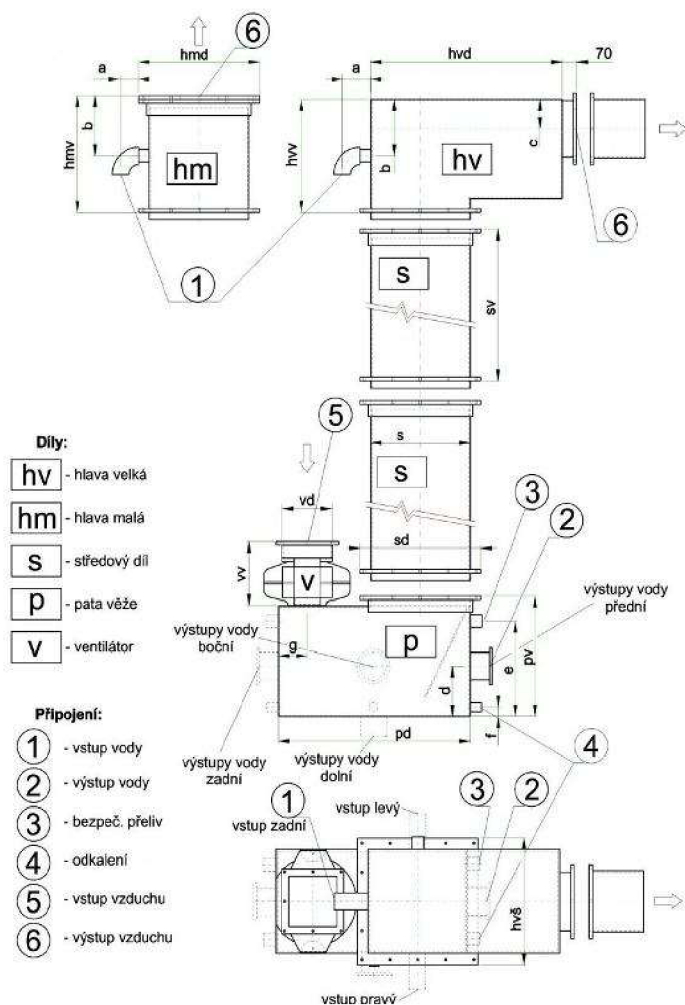
Sanace půdy lze dosáhnout různými metodami. Některé z těchto metod zahrnují fyzické vykopání a transport znečištěné půdy na skládky a jejich likvidaci. Jiné zahrnují použití technik extrakce rozpouštědlem, chemické oxidace, solidifikaci půdy a bioremediaci (Chibuike, 2013).

Mezi základní sanační technologie patří (Enviweb, 2021):

- Při čištění půd a horninového prostředí: odtěžení kontaminovaných vrstev a zasypání inertním materiálem. Kontaminovaný materiál se pak může na povrchu dále čistit (např. biodegradací ropných látek) nebo zůstat trvale uložen na skládce nebezpečných odpadů.
- Při čištění podzemních vod: sanační čerpání, při kterém se čerpaná voda různým způsobem čistí na povrchu (gravitační separací, stripováním, na aktivních filtrech, použitím odlučovače apod.) a poté se jako nezávadná vypouští zpět do horninového prostředí, popř. do toku nebo kanalizace.

3.9.1 Pro vzdušňovací (stripovací) věže

Pro vzdušňovací věž je zařízení sloužící k intenzivnímu provzdušnění vody a odvětrání nežádoucích látek. Při kontaminaci v podzemních vodách slouží k odstraňování těkavých látek z vody např.: nafty, benzínu, organických rozpouštědel, BTEX, PCE, TCE, DCE, obohacování podzemní vody kyslíkem pro biologické reakce (Ekomonitor, 2021). Na obrázku č.2 je zobrazeno schéma stripovací věže, včetně legendy s popisem dílů a připojovacích hrdel, které lze měnit dle úpravárenské technologie (Ekomonitor, 2021).



Obrázek č. 2: schéma stripovací věže (www.ekomonitor.cz).

3.9.2 Odlučovač lehkých kapalin

Odlučovače lehkých kapalin jsou určeny pro zachycení a odloučení lehkých kapalin, zejména ropných látek z odpadních vod a znečištěných podzemních vod. Odlučovač, který je zobrazen na obrázku č.3, slouží k čištění odpadních vod převážně z průmyslových provozů, mechanizačních středisek, odstavných a parkovacích ploch, mycích ramp, stavebních dvorů apod. Najdou uplatnění všude tam, kde dochází k úkapům lehkých kapalin nebo kde by mohlo dojít k většímu úniku lehkých kapalin do povrchových vod (Ekomonitor, 2021).



Obrázek č. 3: odlučovač lehkých kapalin (www.ekomonitor.cz).

3.9.3 Pokročilé sanační technologie

Existují také pokročilé sanační technologie a zde se preferují tzv. metody in situ. Ty spočívají převážně v tom, že se aktivní chemická látka aplikuje přímo do horninového prostředí a podzemní vody, kde poté reaguje s kontaminantem za vzniku neškodných sloučenin. Nejběžnější je chemická oxidace s využitím manganistanu draselného nebo směsi peroxidu vodíku a železa (Fentonovo činidlo). Mezi další pokročilou metodu patří ex-situ (Enviweb, 2021).

1) Sanace In situ

In-situ je metoda, která znamená to, že se něco vyskytuje na svém přirozeném místě a tam je to také zkoumáno. Je to tedy systém, kdy se kontaminovaná půda nepřesouvá, ale ošetřuje se tam, kde se nachází (Sims, 1990). Tato metoda oxidace organických polutantů je známá a využívána v oboru čištění odpadní půdy více než 100 let. Technologie in situ se používá především k čištění v zastavěných průmyslových areálech, kdy je potřeba zachování funkce stávajících budov, kdy nepřipadá v úvahu jejich demolice. Toto čištění spočívá v odsávání těkavých látek s půdním vzduchem, elektronické separaci v dalších různých metodách tepelného ošetření (Matějů, 2012).

Yeung (2009) uvádí výhody sanací in situ:

- vznik méně sanačních odpadních produktů, tudíž možnost přenosu mezi složkami kontaminantů a expozice člověka je podstatně nižší než u většiny typických ex-situ technologií,
- je požadováno méně povrchových provozních zařízení,
- může být použita na celou lokalitu nebo její část v závislosti na podmínkách lokality a cílech nápravy,
- může být používána ve spojení s jinými sanačními technologiemi nebo v návaznosti na ně,
- celkové náklady na tuto sanační metodu jsou nižší než u jiných sanací.

Mezi nevýhody in situ sanací patří (Yeung, 2009):

- větší časová náročnost,
- sloučeniny v půdě mohou vytvářet více toxické produkty degradace,
- je vyžadováno dlouhodobé sledování, kontrol,
- tato metoda může být veřejností vnímána jako negativní.

2) Sanace Ex situ

Technologie ex situ představuje čištění kontaminovaných materiálů po jejich vytěžení. Jedná se o postup, kdy je materiál ošetřovaný mimo místo jeho vzniku. Čištění musí samozřejmě probíhat v souladu s českou legislativou. Chemické postupy, které se nejčastěji používají pro vyčištění pevných kontaminovaných materiálů, jsou solidifikace a stabilizace. Poté pro odstranění kovů ze zemin se využívá praní půdy například na vypíracích linkách. Existují také fyzikální postupy pro eliminaci kontaminace. Patří mezi ně termická desorpce, spalování a také uzavření, nebo vitrifikace. Technologie ex situ je často považována za nákladnou, neboť zahrnuje vytěžení materiálů a následně jeho dopravu na místo, kde se poté čistí. Oproti způsobu in situ je tato metoda ve většině případech velice účinná, má kratší dobu trvání a umožňuje lepší sanační řízení celého procesu (Matějů, 2012).

4. Metodika

4.1. Popis zájmové lokality

Chrudim, je středně velké město ležící na rozhraní Železných hor a Polabské nížiny, 110 km východně od Prahy, hlavního města České republiky, 10 km jižně od krajského města Pardubic a 33 km od Hradce Králové. Geomorfologicky se město nachází ve Svitavské tabuli, která je součástí České tabule. Na jihu Chrudimi se tyčí Železné hory s nejvyšší horou Vestec (668 m n. m.). Městem protéká řeka Chrudimka pramenící v CHKO Žďárské vrchy (20 km jihovýchodně) a poté se vlévá do Labe v Pardubicích. U obce Seč na něm byla vybudována údolní přehrada, která je velmi intenzivně využívána k rekreaci a vodním sportům. Klima Chrudimi v České republice lze označit za nadprůměrně teplé s průměrným úhrnem srážek. Svou polohou na jižním okraji České tabule patří město k oblasti bohaté na zásoby podzemních vod. Město leží v nadmořské výšce 243-300 metrů nad mořem (Chrudim.eu., 2017). Na obrázku č.4 je zobrazena přehledná mapa s polohou města Chrudim.



Obrázek č. 4: poloha města Chrudim v mapě ČR (www.penzionchrudim.cz).

Polohu města Chrudim v Pardubickém kraji lze hodnotit jako velmi významnou vzhledem k blízkosti a dostupnosti krajského města, které je populačním a ekonomickým centrem regionu. Skutečnost, že se Chrudim nachází v těsné blízkosti metropolitní oblasti Hradec-Pardubice, pátého nejlidnatějšího urbanizovaného prostoru České republiky, umocňuje jeho polohu jako význam rozvojových faktorů. Chrudim se rozkládá na ploše 3 315 hektarů. Detailnější uspořádání města Chrudim je

zobrazeno na obrázku č.5. Oblast tvoří převážně zemědělská půda (75 % celkové plochy). Stavební plocha je 175 hektarů, což představuje asi 5 %. Rodinný dům zaujímá 7,47 ha, ale zahrnuje zahrady a přilehlé pozemky o velikosti 86,11 ha. Bytový dům navíc zaujímá plochu 5,76 hektaru. Průmyslové budovy a areály se nacházejí na okraji města o rozloze cca 62 hektarů. Plocha pro hospodářské využití je 83 hektarů. Jedná se především o areál bývalé strojírenské společnosti Transporta a území nově budovaných průmyslových areálů Chrudim západ a Chrudim sever, dále oblast Májov, kde sídlí malé firmy zabývající se obchodem, logistikou, nákladní dopravou a dalšími oblastmi (Chrudim.eu., 2017).



Obrázek č. 5: zobrazení uspořádání města Chrudim (www.cuzk.cz).

4.2. Historie Transporty Chrudim

Základ podniku Transporta byl položen Františkem Wiesnerem v roce 1855 (Strojárna pana Františka Wiesnera v č. p. 328/IV). Zápis do obchodního rejstříku byl proveden ke dni 23.6.1864. První dílna F. Wiesnera byla zpočátku umístěna u dnešního kostela „Na Kateřině“, v roce 1869 se přemístila do prostoru dnešní tiskárny Slavík na Masarykově náměstí a konečně v letech 1880 až 1885 začala výstavba tzv. „starého“ závodu. Tato výstavba byla dokončena ještě v době II. světové války. „Nový závod“ byl budován na zelené louce od května 1948. Do roku 1952 byly postaveny základní objekty dnešní konfigurace. Výstavba pak průběžně pokračovala a byla dokončena

halou, novým vstupem do podniku a slévárnou. Kompletně dokončená budova a areál podniku Transporta Chrudim jsou zobrazeny na obrázku č.6. Privatizace podniku byla uskutečněna k 1.5.1992 (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).

Výrobní program podniku Strojírna pana Františka Wiesnera“ a následně „TRANSPORTA“ v čase byl přibližně následující (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019):

- zámečnické práce
- opravářské práce (1850)
- dodavatelské práce (lihovary, cukrovary)
- zařízení pro železnici (1870)
- stroje pro zemědělství, lihovary, cukrovary, pivovary, mlýny (1875–79)
- slévárenské odlitky
- výroba mostních vah (1870)
- výroba vah (1891)
- výroba nářezových strojů
- výroba spalovacích motorů (1905)
- výroba nerezového nádobí a příborů (1937)
- výroba kotlů
- výroba zařízení pro elektrárny
- výroba lanovek (1921)
- výroba lyžařských vleků
- válečná výroba (II. světová válka)
- výroba ocelových konstrukcí, mostů (po 1945)
- výroba kabelových jeřábů, řetězových dopravníků
- výroba zauhlovacích zařízení
- výroba nakladačů
- výroba podvalníků
- výroba pásových dopravníků
- výroba vysokozdvížných vozíků
- výroba pohyblivých schodů



Obrázek č. 6: Areál Transporty Chrudim v sedmdesátých letech (www.retrofotr.cz).

4.2.1 Historie ekologické zátěže v zájmovém území

Vznik ekologické zátěže v lokalitě bývalého státního podniku Transporta Chrudim byl zjištěn již v roce 2003. Na základě průzkumných prací, jejichž provedení zajistila Česká Inspekce Životního Prostředí – Oblastní Inspektorát (dále jen ČIŽP OI) Hradec Králové, byl v souladu §40 zákona 254/2001 Sb. dne 18.9.2003 Městský úřad Chrudim – odborem životního prostředí vyhlášen havarijní stav na podzemních vodách na lokalitě bývalého s.p. Transporta Chrudim a jeho okolí, a to především v severním předpolí areálu Transporta-nový závod. V období září až listopad 2003 byla na základě zadání MŽP ČR pro zájmovou lokalitu bývalého s.p. Transporta Chrudim a okolí zpracována analýza rizika a projektová dokumentace nezbytně nutných protihavarijních opatření. V průběhu ledna 2004 přechází zákonná odpovědnost řešení havarijního stavu na zájmové lokalitě z MŽP ČR na Pardubický kraj, který následně v souladu s výsledky jím uspořádaného výběrového řízení a uvedenou projektovou dokumentací zadává realizaci protihavarijního opatření č. 1 a cyklického monitoringu jakostí podzemních a povrchových vod na celé zájmové lokalitě. Tyto práce jsou realizovány od března 2004. Protihavarijní opatření č. 1

zahrnuje především zbudování, provoz a optimalizace ochranné hydraulické bariéry na podzemních vodách na severovýchodní hranici areálu Transporta – nový závod a jak již je výše uvedeno cyklický monitoring jakosti podzemních a povrchových vod v obou areálech Transporta a širokém okolí. Uvedená nezbytně nutná protihavarijní opatření a cyklický monitoring jakosti podzemních vod byly realizovány od data započetí prací v roce 2004 do konce roku 2016. Výsledkem těchto protihavarijních opatření je především zastavení výnosu kontaminantů podzemní vodou za hranice areálu bývalého s.p. Transporta – nový závod a celkové snížení kontaminace CIU v podzemních vodách jak v areálu bývalého s.p. Transporta – nový závod, tak také v severním předpolí ve směru k obcím Dřenice a Medlešice a jejich okolí (Ekomonitor-závěrečná zpráva za rok 2019).

V průběhu realizace uvedených protihavarijních opatření byly mimo 44 zpráv o průběhu a dosažených výsledcích sanačních prací zpracovány také 3 aktualizace Analýzy rizika z roku 2003. Tyto aktualizace analýzy rizika byly zpracovány v roce 2005, 2009 a 2014. Po ukončení uvedených protihavarijních opatření (sanace podzemních vod a pravidelného cyklického monitoringu) byl v letech 2017 až 2019 průběžně realizován postsanační monitoring jakosti podzemních a povrchových vod. V roce 2009 je zpracována projektová dokumentace „Řešení staré ekologické zátěže na lokalitě bývalého s.p. Transporta Chrudim, areál Nový závod – odstranění ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí“, jejímž základním cílem bylo řešení kontaminace pouze nesaturované zóny horninového prostředí v ohniscích kontaminace na předmětné lokalitě. Aktualizace této projektové dokumentace byla na žádost objednatele provedena k datu 8.8.2011. Podkladem pro tuto aktualizaci byl dokument předaný Ministerstvem životního prostředí „Posouzení nákladů projektu a rozpočtu sanačních prací“. V srpnu 2012 je dodavatelem nápravných opatření, sdružením „Transporta 2012“, zpracována realizační dokumentace akce „Řešení staré ekologické zátěže na lokalitě bývalého s.p. Transporta Chrudim, areál Nový závod – odstranění ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí“, která je následně odsouhlasena dotčenými subjekty a orgány státní správy (Ekomonitor-závěrečná zpráva za rok 2019).

Dne 16. ledna 2013 je objednatelem zadavateli protokolárně předáno staveniště a 17. ledna 2013 je zahájena realizace nápravných opatření v souladu s realizační

projektovou dokumentací akce „Řešení staré ekologické zátěže na lokalitě bývalého s.p. Transporta Chrudim, areál Nový závod – odstranění ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí“. Dne 31. srpna 2014 byla shora uvedená realizace projektu „Řešení staré ekologické zátěže na lokalitě bývalého s.p. Transporta Chrudim, areál Nový závod – odstranění ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí“ úspěšně ukončena. Odstranění ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí bylo provedeno formou sanační odtěžby kontaminovaných materiálů a aplikace zvolené nejvhodnější inovativní sanační metody (aplikace Fentonova činidla). Součástí realizace projektu „Řešení staré ekologické zátěže na lokalitě bývalého s.p. Transporta Chrudim, areál Nový závod – odstranění ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí“ bylo zpracování Aktualizace analýzy rizika zaměřené na výsledky a vyhodnocení sanačních prací provedených v rámci tohoto projektu (tzn. odstranění ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí). Po ukončení realizace projektu „Řešení staré ekologické zátěže na lokalitě bývalého s.p. Transporta Chrudim, areál Nový závod – odstranění ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí“ byl v souladu s podmínkami poskytnutí podpory a dle požadavku MŽP a SFŽP zahájen postsanační monitoring s cílem prokázání udržení dosažených cílů projektu. Monitoring byl zahájen v roce 2015 a byl průběžně realizován do roku 2019 (Ekomonitor-závěrečná zpráva za rok 2019).

4.2.2 Podrobnosti zátěže v areálu Transporta Chrudim

Informace o areálu

Bývalý průmyslový areál Transporta se nachází ve městě Chrudim. V bezprostředním okolí Nového závodu se nachází průmyslová zóna města Chrudimi, železniční trať, zemědělsky využívané pozemky a městská zástavba. Na lokalitě je od roku 2004 v areálu bývalého s.p. Transporta Chrudim-Nový závod provozována ochranná hydraulická bariéra na podzemních vodách, která je situována na severovýchodní hranici tohoto areálu s cílem zamezit výnos kontaminace za hranice areálu do severního předpolí, a tedy ve směru k obcím Dřenice a Medlešice a jejich okolí. Toto bezodkladné nápravné opatření je provozováno dle § 42 ods. 4 vodního zákona z

prostředků zvláštního účtu zřízeného krajem (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2014).

V současnosti, a také bude plánovaně v budoucnu areál využíván k průmyslové činnosti. V rámci konkursního řízení (konkurs prohlášen usnesením Krajského soudu v Hradci Králové dne 16. září 1999) byl majetek a. s. Transporta Chrudim prodán řadě subjektů, které provozují rozmanitou obchodní činnost (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2014).

Dělení lokality

Lokalitu dělíme podle rozšíření chlorovaných uhlovodíků na (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019):

- severní předpolí areálu Transporta – nový závod, oblast obcí Dřenice a Medlešice
- oblast severovýchodní hranice areálu Transporta – nový závod (tato hranice je definována jednak hranicemi pozemkových parcel a dále ji lze definovat linií sanačně-monitorovacích vrtů TJ-1 až TJ-9, které se nacházejí v těsné blízkosti této hranice areálu).

Kontaminace

Kontaminace na lokalitě je úzce spjata s předchozí průmyslovou výrobou. Jedná se o kontaminaci chlorovanými alifatickými uhlovodíky (CIU) a to především 1,1,2,2,-tetrachlorethenem (PCE), 1,1,2-trichlorethenem (TCE) a 1,2-cis-dichlorethenem (DCE), dále také monocyklickými aromatickými uhlovodíky (BTEX) a ropnými uhlovodíky. Jsou to odmašťovadla, rozpouštědla vosků, pryskyřic, olejů, laků apod., chladiva, anestetika. Tyto látky, zejména chlorované alifatické uhlovodíky, byly na předmětném území bývalého s.p. Transporta Chrudim využívány v rámci strojírenské výroby jako odmašťovadla a rozpouštědla (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).

1. Nesaturovaná zóna

Jediným přetrvávajícím problémem na předmětné zájmové lokalitě Transporta Chrudim – nový závod byla stálá dotace CIU z ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí do podzemních vod. Lze konstatovat, že při ponechání ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí bez provedení nápravných opatření vedoucích k eliminaci jejich závadného stavu, a dále při odstavení ochranné hydraulické bariéry z provozu, dojde v horizontu 5–8 let opětovnému rozšíření kontaminace CIU prostřednictvím podzemních vod do stavu míry a rozsahu kontaminace odpovídající roku 2004 (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2014).

2. Saturovaná zóna

Kontaminace horninového prostředí je v saturované zóně, resp. v podzemních vodách, tvořena dominantně CIU. Kontaminace CIU proniká do svrchní části saturované zóny a podzemních vod v místě ohnisek kontaminace v prostoru areálu Transporta Chrudim-nový závod a následně prostřednictvím přirozeného proudění podzemních vod je rozvlékána ve směru jejího proudění. Z prostoru areálu bývalého s.p. Transporta Chrudim-nový závod se kontaminace šíří ve směru proudění podzemních vod, tzn. v severovýchodním směru. Za hranicí areálu dochází ke změně směru šíření kontaminace, která se stáčí více k severu. Dále se kontaminace v severním předpolí areálu Transporta – nový závod migruje směrem k obcím Dřenice a Medlešice (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2014).

Následně kontaminace vod proniká do zemědělských drenážních systémů uložených pod pozemky v severním předpolí. Tyto drenáže jsou vyústěny do místních vodotečí u obcí Dřenice a Medlešice a dochází také v těchto oblastech ke kontaminaci povrchových vod CIU. Z výše uvedeného vyplývá, že plošný rozsah kontaminace podzemních vod CIU je velký (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2014).

Postup sanačních prací

Nápravná opatření k vedoucí k odstranění ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí v areálu Transporta Chrudim – nový závod byla řešena formou vymístění veškerých zemin z ohnisek kontaminace, které vykazovaly znečištění v úrovni nad cílovými parametry nápravných opatření. Zeminy kontaminované v úrovni pod cílovými parametry byly použity na zpětný zásyp sanačních výkopů. Po odtěžení byly vzniklé odpady tříděny a dle jejich parametrů předávány k odstranění oprávněnému subjektu. Po vymístění kontaminovaných zemin byl prostor sanačních výkopů zavezen vhodným inertním materiálem (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2014).

Výše uvedené zbytkové znečištění zemin bylo řešeno tak, že v rámci závozu sanačních výkopů byly na jejich dně v celé ploše zbudovány velkoobjemové zasakovací drény, které byly využity k zasakování dekontaminovaných podzemních vod z provozu ochranné hydraulické bariéry. Zasakováním dekontaminovaných podzemních vod bylo intenzifikováno vymývání zbytkového znečištění do podzemních vod, které bylo zachytáváno na ochranné hydraulické bariéře. Další zvýšení účinnosti odstraňování zbytkového znečištění CIU bylo provedeno za pomoci aplikace Fentonova činidla s cílem zajistit chemickou oxidaci CIU, kdy především chemickými procesy dojde k přeměně toxických organických a anorganických nebezpečných látek na netoxické produkty (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2014).

Tento postup sanačních prací vyžadoval souběžný provoz ochranné hydraulické bariéry na podzemních vodách po celou dobu vymístění kontaminovaných zemin. Současným průzkumem ve vyčištěných ohniscích nesaturované zóny horninového prostředí, byly v zásypových materiálech a v zeminách kontrolně ověřeny koncentrace sledovaných polutantů. Výsledek ukázal koncentraci kontaminantů hluboko pod sanační limity. Na základě těchto pozitivních výsledků lze konstatovat, že prostory vysanovaných ohnisek již nepředstavují nebezpečí z hlediska dotace sledovaných kontaminantů, a to zejména CIU, do podzemních vod (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2014).

Cíle realizace

Cílem realizace nezbytně nutných protihavarijních opatření jsou, v souladu s § 42 odst. 4 zákona číslo 254/2001 Sb., o vodách, v platném znění (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019):

- zamezení migrace prioritních kontaminantů, tj. těkavých chlorovaných uhlovodíků podzemními vodami vně areálu bývalého s. p. „Transporta – nový závod“, resp. zamezení dalšího působení havárie na podzemních a povrchových vodách
- sledování vývoje, míry a rozsahu kontaminace horninového prostředí, resp. podzemních vod zájmové lokality bývalého s. p. Transporta (tj. „Transporta – nový závod“, „Transporta- nový závod a severní předpolí“ a „Transporta- starý závod“), prioritně směrem k využívaným zdrojům pitné vody pro zásobování obyvatelstva.

Způsob financování projektu

Projekt byl financován během průběhu let z několika zdrojů. Finance pocházely z rozpočtu ČIŽP, rozpočtu MŽP, rozpočtu Pardubického kraje, rozpočtu města Chrudim a také z fondů Evropské unie prostřednictvím OPŽP (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).

4.3. Protihavarijní opatření

1) Hydraulická bariéra

Prvním protihavarijním opatřením byla hydraulická bariéra, který se skládá z následujících základních prvků (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019):

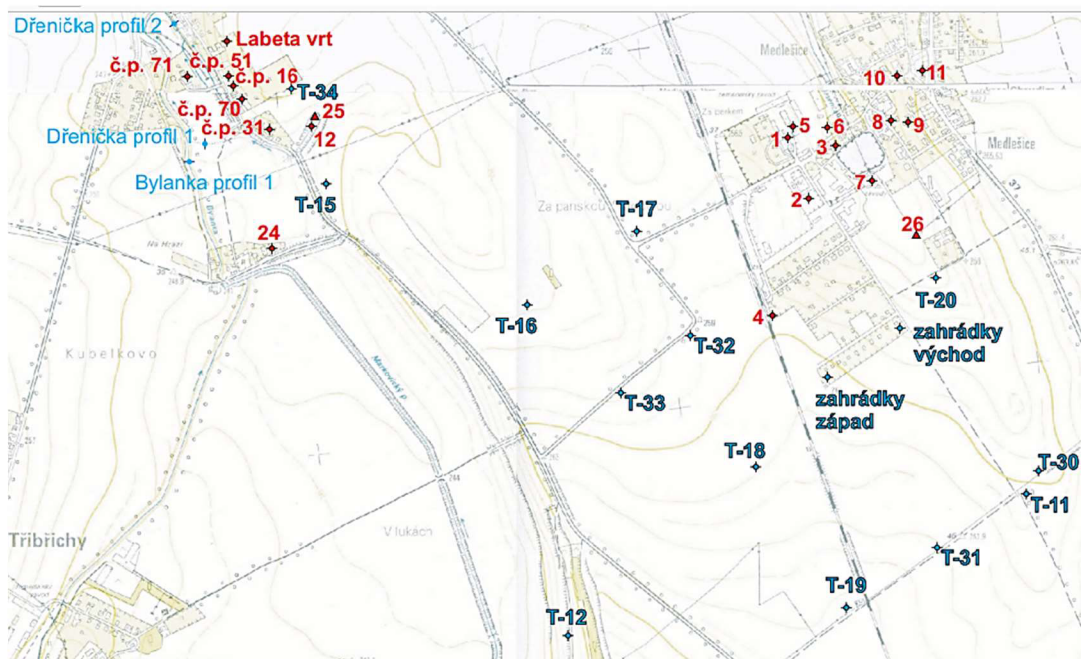
a) 14 ks HG vrtů TJ-1 až TJ-7, TJ-10, TJ-11, TJ-12, TJ-13, T-28, T-29 a T-35 (vrty TJ-10 a TJ-11 byly do ochranné bariéry zařazeny v závěru roku 2006, vrty TJ-12 a J-13 byly do ochranné bariéry zařazeny v závěru roku 2008, vrty T-28, T-29 a T-35 byly do ochranné bariéry zařazeny v závěru roku 2011)

- b) systému čerpání podzemních vod uzpůsobeného pro zimní provoz
- c) systému přečerpávání a dekontaminace podzemních vod uzpůsobeného pro zimní provoz
- d) automatické řídicí, napájecí a ovládací části (napájecí a ovládací rozvaděč, komplety pro snímání úrovní hladin)
- e) sanační technologie na dekontaminaci podzemních vod uzpůsobené pro zimní provoz, která se skládá ze stripovací kolony SK 100/300 (odstraňování těkavých kontaminantů – CIU, příp. BTEX) a odlučovače ORL-4 (odstraňování kontaminantů na bázi ropných látek – NEL)

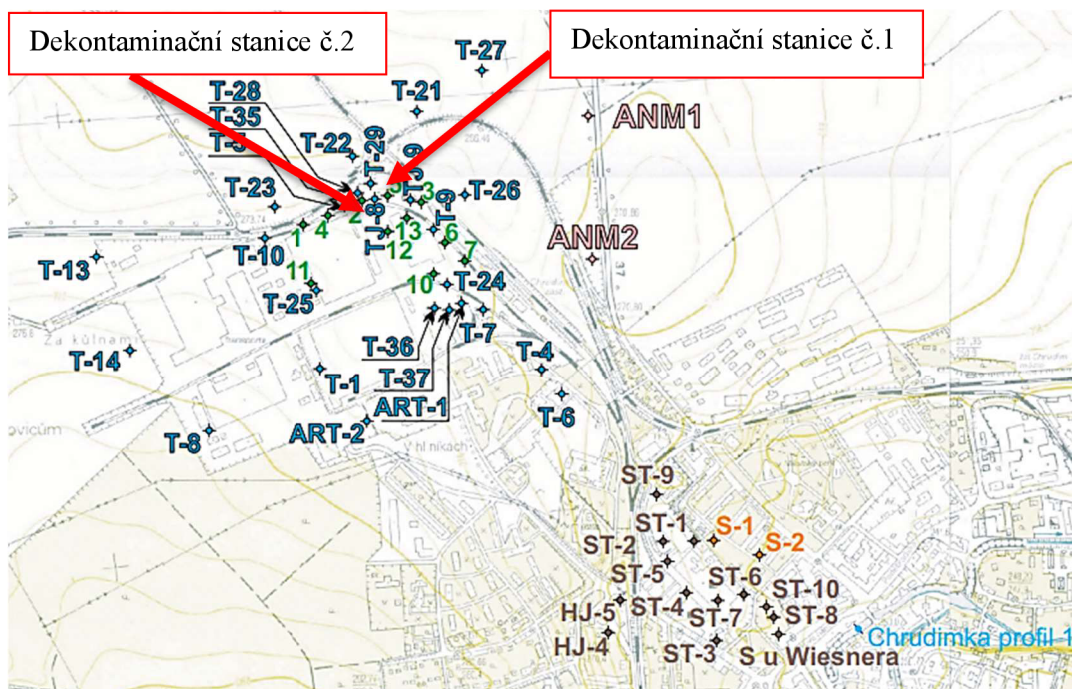
Sanační technologie je v souladu s prováděcím projektem a realizační dokumentací tvořena jednou provzdušňovací věží SK 100/300 (název věže) a jedním gravitačně-sorpčním odlučovačem ropných látek ORL-4, na které je čerpána kontaminovaná voda hydrogeologických objektů TJ-1, TJ-2, TJ-3, TJ-4, TJ-5, TJ-6, TJ-7, TJ-10, TJ-11, TJ-12, TJ-13, T-28, T-29 a T-35. Jako záložní technologie je instalována provzdušňovací věž SK 60/800 (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).

Voda z výše uvedených hydrogeologických objektů je nejprve čerpána do slučovací nádrže v dekontaminační stanici č. 1. Každý jednotlivý nátok čerpané podzemní vody ze sanovaných vrtů do této slučovací nádrže je osazen vodoměrem a vzorkovacím kohoutem. Následně je voda ze slučovací nádrže čerpána do gravitačně-sorpčního odlučovače ropných látek ORL-4. Poté je voda gravitačně odváděna do přečerpávací nádrže č. 1, ze které je přečerpávána do dekontaminační stanice č. 2 na provzdušňovací věž SK 100/300. Tato provzdušňovací věž je na výduchu technického vzduchu vybavena filtrem (náplň AC, příp. carbotex) pro záchyt odloučených CIU. Poté je voda gravitačně odváděna do vnitropodnikové kanalizace, která se nachází v severozápadní části areálu bývalého s.p. Transporta Chrudim – nový závod. Tato kanalizace je následně poblíž obce Třebřichy zaústěna do povrchové vodoteče Markovický potok. Na obrázku č. 7 je zobrazena podrobná mapa severního předpolí areálu Transporta – nový závod, oblast obcí Dřenice a Medlešice, kde jsou vyznačeny hydrologické objekty (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).

Obrázek č. 8 poté zobrazuje mapu hydrologických objektů vytvořených v okolí podniku Transporty Chrudim (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).



Obrázek č. 7: Hydrologické objekty v severním předpolí a okolí. Tmavě modrá čísla značí vytvořené vrty, červená čísla vyznačují domovní nebo veřejné studny. Světle modré nápisy zobrazují profil vodotečí (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).



Obrázek č. 8: Hydrologické objekty v okolí podniku Transporta Chrudim. Tmavě modrá, zelená a růžová barva značí vytvořené vrty v okolí Transporta-nový závod, hnědá a oranžová vyznačují vrty vytvořené v okolí Transporta-starý závod. Světle modrý je profil vodoteče a šipky ukazují na místa dekontaminačních stanic (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).

2) **Cyklický monitoring**

Průběžný monitoring jakosti podzemních a povrchových vod se sestával z odběrů vzorků z vybraných objektů monitorovaných v rámci doprůzkumu v roce 2003, které byly doplněny o nově zbudované hydrogeologické vrty a profily vodotečí Bylanka, Dřenička a Jesenčanka, příp. dle aktuálních informací o vývoji míry a rozsahu kontaminace o další objekty a profily. V období od března 2004 do prosince 2016 včetně bylo v rámci realizace protihavarijních opatření na podzemních vodách provedeno 154měsíčních monitorovacích cyklů (Ekomonitor, zpráva z kontrolního dne z roku 2017).

Tento řádný cyklický monitoring jakosti podzemních a povrchových vod byl v uplynulém období dále doplněn o monitoring jakosti podzemních vod na vybraných vrtech vždy po dobu odstávky provozu ochranné hydraulické bariéry v rámci zahájeného intervalového provozu bariéry (Ekomonitor, zpráva z kontrolního dne z roku 2017).

3) **Postsanační monitoring**

Monitorovalo se metodou vzorků. Odběr vzorků podzemní vody z dynamické hladiny byl u monitorovacích hydrologických (dále jen HG) objektů proveden pomocí ponorného čerpadla např. Gigant a ponorného in-line čerpadla např. Whale od firmy Eijkelkamp, v případě potřeby odčerpání většího množství vody byly použity výkonnější čerpadla, např. Grundfos. U objektů osazených technologickými čerpacími soubory pro případné sanační čerpání byl odběr vzorku proveden ze vzorkovacího ventilu příslušného HG objektu (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).

Doba čerpání podzemní vody pro zajištění dynamického stavu objektu před vlastním odběrem byla odvislá od objemu vody v monitorovaném objektu a od ustálení vodivosti, teploty a pH v čerpané podzemní vodě. Hloubka zapuštění čerpadla byla uzpůsobena dle konstrukčních parametrů monitorovaného objektu, obvykle byla cca. 0,5 m nade dnem vzorkovaného objektu. Vzorky podzemní vody byly odebírány do skleněných vzorkovnic s teflonovým těsněním. Způsob odběru byl podřízen

požadavkům laboratoře. Manipulace se vzorkovnicemi byla omezena na minimální technologicky nezbytnou dobu mimo dosah vnějších zdrojů kontaminace. Vzorky vod byly ve vzorkovnicích dobře uzavřeny a chráněny před účinky světla a tepla v chladicím boxu (2-5°C) a následně dopraveny k analýze do laboratoře (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).

Odebrané vzorky byly opatřeny štítkem, na kterém byla napsána lokalita, označení vzorku a čas odběru. Do laboratoře byly vzorky předány s předávacím protokolem a s protokolem o odběru vzorků, ve kterém byl vyplněn název lokality, číslo zakázky, důvod odběru vzorků, označení vzorku, charakteristika objektu, hladina vody před čerpáním od o. b., hloubka objektu od o. b., výška odměrného bodu, průměr výstroje objektu, odčerpaný objem před odběrem, způsob odběru, volná fáze na hladině, hladina vody při odběru od o. b., čas odběru, doba čerpání, typ čerpadla, terénní měření (pach, barva, zákal, teplota, pH, konduktivita, kyslík, redox, aj.), konzervace, použité měřidlo, kdo odebral vzorek, způsob uložení vzorků a doprava, datum a osoba při předání do laboratoře. Poté následoval monitoring cca 1x za rok (Ekomonitor, závěrečná zpráva za rok 2019).

4.4. Účinnost hydraulické bariéry

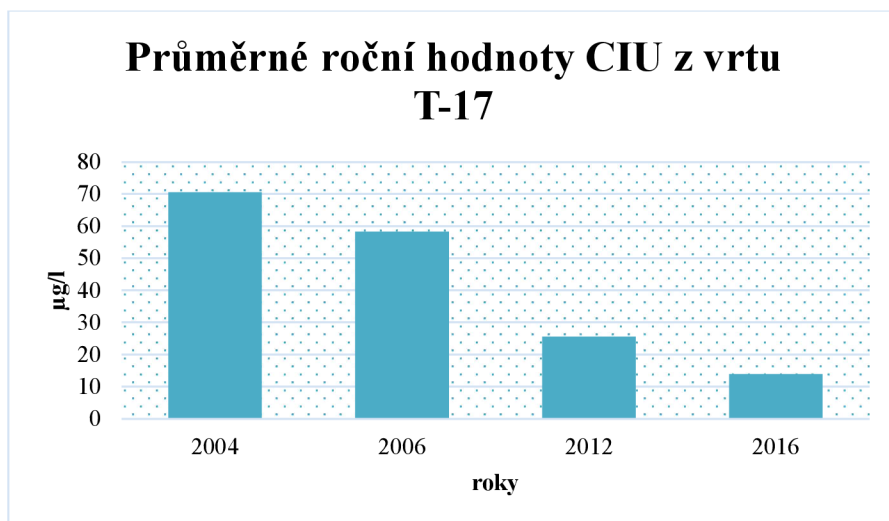
Vzhledem ke kladným výsledkům projektu je zřejmé, že hydraulická bariéra a vybrané sanační postupy, byly účinné. Tento fakt lze hodnotit na základě výsledků z postsanačního monitoringu, kdy se během let ověřovalo, zda se v podzemních vodách stále nachází zbylé kontaminanty, a případně v jaké míře. V grafech prezentovaných v kapitole 5 jsou prezentovány průměrné roční koncentrace chlorovaných uhlovodíků ze začátku sanace, postsanačního monitoringu a odběru v roce 2022.

5. Výsledky práce

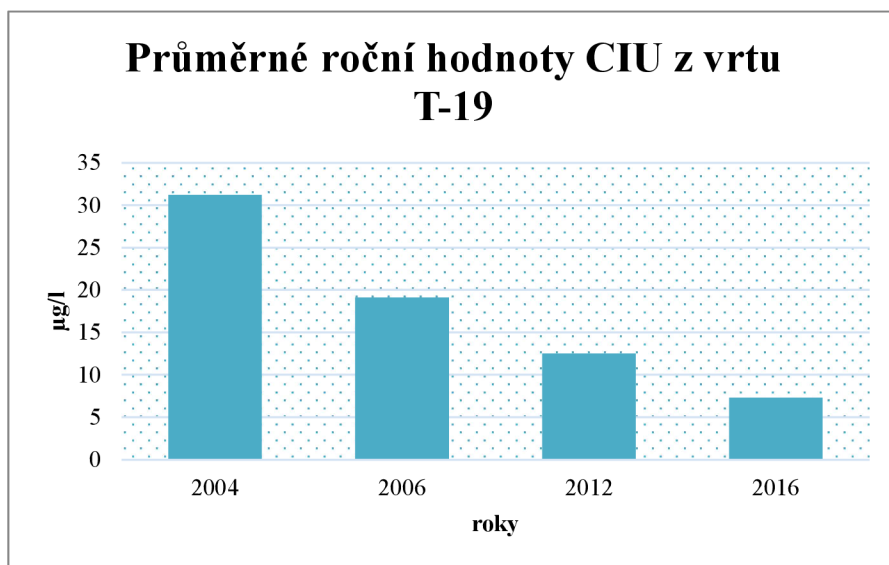
5.1 Naměřené koncentrace stanovovaných látek na začátku sanace a v průběhu monitoringu

Naměřené hodnoty koncentrací stanovovaných látek jsou poskytnuté z projektových dokumentací z firmy Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o., tyto jsou konkrétně z vrtů v předpolí T-17, T-19, T-32, ze kterých byly odebrány i současné vzorky, aby výsledky byly autentické. Změny celkových koncentrací chlorovaných uhlovodíků (CIU) ve vzorcích podzemní vody ve zvolených vrtech jsou prezentovány na obr. č. 9 (vrt T-17), 10 (vrt T-19) a 11 (vrt T-32). Na obr. č. 9 až 11 jsou prezentovány průměrné roční koncentrace za roky 2004 (začátek sanace), 2006 a 2012 (průběh sanace) a 2016 (konec sanace). Z obr. č. 9 až 11 je patrný pokles hodnot průměrných ročních koncentrací CIU v průběhu sanace ve vzorcích ze všech tří vrtů. Průměrné roční koncentrace v roce 2004 dosahovaly vysokých hodnot (až 70 µg/l ve vrtu T-17), ale v porovnání s okolím podniku, ze kterého kontaminanty unikaly, jsou uvedené hodnoty stále velmi nízké (zde byly naměřeny průměrné roční koncentrace až 3000 µg/l).

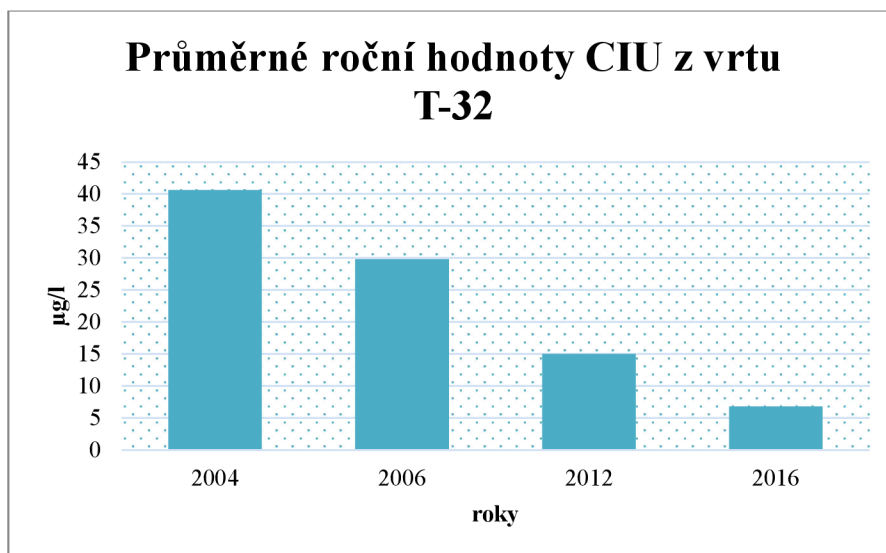
Z hlediska porovnání naměřených koncentrací CIU v rámci tří vybraných vrtů obr. č. 9 až 11 ukazují, že nejvyšší průměrné roční koncentrace byly naměřeny ve vzorcích z vrtu T-17. Průměrné roční koncentrace CIU ve vzorcích z vrtů T-19 a T-32 byly přibližně poloviční. Z hlediska vzdáleností těchto vrtů od zdroje kontaminace je tento výsledek překvapivý, neboť vrt T-17 je od zdroje znečištění nejdále (viz obr. č. 7), naopak vrt T-19 je zdroji kontaminace nejbližší.



Obrázek č. 9: Změna průměrné roční koncentrace chlorovaných uhlovodíků (CIU) ve vzorcích podzemní vody z vrtu T-17 v průběhu let 2004 (začátek sanace), 2006 a 2012 (průběh sanace) a 2016 (konec sanace) (zdroj dat: projektová dokumentace firmy Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o.).



Obrázek č. 10: Změna průměrné roční koncentrace chlorovaných uhlovodíků (CIU) ve vzorcích podzemní vody z vrtu T-19 v průběhu let 2004 (začátek sanace), 2006 a 2012 (průběh sanace) a 2016 (konec sanace) (zdroj dat: projektová dokumentace firmy Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o.).



Obrázek č. 11: Změna průměrné roční koncentrace chlorovaných uhlovodíků (CIU) ve vzorcích podzemní vody z vrtu T-32 v průběhu let 2004 (začátek sanace), 2006 a 2012 (průběh sanace) a 2016 (konec sanace) (zdroj dat: projektová dokumentace firmy Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o.).

5.2 Naměřené hodnoty z vlastního odběru vzorků podzemních vod

Kvůli ověření, zda se v lokalitě Transporta Chrudim vyskytují zbylé kontaminanty a v jakém množství, byly odebrány vzorky podzemní vody z vrtů T-17, T-19 a T32. Vrtů se nacházely v severní části předpolí areálu Transporta – nový závod, oblast obcí Dřenice a Medlešice (viz obr. č. 7). Vrtů jsou rozmístěny v řadě za sebou směrem od Transporty, aby bylo zjištěno, kam až kontaminace zasahovala. Byla zvolena stejná metoda odběru vzorků, jako v průběhu cyklického monitoringu: 1) změření výšky hladiny ve vrtu hladinoměrem, 2) odčerpání vody z vrtu, 3) odběr vzorku do připravené vzorkovnice. V laboratoři byly vzorky podrobeny rozboru metodou statické head space s následnou analýzou metodou plynové chromatografie s hmotnostní detekcí. Použití této metody je vhodné pro látky dobře rozpustné a látky vysoce těkavé. V největším množství se v podzemních vodách vyskytoval trichlorethen (TCE) a 1,2-dichlorethen (DCE), poté tetrachlorethan (PCE) a chlorethen (vinylchlorid) neměl ve vybraných vrtech žádné zastoupení. Pro každý odběr byl také vyhotoven záznam o odběru vzorků, který je prezentován pro všechny vrtů v tabulce č. 2. Na obrázku č. 12 jsou zobrazeny nástroje použity při odebírání vzorků z vrtů,

konkrétně vlevo zonální válec, který slouží k odběru z požadované etáže. Na pravé straně je elektrokontaktní hladinoměr, který určuje výšku hladiny.



Obrázek č. 12: použité přístroje při odbírání vzorků z vrtů (Holubová, 2022).

V tabulce č. 1 jsou prezentovány stanovené koncentrace vybraných chlorovaných uhlovodíků a celková koncentrace CIU z měření v roce 2022. Z výsledků měření je patrné, že naměřené celkové koncentrace CIU jsou nevýrazně nižší než celkové koncentrace CIU na konci sanace v roce 2016 (viz obr. č. 9 až 11).

<i>Ukazatel</i>	<i>vzorec</i>	<i>jednotka</i>	<i>T-17</i>	<i>T-19</i>	<i>T-32</i>
trichlorethen (TCE)	C_2HCl	$\mu g/l$	9,2	5,1	4,2
tetrachlorethan (PCE)	C_2Cl_4	$\mu g/l$	0	0	1,6
1,2-dichlorethen (DCE)	$C_2H_2Cl_2$	$\mu g/l$	2,1	0	0
chlorethen (vinylchlorid)	C_2H_2Cl	$\mu g/l$	0	0	0
Celkem CIU			11,3	5,1	5,8

Tabulka č. 1: naměřené hodnoty z vlastního odběru vzorků z vrtů T-17, T-19 a T-32 v roce 2022.

Označení vzorku:	T-17	T-32	T-19	
Charakteristika objektu:	vrt	vrt	vrt	
Datum odběru vzorku:	30.1.2022	30.1.2022	30.1.2022	
Čas odběru vzorku:	9:00	11:30	13:30	
Hladina vody před čerpáním (pročišťováním) od o. b.: [m]	4,59	6,80	12,16	
Hloubka objektu od o. b.: [m]	45,94m	42,25	43,25	
Výška odměrného bodu nad terénem: [m]	0,40	0,76	0,62	
Průměr výstroje objektu: [mm]	110	120	110	
Hloubka zapaštění sání čerpadla od o. b.: [m]	1 m od dna vrtu	1 m od dna vrtu	1 m od dna vrtu	
Způsob pročišťování:	objemové	objemové	objemové	
Způsob odběru vzorku:	dynamicky zonálním odběrákem	dynamicky zonálním odběrákem	dynamicky zonálním odběrákem	
Volná fáze na hladině: [mm]	ne	ne	ne	
Hladina vody po odběru vzorku od o. b.: [m]	-	-	-	
Doba čerpání: [min.]:	40	45	40	
Typ a označení čerpadla / průměrný průtok čerpadla [l/s]:	Grundfos/0,7	Grundfos/0,7	Grundfos/0,7	
Měření na místě:	Konduktivita: [μS/cm]	-	-	-
	Redox potenciál: [mV]	-	-	-
	Rozp. O₂: [mg/l]	-	-	-
	pH:	-	-	-
	Teplota: [°C]	10,3	10,7	10,1
Meteorologické podmínky:	Teplota vzduchu: [°C]	4	4	4
	Srážky ano/ne:	ne	ne	ne
	Oblačnost:	zataženo	zataženo	zataženo
Teplota okolí vzorku při předání do laboratoře: [°C]	4	4	4	
Dekontaminace v terénu:	ano	ano	ano	
Použité měřidlo:	Digitální teploměr	Digitální teploměr	Digitální teploměr	
	Elektrokontaktní hladinoměr	Elektrokontaktní hladinoměr	Elektrokontaktní hladinoměr	

Tabulka č. 2: záznam o odběru vzorků z vrtů T-17, T-32 a T-19 (vzor tabulky poskytnutý firmou Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o.).

5.3 Stanovené limity kontaminantů na konci sanace

Aby se prokázalo, zda jsou ohniska kontaminace skutečně vyčištěná, musí splňovat sanační limity, které jsou uvedené v tabulce č. 3. Z výsledků prezentovaných v tabulce č. 1 je patrné, že v době odběru ve vybraných vrtech nedošlo k překročení sanačních limitů.

Oblast obcí Dřenice a Medlešice

<i>Ukazatel</i>	<i>vzorec</i>	<i>jednotka</i>	<i>cílový parametr nápravných opatření</i>
trichlorethen (TCE)	C_2HCl	$\mu g/l$	20
tetrachlorethan (PCE)	C_2Cl_4	$\mu g/l$	20
1,2-dichlorethen (DCE)	$C_2H_2Cl_2$	$\mu g/l$	100
chlorethen (vinylchlorid)	C_2H_2Cl	$\mu g/l$	1

Tabulka č. 3: stanovené cílové limity kontaminantů v podzemních vodách (data poskytnutá firmou Ekomonitor ze závěrečné zprávy za rok 2019).

6. Diskuse

Cílem práce bylo vyhodnotit na základě poskytnutých dat a vlastního měření stav kontaminace pozemních vod v okolí města Chrudim. Původce vzniku tohoto znečištění je spojován s bývalým státním podnikem Transporta Chrudim, který vypouštěl do horninového prostředí škodlivé látky. Všechny identifikované kontaminanty mají svůj původ v průmyslové výrobě, kde se využívaly především jako odmašťovadla a rozpouštědla. To vedlo ke znečištění povrchových vod a horninového prostředí, z kterého se kontaminace dostala do vod podzemních. Tato situace je s největší pravděpodobností důsledkem především nesprávného zacházení s potenciálně nebezpečnými látkami (zde konkrétně chlorovanými uhlovodíky). Mohlo se zde jednat např. o nevhodný způsob likvidace zbytků odmašťovadel a rozpouštědel, nebo nevhodné zabezpečení skladování těchto látek, případně havárie spojené s jejich únikem.

Při zjištění vzniku této staré ekologické zátěže v roce 2004 byly naměřené hodnoty koncentrací kontaminantů enormní a výrazně přesahovaly sanační limity. Po zvolení vhodných sanačních technologií a zbudování hydraulické bariéry neboli soustavy podzemních vrtů a dekontaminačních stanic se úroveň kontaminace začala snižovat. Podzemní a povrchové vody byly však stále v ohrožení, neboť kontaminace byla i přes všechna zbudovaná opatření vysoká a vodní zdroje v zasažené oblasti se nedaly využívat. V průběhu dalších let, při funkčním provozu nápravných opatření, se z velké části zastavil výnos kontaminantů mimo areál Transporty a ve velké míře se snížilo i znečištění. Tímto ovšem nelze předpokládat, že je již vše v běžném stavu. Zasažena byla také okolní příroda a celý její ekosystém. Kvůli kontaminaci byly ohroženy také okolní obce, kterým tato zátěž způsobila především nedostatkový příjem vody.

Za předpokladu, že byla sanace úspěšná, byl v roce 2016 ukončen provoz všech nápravných opatření a započal průběžný monitoring až do roku 2019. Tento monitoring měl za úkol kontrolovat, zda se stav podzemních vod nezhoršuje a je stále v normě s nastavenými sanačními limity. Po jeho ukončení okolí Transporty Chrudim nikdo nekontroloval. Území bylo ponecháno přírodním obnovitelným procesům a nadále zůstává bez zásahu člověka. Příroda má sama o sobě velkou sílu a se zátěží se vypořádá po svém. Určitě je tento způsob šetrnější a méně nákladný než pokračování v sanaci, ale také je podstatně delší. Otázkou tedy je, jestli se od té doby stav

kontaminantů nezhoršil. V této práci jsem tento fakt především chtěla ověřit a posoudit, zda bylo správné rozhodnutí všechna nápravná opatření a kontroly zcela ukončit. Dle mého názoru kontrolní monitoring pouze 1x za rok nestačí.

Výsledky prezentované na obr. č. 9 až 11 ukazují naměřené hodnoty průměrných ročních koncentrací kontaminantů v podzemních vodách způsobené starou ekologickou zátěží ze státního podniku Transporta Chrudim. Pro přehlednou rekapitulaci naměřených koncentrací kontaminantů této zátěže byl zvolen rok 2004 jako počátek sanace, poté roky 2006 a 2012 jako průběh sanace a nakonec rok 2016, kdy byla sanace ukončena. Naměřené hodnoty koncentrací stanovených kontaminantů překračovaly stanovené limity a nebyl včasný vybudování nápravných opatření, zřejmě by kontaminace stále rostla a představovala větší riziko.

V tabulce č. 1 jsou zobrazeny výsledky z mého měření, které bylo provedeno na konci ledna roku 2022. V tabulce jsou uvedeny analyzované kontaminanty a jejich koncentrace ve vzorku. Jak je z výsledků patrné, oproti hodnotám na počátku sanace je možné vidět velký rozdíl. Současné hodnoty jsou násobně nižší a již nepředstavují hrozbu. Tyto hodnoty už také splňují sanační limity, které jsou prezentovány v tabulce č. 3. Vzorky byly odebírány v areálu předpolí, neboť vrtů v této oblasti byly nejvíce dostupné a také bylo cílem poukázat na to, kam až kontaminace zasahovala. Ze získaných výsledků je patrné, že úroveň kontaminace podzemních vod je nyní již v souladu s nastavenými limity a prozatím nepředstavuje žádné nebezpečí. Určitě je ale nutné mít tuto oblast pod neustálým dohledem a je důležité ji pravidelně kontrolovat. V dohledné době není potřeba provádět kontrolu vrtů, ze kterých byly odebrány vzorky do této bakalářské práce. Výsledky ukázaly, že jsou hodnoty koncentrace kontaminantů v normě a firma Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r. o. tak nemusí provádět kontrolní monitoring. Ke kontrole lze využít data získaná z této práce.

7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo posoudit vliv ekologické zátěže na horninové prostředí se zaměřením na podzemní vody po sanaci. Tato zátěž byla způsobena bývalým státním podnikem Transporta Chrudim. Do podzemních vod unikaly škodlivé látky jako byly například odmašťovadla a rozpouštědla použitá při průmyslové výrobě. Jednalo se převážně o těkavé chlorované alifatické uhlovodíky (CIU), které představují riziko pro okolní přírodu, kvalitu podzemní vody a také mohly zapříčinit spoustu zdravotních problémů. Pro zjištění, jestli podzemní vody stále obsahují zbylé kontaminanty, byly odebrány vzorky z vrtů v předpolí nedaleko podniku. Vzorky byly odebrány v lednu 2022, konkrétně ze tří vrtů, které byly svou polohou nejdostupnější. Následně byly vzorky dodány do laboratoře pro jejich rozbor. Výsledky ukázaly, že se v podzemních vodách stále vyskytují zbytky kontaminantů, které ale odpovídají stanoveným sanačním limitům a nepředstavují již žádnou hrozbu. Dalším úkolem bylo porovnání úrovně kontaminace před sanací a poté v průběhu let během provozu nápravných opatření a kontrolního monitoringu. Z dostupných dat je zřejmé, že nejvyšší koncentrace kontaminantů byly právě v roce 2004 (tj. na začátku sanace). Poté se znečištění postupně snižovalo vlivem zbudovaných protihavarijních opatření. Po několika letech byla sanace a kontrolní práce zcela ukončeny. Prováděn byl monitoring pouze 1x za rok. S ohledem na výsledky lze sanaci považovat za účinnou a zvolené metody byly efektivní. Je ale nutné mít danou oblast pod stálým dohledem, aby se předešlo případnému znovu znečištění nebo rozšíření kontaminantů do širšího okolí. Prevence a tím i ochrana přírody v podobě provádění pravidelného enviromentálního auditu je tedy na pravém místě.

8. Zdroje

8.1 Odborné publikace

ALTMANN V., 1996: Odpadové hospodářství. VŠB-Technická univerzita, Ostrava.

ČÍHÁKOVÁ AQUILAR S., ČERNÍKOVÁ M., 2010: Evaluation of clean-up processes: an economic perspective. ACC Journal 2010/2, Issue B. 30-38.

HASHIM M.A., MUKHOPADHYAY S., SAHU J.N., SENGUPTA B., 2011: Remediation technologies for heavy metal contaminated groundwater. Journal of Environmental Management 92 (10). P. 2355-2388.

HAVRLANT M., 1998: Ekologické zátěže a jejich hodnocení. Ostravská univerzita, Ostrava.

CHIBUIKE G.U., 2013: Use of mycorrhiza in soil remediation: A review. Scientific Research and Essays 8(35). P. 1679-1687.

KRÁSNÝ J., 2012: Podzemní vody České republiky: regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod. Česká geologická služba, Praha.

KUDELOVÁ K., JODLOVSKÁ J., ŠARAPATKA B., 1999: Odpady. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.

LI P., KARUNANIDHI D., SUBRAMANI T., SRINIVASAMOORTHY K., 2021: Sources and Consequences of Groundwater Contamination. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 80(1). P. 1–10.

MATĚJŮ V. [ed.], 2006: Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim.

NĚMEČEK J., VÁCHA R., PODLEŠÁKOVÁ E., 2010: Hodnocení kontaminace půd v ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

SIMS R.C., 1990: Soil Remediation Techniques at Uncontrolled Hazardous Waste Sites. *Journal of the Air & Waste Management Association* 40(5). P. 704-732.

ŠILAR J., 1996: Hydrologie v životním prostředí. VŠB-Technická univerzita, Ostrava.

ŠÍR M., PODHOLA M., PATOČKA T., HONZAJKOVÁ Z., KOCUREK P., BYSTRIANSKÝ M., VURM R., KUBAL M., 2015: Removal of pesticides and inorganic pollutants by reverse osmosis. *Environment Protection Engineering* 41(2). 159-166.

TALABI A.O., KAYODE T.J., 2019: Groundwater Pollution and Remediation. *Journal of Water Resource and Protection* 11. P. 1-19.

TOURKOVÁ J., 1996: Hydrogeologie. Vydavatelství ČVUT, Praha.

VIRKUTYTE J., SILLANPÄÄ M., LATOSTENMAA P., 2002: Electrokinetic soil remediation- critical overview. *Science of The Total Environment* 289(1-3). P. 97-121.

YE S., ZENG G., WU H., ZHANG Ch., LIANG J., DAI J., LIU Z., XIONG W., WAN J., XU P., CHENG M., 2017: Co-occurrence and interactions of pollutants, and their impacts on soil remediation—A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 47(16). P. 1528-1553.

YEUNG A.T., 2009: Remediation Technologies for Contaminated Sites. In: CHEN Y., ZHAN L., TANG X. (eds.): *Advances in Environmental Geotechnics*. Springer, Berlin. P. 328-369.

8.2 Internetové zdroje

Ekomonitor, ©2021: Odlučovač lehkých kapalin (online) [cit.2021.11.26], dostupné z <<http://www.ekomonitor.cz/vyrobky/odlucovac-lehkych-kapalin>>

Ekomonitor, ©2021: Provozdušňovací věže (online) [cit.2021.11.26], dostupné z <<http://www.ekomonitor.cz/vyrobky/provzdušnovaci-veze>>

Enviweb, ©2012: Staré ekologické zátěže (online) [cit.2021.12.05], dostupné z <<https://www.enviweb.cz/91587>>

Chrudim.eu, ©2017: Základní údaje (online) [cit.2021.12.01], dostupné z <<https://chrudim.eu/zakladni-udaje/d-6982/p1=1990>>

MŽP ČR, ©2006: Staré ekologické zátěže (online) [cit.2021.09.25], dostupné z <https://www.mzp.cz/www/dav.nsf/rocenka_06/a4.htm>

8.3 Ostatní zdroje

Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., 2014: Řešení staré ekologické zátěže na lokalitě bývalého s.p. Transporta Chrudim, areál Nový závod - odstranění ohnisek kontaminace v nesaturované zóně horninového prostředí- závěrečná zpráva. Ekomonitor, Chrudim. 309 s. nepublikováno. Dep.: Archiv Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o.

Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., 2017: Sanační práce na lokalitě Transporta Chrudim-zpráva z kontrolního dne. Ekomonitor, Chrudim. 149 s. nepublikováno. Dep.: Archiv Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o.

Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., 2019: Postsanační monitoring jakosti podzemních a povrchových vod po ukončení provozu ochranné hydraulické bariéry na podzemních vodách-závěrečná zpráva. Ekomonitor, Chrudim. 131 s. nepublikováno. Dep.: Archiv Vodní zdroje Ekomonitor s.r.o.