

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra geoenvironmentálních věd



**Ochrana půdy a podzemní vody po ukončení částí výroby
v Momentive Specialty Chemicals v Sokolově**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. RNDr. Vladislav Chrastný, Ph.D.

Bakalant: Tomáš Garaj

2015

Prohlášení autora BP

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci „Ochrana půdy a podzemní vody po ukončení částí výroby v Momentive Specialty Chemicals v Sokolově“ vypracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Vladislava Chrastného, Ph.D. a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem při zpracování čerpal.

V Praze dne.....

.....

Tomáš Garaj

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval doc. RNDr. Vladislavu Chrastnému, Ph.D. za odborné vedení mé práce a ing. Miroslavu Wittnerovi a panu Josefu Gajdošovi za poskytnutí potřebných dat a projektové dokumentace k řešenému případu. Rovněž bych rád vyjádřil vděčnost své rodině za podporu během celého studia.

Abstrakt

Bakalářská práce na téma: „Ochrana půdy a podzemní vody po ukončení části výroby v Momentive Specialty Chemicals v Sokolově“ je nejen popisem dlouhé historie průzkumných a sanačních prací realizovaných v areálu podniku, ale rovněž také vytváří přehled legislativního rámce a teoretického základu problematiky řešení starých ekologických zátěží. V kapitole týkající se příslušné legislativy je poukazováno na dosud nesjednocenou terminologii v souvisejících zákonech a metodikách, v části věnující se teorii definována kontaminace vod a zemin, rozděleny kontaminanty a dekontaminační technologie dle uvedených kritérií a v jejím závěru jsou popsány principy několika z nich. V rámci rozboru případové studie je postupováno v souladu s metodickým pokynem Ministerstva životního prostředí České republiky pro analýzu rizik kontaminovaného území, přičemž jsou potřebná data citována z projektové dokumentace, poskytnuté pracovníky Odboru životního prostředí podniku. V závěru práce jsou zhodnocena provedená sanační opatření a také popsána vnitropodniková strategie prevence ochrany vod a půd.

Klíčová slova

ochrana spodních vod, monitoring a sanace podzemních vod, technologie In-Situ.

Abstract

Bachelor thesis on the topic: "Protection of soil and groundwater after the end of production in parts of Momentive Specialty Chemicals Sokolov" is not only a description of the long history of exploration and reconstruction works carried out on the premises, but also also gives an overview of the legislative framework and theoretical background of old ecological loads. In the chapter dealing with the relevant legislation referred to is the still non-uniform terminology and methodologies related laws, in part concerning the theory defined by the contamination of water and soil, divided contaminants and decontamination technologies according to these criteria and in its conclusion describes the principles of several of them. Within the analysis of case studies is processed in accordance with the Guidelines of Ministry of Environment of the Czech Republic for the risk analysis of the contaminated area, with the necessary data quoted from the project documentation provided by the environmental department of the company. In conclusion, there are evaluating the performance of remedial measures, and also describes the in-house prevention strategies to protect water and soil.

Keywords

protection of groundwater, monitoring and remediation of groundwater, In-Situ technology.

OBSAH

1 ÚVOD	7
2 CÍLE PRÁCE	8
3 METODIKA	8
4 LEGISLATIVNÍ RÁMEC	9
4.1 Stará ekologická zátěž.....	9
4.2 Právní úprava na ochranu vod	11
4.3 Právní úprava na ochranu půdy	12
5 LITERÁRNÍ PŘEHLED	13
5.1 Rozbor řešené problematiky	13
5.1.1 <i>Kontaminace území</i>	13
5.1.2 <i>Kontaminace podzemních vod</i>	14
5.1.3 <i>Kontaminace zeminy</i>	18
5.1.4 <i>Indikátory znečištění</i>	19
5.2 Průmyslové kontaminanty zeminy a podzemních vod	22
5.2.1 <i>Základní rozdělení kontaminantů</i>	22
5.2.2 <i>Vybrané anorganické kontaminanty a jejich charakteristika</i>	23
5.2.3 <i>Vybrané organické kontaminanty a jejich charakteristika</i>	26
5.3 Dekontaminační technologie sanačních postupů	28
5.3.1 <i>Sanační postupy</i>	28
5.3.2 <i>Základní rozdělení dekontaminačních technologií</i>	29
5.3.3 <i>Popis principů vybraných sanačních technologií in-situ</i>	29
6 ROZBOR PŘÍPADOVÉ STUDIE	33
6.1 Údaje o území	33
6.1.1 <i>Geografické vymezení území</i>	33
6.1.2 <i>Využití území</i>	34
6.1.3 <i>Základní charakterizace obydlenosti lokality</i>	36
6.1.4 <i>Majetkoprávní vztahy</i>	37
6.1.5 <i>Ekologická smlouva</i>	37
6.2 Přírodní poměry zájmového území	39
6.2.1 <i>Geologie území</i>	39
6.2.2 <i>Geomorfologie a klimatické poměry území</i>	40

6.2.3 Hydrogeologie území	41
5.2.4 Hydrologie území	43
6.3 Průzkumně sanační práce (1981 – 2005).....	44
6.3.1 Dosavadní prozkoumanost území.....	44
6.3.2 Popis průběhu průzkumně sanačních prací	45
6.3.3 Vytipování látek potenciálního zájmu	49
6.3.4 Přehled primárních zdrojů znečištění	51
6.4 Nápravná opatření (2006-2013)	52
6.4.1 Cíle sanace.....	52
6.4.2 Stručný přehled provedených sanačních prací	55
6.4.3 Zhodnocení účinnosti sanačních opatření.....	57
6.5 Vnitropodniková strategie ekologické prevence ochrany podzemních vod a půdy	64
6.5.1 Nakládání s chemickými látkami.....	64
6.5.2 Vodní hospodářství.....	64
6.5.3 Odpadového hospodářství.....	65
6.5.4 Havarijní plán pro znečištění vod a půdy	65
7 DISKUSE	66
8 ZÁVĚR.....	67
9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
10 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	73

1 ÚVOD

Člověk, součást biosféry Země, je jedním z mnoha environmentálních činitelů, kteří svou činností či působením ovlivňují životní prostředí. K takovým vlivům, které souhrnně označujeme jako antropogenní, se kromě jiných řadí také průmyslová výroba. Vznik a rozvoj průmyslu v období průmyslové revoluce, spadající mezi 18. a 19. století přinesl člověku kromě nových zdrojů energie, také nové výrobní postupy a možnosti využití nových materiálů. Rozmach průmyslu byl následován rovněž rozvojem a intenzifikací dopravy a energetiky což bylo zásadním předpokladem pro celkovou industrializaci společnosti. Tento náročný proces s sebou nesl kromě hospodářských, společenských a ekonomických změn také změnu často nevratnou a nenahraditelnou, změnu na životním prostředí. Vznikaly nové výrobní areály, průmyslové podniky a jejich sklady a mezisklady, otvíraly se nové lomy a doly a s nimi spojené transportní cesty a to jak automobilové tak i železniční. Všechny tyto vymoženosti své doby přinášely zisky a to bez sebemenšího ohledu na zhoršující se kvalitu vody, půdy a ovzduší.

Po vrcholné fázi industrializace společnosti, nastalo zpomalení růstu průmyslu a ten se začal spíše restrukturalizovat. Vlivem zvyšující se konkurence, dalším vývojem nových a novějších technologií, klesaly obraty i zisky v některých segmentech výroby a dotčené podniky byly nuceny buď to přizpůsobit se změnám trhu, nebo svou výrobu a existenci ukončit. Takovéto chátrající „památníky“ průmyslu jsou dnes obecně označovány jako „Brownfields“, což je anglický výraz pro opuštěné pozemky a nemovitosti zbylé především po průmyslové výrobě nebo těžbě, kde je reálné nebo očekávané ekologické zatížení. Vzhledem k častému zasažení těchto míst chemickými kontaminanty, jsou tedy také označovány jako „Staré ekologické zátěže“. V průběhu několika posledních desetiletí, kdy došlo k postupné změně ekologického myšlení, a člověk si díky odborné veřejnosti začal uvědomovat nutnost změn v přístupu k přírodě, přišla doba, kdy je třeba složit účty a vyrovnat se s napáchanými ekologickými škodami.

Práci na téma řešení starých ekologických zátěží jsem si zvolil, protože se mě tato problematika profesně nepřímo dotýká a zajímám se o ni. Areál Momentive Specialty Chemicals v Sokolově, kde jsem zaměstnán, je takovým místem se starou

ekologickou zátěží a její likvidací a sanováním kontaminovaného území se v této práci podrobně věnuji.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je souhrnný a ucelený popis provedených nápravných opatření staré ekologické zátěže z hlediska ochrany půd a podzemních vod. Zájmovým územím BP je areál podniku Momentive Specialty Chemicals a.s. v Sokolově ve kterém v minulých letech došlo k ukončení výroby kyseliny mravenčí, mravenčanu vápenatého a chlorečnanů. Tyto provozy po sobě zanechaly nezanedbatelné ekologické následky staré zátěže. Kromě způsobu likvidace ekologické zátěže, se budu v této práci rovněž zabývat ekologickou prevencí, ochranou půdy a spodních vod v podniku realizovanou.

3 METODIKA

Hlavním a zásadním pramenem pro vypracování bakalářské práce byla projektová dokumentace ke konkrétnímu případu odstranění staré ekologické zátěže. K pochopení problematiky a principu užití technologie jsem si prostudoval doporučenou literaturu a získané informace a znalosti využil k ucelenému popisu sanování staré ekologické zátěže v areálu podniku. Zároveň jsem v terénu asistoval při vzorkování podzemních vod z hydrogeologických vrtů a provádění jejich hydrodynamických zkoušek.

4 LEGISLATIVNÍ RÁMEC

4.1 Stará ekologická zátěž

Po roce 1989, v éře privatizace státních podniků, kdy došlo zároveň ke změnám v přístupu státu k životnímu prostředí, bylo nutností stanovit právní rámec problematiky řešení starých ekologických zátěží a zajistit tak nápravu ekologických škod vzniklých v předchozích obdobích. Podmínkou pro dobře fungující a pro všechny dotčené subjekty srozumitelný legislativní rámec bylo nejen stanovení dosažitelných cílů, ale především zavedení prováděcích norem a metodik včetně potřeby definování a sjednocení užívaných pojmů, což ne vždy, bylo zcela naplněno (VUČKA, 2005).

Pojem stará ekologická zátěž (dále jen SEZ) není totiž doposud v české právní úpravě jasně vymezen a specifikován a k jeho objasnění je proto třeba uvést další dva termíny, tedy:

- „Znečištění“, což je stav, kdy v důsledku lidské činnosti se v zemině, podzemní vodě, popř. jiné složce životního prostředí vyskytují chemické látky, kontaminanty, jinak také polutanty, pro dané prostředí cizorodé svou podstatou, koncentrací nebo množstvím (NIKLAS, 2012).
- „ekologická zátěž“, která představuje takovou úroveň znečištění kontaminujícími látkami, při které již nelze vyloučit negativní dopady na zdraví člověka nebo jiných složek biosféry (NIKLAS, 2012).

(MZe ČR, 2005) starou ekologickou zátěž definuje jako úroveň znečištění, u které nelze vyloučit negativní důsledky pro zdraví člověka nebo jednotlivé složky životního prostředí, která vzniklo dlouhodobou průmyslovou a zemědělskou činností v uplynulých letech, zpravidla před privatizací.

Dalšími pojmy, které s řešenou problematikou starých ekologických zátěží úzce souvisejí, jsou „únosné zatížení území“ a „ekologická újma“ užívané v zákoně č.17/1992 Sb. o životním prostředí (VUČKA, 2005), nebo také „dobrý chemický stav podzemních nebo povrchových vod“ definovaný v zákoně č.254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů. Zákon č.17/1992 Sb. o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů definuje v § 5 „únosné zatížení území“ jako takové zatížení

území lidskou činností, při kterém nedochází k poškozování životního prostředí, zejména jeho složek, funkcí ekosystémů nebo ekologické stability a v § 10 „ekologickou újmu“ jako ztrátu nebo oslabení přirozených funkcí ekosystémů, vznikající poškozením jejich složek nebo narušením vnitřních vazeb a procesů v důsledku lidské činnosti.

V zákoně č.254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů je „dobrým chemickým stavem podzemních a povrchových vod“ chemický stav potřebný pro dosažení cílů ochrany vod jako složky životního prostředí, při kterém koncentrace znečišťujících látek nepřekračují normy environmentální kvality.

Problematikou řešení starých ekologických zátěží se v souladu se zákonem č.92/1991 Sb. o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby ve znění pozdějších předpisů a zákonem č.171/1991 Sb. o působnosti orgánů ČR ve věcech převodu majetku státu na jiné osoby a o Fondu národního majetku ČR (FNM ČR) ve znění pozdějších předpisů zabýval z počátku Fond národního majetku ČR. Později jeho agendu převzalo Ministerstvo financí ČR (MF ČR) v úzké spolupráci s Ministerstvem životního prostředí ČR (MŽP ČR). Rozhodovací pravomocí o nápravných opatřeních starých ekologických zátěží byly pověřeny příslušné oblastní inspektoráty České inspekce životního prostředí (OI ČIŽP) (ČIŽP, 2005). Celý proces řešení SEZ v ČR prošel dlouhodobým vývojem a inspirován byl především zkušenostmi U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), které byly později podkladem pro vypracování příslušných Metodických pokynů ministerstva životního prostředí (dále jen MP MŽP), ze kterých cituji v této práci.

Harmonogram procesu řešení SEZ v souladu se zákonem č.92/1991 Sb. o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby ve znění pozdějších předpisů v ČR je následující (ČIŽP, 2005):

- Usnesení vlády, a souhlas s uzavřením tzv. ekologické smlouvy mezi nabyvatelem privatizovaného majetku a MF ČR dříve FNM ČR, včetně finanční garance.
- Zpracování analýzy rizik, případně vypracování studie proveditelnosti
- Vydání rozhodnutí o nápravných opatřeních OI ČIŽP formou správního rozhodnutí

- Vyhlášení veřejné soutěže na dodavatele sanačních prací a uzavření smlouvy o jejich dodávce
- Provedení sanace území, následného monitoringu a pravidelná kontrolní činnost zadavatele
- Vyhotovení aktualizované analýzy rizik (AAR), popřípadě závěrečné zprávy
- Závěrečný protokol OI ČIŽP o splnění cílů uložených opatření a ukončení sanačních prací

4.2 Právní úprava na ochranu vod

Antropogenní činnost často velmi negativně ovlivňuje kvalitu podzemních i povrchových vod, jako předpokládaných pitných zdrojů. Je tedy podstatné jakost vody, jako jedinečného přírodního zdroje trvale sledovat a vyhodnocovat. Jelikož se podzemní voda nachází několik metrů hluboko pod povrchem země, mohou v hornině dispergované a prosakující kontaminanty tuto vodu ovlivňovat po velmi dlouhou dobu. Tudíž kontaminanty pocházející z různých antropogenních činností, které byly prováděny před desítkami let, mohou kvalitu podzemní vody ohrožovat neustále, i bez přímé souvislosti s aktuálním využitím sledované oblasti. Z výše uvedených důvodů je proto velmi obtížné tyto procesy eliminovat, sledovat a měřit (JANČÁŘOVÁ, 2011).

Právní úprava na ochranu vod, s ohledem na základní vlastnosti tohoto živlu, tedy její neustálý pohyb a neovladatelnost, je v ČR zakotvena v zákoně č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Účelem tohoto zákona je mimo jiné chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod (zákon č. 254/2001 Sb.).

V souvislosti s naplňováním záměru a cílů Rámcové směrnice vodní politiky 2000/60/ES, stanovuje zákon konkrétní způsoby zjišťování a hodnocení stavu povrchových i podzemních vod. Podmínky monitoringu a klasifikace stavu vod, postupy a metody měření, četnost sledování a další náležitosti jsou sjednocovány prostřednictvím platného unijního práva. Zjišťování a hodnocení stavu vod zahrnuje kromě vyhodnocování jakosti povrchových a podzemních vod také posouzení míry

jejich ovlivňování lidskou činností. Tato skutečnost je s ohledem na staré ekologické zátěže zcela zásadní. Zmíněnými postupy je tak možné identifikovat místa, která v důsledku znečištění představují, nebo by mohly představovat zdroje, čili ohniska kontaminace vod. Právě fáze detekce kontaminantu je totiž prvním krokem v procesu cíleného k odstranění starých ekologických zátěží (NIKLAS, 2012).

V oblasti ochrany vod a při řešení starých ekologických zátěží je český právní řád mimo jiné částečně inspirován i předpisy v rámci Evropské unie, kterými jsou:

- Směrnice rady ze dne 17. prosince 1979 o ochraně podzemních vod před znečišťováním některými nebezpečnými látkami (80/68/EHS)
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES ze dne 12. prosince 2006 o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu
- Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů – tzv. Nitrátová směrnice (JANČÁŘOVÁ, 2011).

Z výše uvedených dokumentů vyplývá, že členské státy EU musí koordinovat správní opatření v rámci oblastí povodí, zavazují se stanovit si environmentální cíle, že vody využívané k odběru pitné vody a jejich monitorování musí dosáhnout nejvyššího ekologického stavu, i když byl jejich stav v minulosti jinak ovlivněn. Zároveň zmíněné směrnice stanovují kritéria pro hodnocení dobrého chemického stavu podzemních vod a kritéria pro zjištění a změnu významných a trvalých vzestupných trendů. V neposlední řadě také kladou důraz na nezbytnost snížení přímého, či nepřímého znečištění vod dusičnany ze zemědělských zdrojů a potřebu zamezit dalšímu hrozícímu znečištění (JANČÁŘOVÁ, 2011).

4.3 Právní úprava na ochranu půdy

Půda je v zásadě neobnovitelným přírodním zdrojem. Její degradace, ať už v důsledku antropologické činnosti, či působením abiotických faktorů může být rychlá, ale procesy jejího vytváření a regenerace jsou naopak extrémně pomalé.

V podstatě jde o velmi dynamický systém, který plní mnoho funkcí nezbytných pro lidskou činnost a pro přežití ekosystémů.

Právní úprava na ochranu půdy v českém právu je rozdělena do dvou samostatných, avšak spolu úzce souvisejících částí, t.j. na ochranu zemědělského půdního fondu a na ochranu pozemků sloužících k plnění funkcí lesa. Ochranou půdního fondu se zabývá zákon č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu v platném znění a zákon č. 289/1995 Sb. o lesích v platném znění je právní normou sloužící k ochraně lesních pozemků (NIKLAS, 2012).

Česká právní úprava ochrany půd, stejně jako v oblasti ochrany vod, rovněž do určité míry vychází z právních předpisů a požadavků Evropské unie, kterými jsou:

- Rozhodnutí 1600/2002/EC kterým byl přijat 6. Akční plán Společenství
- Směrnice 2004/34/ES o odpovědnosti za životní prostředí v souvislosti s prevencí a nápravou škod na životní prostředí

Primárními cíli uvedených dokumentů jsou ochrana přírodních zdrojů a podpora udržitelného využívání půdy, ale také určit a dodržovat strategii pro ochranu půdy, která přispěje k zastavení a zvrácení degradace půdy a v neposlední řadě vytvořit legislativní rámec odpovědnosti za životní prostředí založený na ustáleném principu „znečišťovatel platí“ s cílem předcházet škodám na životním prostředí a napravovat je (JANČÁŘOVÁ, 2011).

5 LITERÁRNÍ PŘEHLED

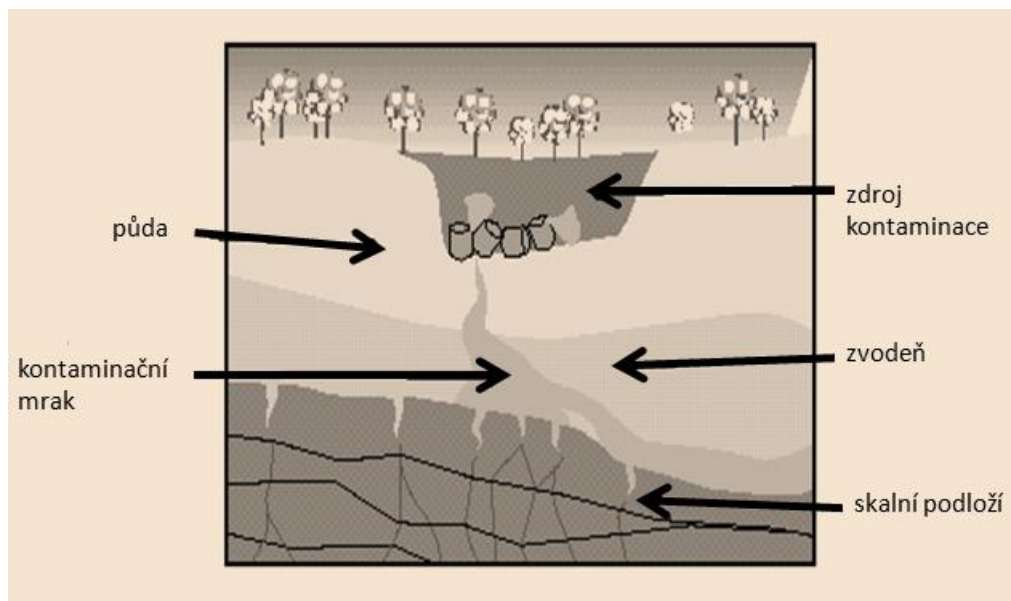
5.1 Rozbor řešené problematiky

5.1.1 Kontaminace území

Kontaminované území je prostor, ve kterém jsou předpokládáné, nebo průzkumem již detekované zvýšené výskyty cizorodých (nežádoucích) látek (MŽP ČR, 2005).

Termín kontaminace území zahrnuje kontaminaci vody, půdy i ovzduší a její míra i rozloha zasaženého území se mění s časem a je ovlivňována mnoha faktory.

Kontaminaci ovlivňujícími faktory mohou být jak přírodní podmínky, kterými jsou geomorfologie, geologie, hydrogeologie, hydrologie nebo klimatické podmínky v regionu zasažené oblasti, tak i fyzikální a chemické vlastnosti kontaminantu a prostředí, ve kterém se nežádoucí látky šíří (U.S. EPA, 2014). Míra kontaminace je v jednotlivých případech posuzována vždy vzhledem ke zvolenému nebo požadovanému kritériu sanačními limity. Ty bývají definovány zpravidla ve vydaném rozhodnutí OI ČIŽP, nebo navrhovány v závěru vypracované analýzy rizik pro posuzovanou oblast v místě s uvažovanou sanací a vycházejí z Metodického pokynu MŽP – Indikátory znečištění z roku 2012. Mechanismus kontaminace území je zřejmý z obrázku č.1.

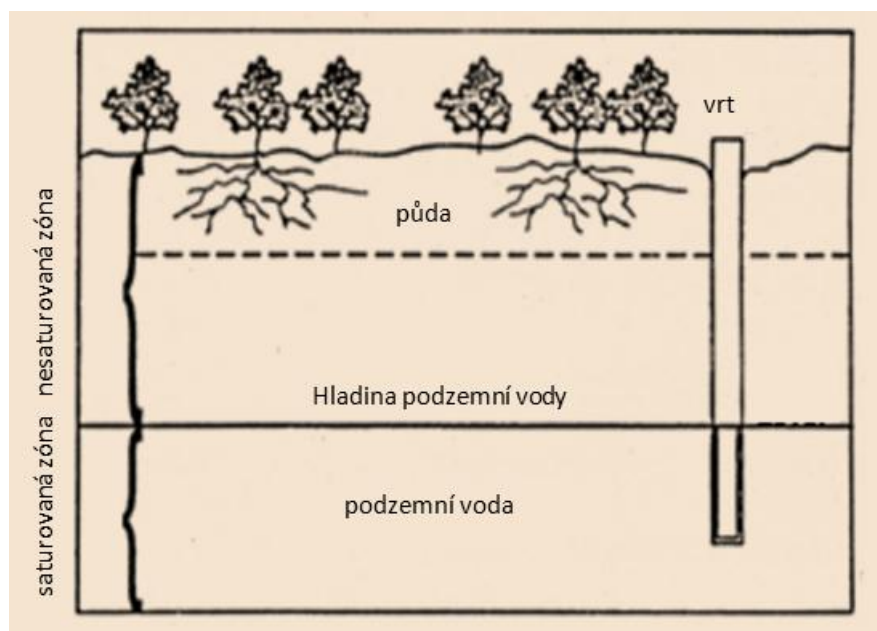


Obrázek č.1 - Mechanismus kontaminace území (přepřacováno z U.S. EPA, 2014)

5.1.2 Kontaminace podzemních vod

Podzemní vody mohou být vody srážkové nebo vody z útvarů povrchových vod, které jsou infiltrovány do půdy a ukládají se v malých prostorech, puklinách nebo pórovitém podloží jako hydraulicky spojitá akumulace podzemní vody v saturované zóně, jinak také zvodni, nebo jsou zadržovány v půdním prostoru nad hladinou podzemní vody v zóně nesaturované (MŽP ČR, 2005).(viz obrázek č.2). Nesaturovaná zóna, jinak také nenasycená zóna, nebo zóna areace někdy zahrnuje i kapilární třáseň, která se rozkládá těsně nad hladinou podzemní vody a ve které jsou

póry zcela vyplněny podzemní vodou, ovšem s negativní tlakovou výškou, tedy tlakem nižším, než je tlak atmosférický (ŠRÁČEK et al., 2000).



Obrázek č.2 - Rozdělení půdního prostoru na saturovanou a nesaturovanou zónu (přepřacováno z U.S. EPA, 2014)

I přesto, že je objem podzemních vod odhadem více než 30 krát větší než celkový objem všech sladkovodních jezer na světě a přibližně 3000 krát větší než celkový předpokládaný objem všech světových toků, je problematika kontaminace podzemních vod stále aktuálním environmentálním tématem a zasluhuje si patřičnou pozornost (BECKMAN et al., 2001).

Kontaminací podzemních vod a se rozumí zhoršení jejich kvality v důsledku zvýšeného obsahu nežádoucích chemických látek a je prakticky vždy dávána do souvislosti s antropogenní činností, ať už jde o průmyslovou výrobu, těžbu surovin, zemědělství či skladování a dopravu. V oblastech s vysokou hustotou obyvatelstva, kde je míra využití půdy mnohdy velmi intenzivní, je podzemní voda obzvláště zranitelná. Kontaminanty zasažené podzemní vody, mají neblahý dopad na životní prostředí, jehož účinky se ale projevují jen velmi pozvolna, což je aspekt, který zvyšuje finanční náklady a obtížnost odstranění kontaminace. V závislosti na jejich fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech se kontaminanty mohou pohybovat v rámci zvodní, stejným směrem a rychlostí jakou se pohybují podzemní

vody. Některé kontaminanty však proudění podzemní vody nenásledují, to je možné do určité míry predikovat sledováním koncentrací polutantů v kolektoru podél toku podzemních vod a změn jejich hodnot detekovaných od místa předpokládaného ohniska šíření (U.S. EPA, 1993).

Kolektor je prostor v horninovém prostředí, ve kterém může docházet k akumulaci podzemní vody a vzniku zvodní (MŽP ČR, 2005). Hydrogeologické vlastnosti kolektoru jsou definovány především dvěma fyzikálními veličinami. Koeficientem propustnosti $K [m^2]$, který je mírou propustnosti pórovitého prostředí bez ohledu na vlastnosti kapaliny a koeficientem filtrace $[m/s]$, závislým jak na vlastnostech horninového prostředí, tak i na vlastnostech protékající kapaliny (ŠRÁČEK et al., 2000). Uvedené veličiny náleží do skupiny hydrogeologických faktorů, které zásadním způsobem ovlivňují také samotný mechanismus šíření kontaminace.

V případě podezření na kontaminaci podzemní vody a horninového prostředí je tato ověřována laboratorním rozbořem odebraných vzorků z hydrogeologických vrtů.(viz obrázek č.3)

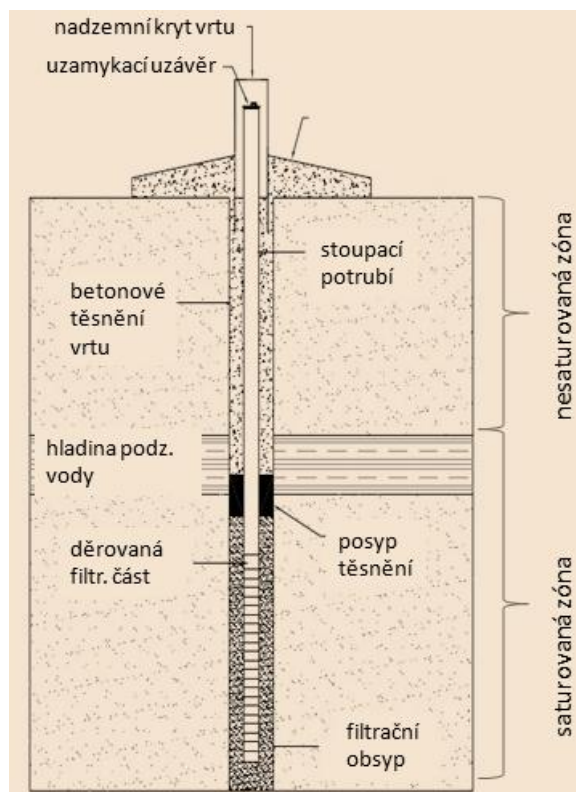
Vrty se dle účelu dělí na vrty určené pro (MŽP ČR, 2005):

- hydrogeologický průzkum či sanaci (H)
- balneologický průzkum (B)
- inženýrsko-geologický průzkum (I)
- monitoring (M)
- průzkum (P)
- ruční sondy (S)

Pravidla pro budování vrtů jsou uvedena v příloze č.2 jako Základní pravidla pro výběr a označování vrtů, která je součástí MP MŽP pro průzkum kontaminovaného území z roku 2005. Obecně platí, že nově zbudovaný vrt by měl být výškově a v systému jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) polohově zaměřen a zároveň by na něm měly být provedeny hydrodynamické zkoušky. Jednotné označování vrtů dle MP MŽP je pak samozřejmostí, která usnadňuje pozdější orientaci.

Kontaminace podzemních vod představuje pro člověka bezprostřední zdravotní riziko. V roce 2013 byl čínskými a laoskými odborníky proveden průzkum v Laosu

v oblastech Bolikhamxai, Savannakhet, Saravane, Champasak a Attapeu, který představoval v Laoské lidově demokratické republice první posouzení zdravotního rizika vůbec. V těchto provinciích, byly odebrány vzorky podzemních vod, užívaných jako pitné a vzorky vlasů tamních obyvatel a byly na nich provedeny laboratorní testy zaměřené na detekci toxických prvků arsenu (As) a barya (Ba) a jiných. Zjištěné hodnoty byly alarmující. Detekované úrovně znečištění pro arsen (As; 46,0%) a baryum (Ba, 16,2%) překročily směrnice Světové zdravotnické Organizace (WHO) pro hodnocení zdravotního rizika každodenního užívání pitných vod v některých oblastech o více než polovinu. V odebraných vlasových vzorcích byly taktéž zjištěny elementární koncentráty arsenu, barya, chrómu a manganu, což jsou prvky, jejichž některé formy mohou mít karcinogenní účinky. Lidé žijící ve zkoumaných oblastech a užívající podzemní vodu jsou tedy vystavováni karcinogenním vlivům a míra jejich ohrožení nemocemi rakovinového původu je velmi vysoká (CHANPIWAT et al., 2014).



Obrázek č.3 - profil monitorovacího vrtu (přepracováno z FLORIDA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION, 2008)

5.1.3 Kontaminace zeminy

Za zeminu se považuje vrstva na zemském povrchu, jejíž částice nejsou vzájemně pevně spojeny a jde o termín nadřazený pojmu půda. Půda je přírodní vrstva na zemském povrchu vznikající z povrchových zvětralin a destrukcí organických zbytků a na rozdíl od zeminy je vždy oživenou vrstvou zemské kůry (MŽP ČR, 2005).

Kontaminace půdy je jednou z příčin její chemické degradace. Z hlediska původu lze kontaminaci půdy rozdělit na přímou a nepřímou. K přímé kontaminaci půdy dochází buď únikem, nebo ekologickou havárií a její příčinou může být především nedostatečné zabezpečení a nesprávné nakládání s chemickými látkami v průmyslu či dopravě, nebo aplikací kontaminovaných produktů, což může být například nadužívání pesticidů v zemědělství. K nepřímé kontaminaci půd dochází prostřednictvím atmosférické depozice nebo stykem se znečištěnými povrchovými vodami (VEGTER, 2005).

Půda je složitý, třífázový systém, skládající se z pevné, kapalné a plynné složky a chování kontaminantů, které jsou zpravidla antropologického původu, závisí na mnoha faktorech. Distribuce kontaminantů v půdě je ovlivněna typem, koncentrací, formou a stabilitou cizorodé látky v zemině. Například organické látky mohou v půdě podstoupit chemickým změnám, nebo se mohou samovolně rozložit na produkty, které jsou méně toxické než původní sloučenina. Chemické prvky, například kovy, se nemohou dále rozkládat, ale jejich vlastnosti se změní natolik, že jsou pro rostliny a půdní organismy poměrně snadno vstřebatelné (HARRISON et al., 2009).

Kontaminace zeminy může mít na zdraví člověka stejně negativní dopad, jako kontaminace spodních vod.

V roce 2010 provedla skupina čínských vědců studii zabývající se vztahem mezi prokazatelnou kontaminací půdy v oblastech s intenzivním průmyslovým využitím a zdravím obyvatel. Průzkum byl proveden v okolí průmyslové oblasti kolem Bohai Bay, Tianjin v severní Číně. Bylo odebráno 105 vzorků půdy a rozdáno 742 dotazníků. Z odebraných vzorků byly stanoveny koncentrace organochlorových pesticidů (OCPs) a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). Zpráva o laboratorních výsledcích uvádí, že zjištěné koncentrace reziduí byly mnohem vyšší než limity čínské vnitrostátní normy kvality ovzduší a půdy a než ty, které byly hlášeny ve většině prováděných studií v této oblasti. Dle koncentrací PAU

v odebraných vzorcích se jen 7,6% půdních vzorků dalo považovat za neznečištěné, 45,7% mírně znečištěné, 22,9 % znečištěné a zbylých 23,8% za značně znečištěné tak, jak je specifikuje čínská státní norma. Zdravotní obtíže obyvatel ve zkoumané oblasti spojené s kožními nemocemi, nemocemi dýchacího ústrojí, krevního oběhu a nemocemi trávicího ústrojí byly podle dotazníků znatelně vyšší, než je čínský dlouhodobý průměr. Lidská populace ve zdejší oblasti byla tedy vystavena mnohonásobně vyšší dávčám polutantů z půdy než lidé žijící na venkově, mimo průmyslovou oblast a to mělo neblahý vliv na její zdraví, což ve svém závěru citovaná práce empiricky dokazuje (LI et al., 2011).

5.1.4 Indikátory znečištění

Indikátory znečištění jsou specifické koncentrace jednotlivých chemických látek v zemině, podzemní vodě a v půdním vzduchu. Překročení hodnot indikátorů se posuzuje jako indikace znečištění, které by mělo být dále zkoumáno a hodnoceno, a to především z hlediska rizik pro případné příjemce znečištění a ohrožené ekosystémy (MŽP ČR, 2012).

Jako podklad pro odvození hodnot indikátorů znečištění horninového prostředí byly použity tzv. screeningové hodnoty znečištění odvozené z RSL (Regional Screening Levels) od EPA (U.S. Environmental Protection Agency). RSL jsou takové koncentrace chemických látek v jednotlivých složkách životního prostředí, tedy v zemině, ovzduší, v pitné nebo v užitkové vodě, jejichž překročení by si mělo vyžádat bližší průzkum, případně odstranění kontaminace sanací (MŽP ČR, 2012).

Hodnoty sledovaných kontaminantů byly stanoveny pro každou složku zvlášť, přičemž u zeminy a půdního vzduchu se tyto dále rozlišují na průmyslově využívané plochy a plochy ostatní. V tabulkách č.1,2,3 a 4 jsou uvedeny maximální hodnoty některých významných průmyslových kontaminantů a nejsou v ní tedy zahrnuty pesticidy.

Průmyslově využívaná území, zahrnují plochy pro výrobu a technickou infrastrukturu. Jako ostatní plochy mimo průmyslově využívaná území jsou označeny např. plochy pro bydlení, plochy veřejného vybavení, plochy smíšené atd. (MŽP ČR, 2012).

kovy	zemina [mg/kg] sušiny		podzemní voda [$\mu\text{g}/\text{l}$]	půdní vzduch [mg/m^3]	
	prům. využívaná plocha	ostatní plocha		prům. využívaná plocha	ostatní plocha
arsen	2,4	0,61	0,045	/	/
chróm ^{VI+}	5,6	0,29	0,031	/	/
měď	41000	310	620	/	/
olovo	800	400	10	/	/
rtuť	43	10	0,63	/	/

Tabulka č.1 - Indikátory znečištění (MŽP ČR, 2012)

Indikátory znečištění půdního vzduchu jsou stanoveny pouze pro těkavé látky tedy látky s hodnotou Henryho konstanty větší nebo rovnou 1×10^{-5} atm·m³/mol a molekulární hmotností menší než 200 g/mol., tedy. látky, jejichž přítomnost je u kontaminovaných lokalit v půdním vzduchu možno očekávat (MŽP ČR, 2012).

Monocyklické aromatické uhlovodíky	zemina [mg/kg] sušiny		podzemní voda [$\mu\text{g}/\text{l}$]	půdní vzduch [mg/m^3]	
	prům. využívaná plocha	ostatní plocha		prům. využívaná plocha	ostatní plocha
benzen	5,4	1,1	0,39	1,6	0,31
ethylbenzen	27	5,4	1,3	4,9	0,97
fenol	180000	18000	4500	/	/
styren	36000	6300	1100	4400	1000
toluen	45000	5000	860	22000	5200
xyleny	2700	630	190	440	100
Polycyklické aromatické uhlovodíky					
acenaften	33000	3400	400	/	/
antracen	170000	17000	1300	/	/
chrysen	210	15	2,9	/	/
naftalen	18	3,6	0,14	0,36	0,072

Tabulka č.2 - Indikátory znečištění (MŽP ČR, 2012)

Indikátory znečištění podzemní vody jsou stanoveny bez ohledu na způsob využití území a vycházejí z expozičních scénářů kontaktu člověka s pitnou a užitkovou vodou, tj. v případech využívání podzemní vody (MŽP ČR, 2012).

Chlorované Monocyclické aromatické uhlovodíky	zemina [mg/kg] sušiny		podzemní voda [µg /l]	půdní vzduch [mg/m ³]	
	prům. využívaná plocha	ostatní plocha		prům. využívaná plocha	ostatní plocha
chlorbenzen	1400	290	72	220	52
1,2,4-trichlorbenzen	99	22	0,99	8,8	2,1
1,4-dichlorbenzen	12	2,4	0,42	1,1	0,22
Hexachlorbenzen	1,1	0,3	0,042	/	/
Pentachlorfenol	2,7	0,89	0,035	/	/
Chlorované alifatické uhlovodíky					
1,1,2-trichlorethan	5,3	1,1	0,24	0,77	0,15
1,2-dichlorethan	2,2	0,43	0,15	0,47	0,094
Dichlormetan	960	56	9,9	1200	96
Tetrachlormetan	3	0,61	0,39	2	0,41
Trichlormetan	1,5	0,29	0,19	0,53	0,11
Ropné látky					
Ropné látky (jako uhlovodíky C10-C40)	1500	500	500	/	/

Tabulka č.3 - Indikátory znečištění (MŽP ČR, 2012)

ostatní anorganické látky	zemina [mg/kg] sušiny		podzemní voda [µg /l]	půdní vzduch [mg/m ³]	
	prům. využívaná plocha	ostatní plocha		prům. využívaná plocha	ostatní plocha
Kyanidy	140	22	1,4	/	/
Thiokyanáty	200	16	3,1	/	/
ostatní organické látky					
2,4-dinitrotoluen	5,5	1,6	0,2	/	/
Hydrochinon	29	8,1	1,1	/	/
Kresoly	62000	6100	1400	2600	630
nitrobenzen	24	4,8	0,12	0,31	0,061
o-nitrotoluen	13	2,9	0,27	/	/

Tabulka č.4 - Indikátory znečištění (MŽP ČR, 2012)

Přehled kontaminantů ke kterým jsou hodnoty indikátorů znečištění stanoveny, vychází z přehledu látek ve zrušeném Metodickém pokynu MŽP Kritéria znečištění z roku 1996, a je upraven dle aktuálního stavu poznání, platné legislativy a dostupnosti screeningových hodnot RSL/SSL pro jednotlivé látky (MŽP ČR, 2012).

Není účelem využívat přehled látek, pro které jsou indikátory znečištění stanoveny, jako ucelený přehled látek, které mají být v rámci prováděných průzkumů

znečištění plošně sledovány. Průzkumy znečištění je nutno vždy provádět s ohledem na místně-specifické podmínky a zaměřit je na určené látky potenciálního zájmu, tj. látky, jejichž přítomnost lze na lokalitě vzhledem k historii využívání oblasti očekávat (MŽP ČR, 2012).

5.2 Průmyslové kontaminanty zeminy a podzemních vod

5.2.1 Základní rozdělení kontaminantů

Kontaminanty lze klasifikovat a třídit podle různých kritérií. Mohou se dělit například dle jejich původu či způsobu použití, nebo na základě jednotlivých fyzikálních či chemických vlastností. Rovněž se mohou třídit dle chování v životním prostředí nebo je specifikuje užívaný způsob jejich likvidace a sanace jimi zasažených lokalit. Obecněji lze kontaminanty rozdělit na dvě základní skupiny (KUBAL et al., 2002):

- organické kontaminanty
- anorganické kontaminanty

V Metodickém pokynu Ministerstva životního prostředí Indikátory znečištění z roku 2012 (viz tabulky č.1,2,3 a 4) jsou kontaminanty řazeny víceméně podle jejich chemické podstaty. Organické kontaminanty pak podle molekulové struktury, či funkční skupiny.

Organické kontaminanty jsou v zásadě rozložitelné až na ekologicky neutrální vodu a oxid uhličitý, nebo na relativně ekologicky neškodné sloučeniny (sírany, dusičnany, chloridy). Za daných konkrétních podmínek, může tedy být chemický či biologický rozklad, je-li technicky realizovatelný, konečnou metodou k jejich zneškodnění. Většina anorganických kontaminantů naproti tomu biologickému či chemickému rozkladu podléhá pouze v prakticky bezvýznamné míře, tudíž je třeba při jejich odstraňování volit zcela jiné metody a postupy, založené na jejich mnohonásobném zakoncentrování a následné separaci (KUBAL et al., 2002).

V případě znečištění toxickými kovy, kdy čištění takových lokalit chemicko-fyzikálními postupy je mnohdy neekonomické a neekologické se stále častěji přistupuje k využití metodám biotechnologickým, k remediaci pomocí bakteriálních kultur (FENDORF et al., 2003).

Z hlediska uplatnitelnosti sanačních technologií lze dále kontaminanty rozdělit do těchto tříd:

- těkavé organické látky (VOCs)
- semitěkavé organické látky (SVOCs)
- ropné látky
- anorganické látky včetně radioaktivních prvků
- výbušniny

5.2.2 Vybrané anorganické kontaminanty a jejich charakteristika

Dále uvedené anorganické kontaminanty jsou vesměs všechny přirozenou složkou chemismu podzemních vod. Zvláště pak v okolí rudných ložisek mohou být tyto detekovány ve značně vysokých koncentracích. V takových případech je průzkum zasažených oblastí a jeho vyhodnocení o to složitější, jelikož je třeba rozlišovat kontaminaci antropologického původu od kontaminace v zásadě přirozené. Formy výskytu těchto látek dále závisí zpravidla na charakteristikách prostředí, tedy na pH a oxidačně redukčním potenciálu, ale také na výskytu dalších látek a jejich vzájemných interakcích a poměrech (ŠRÁČEK et al., 2000).

Z hlediska druhů a obsahů ve vodách lze anorganické kontaminanty rozdělit do těchto tříd:

- největších koncentrací dosahují sloučeniny síry (sírany) a chloru (chloridy) – stovky až tisíce mg/l
- řádově nižších koncentrací dosahují kontaminanty na bázi dusíku, fosforu, železa manganu a zinku – jednotky až desítky mg/l
- stopové prvky, kterými jsou např. rtuť, olovo, kadmium, selen, měď, arsen, chrom, kobalt, nebo nikl projevují svou toxicitu a další nepříznivé účinky v koncentracích již v jednotkách $\mu\text{g/l}$

Za nejnebezpečnější běžné anorganické kontaminanty lze tedy jednoznačně považovat toxické kovy: rtuť, kadmium, olovo, chrom a arsen (ŠRÁČEK et al., 2000).

Rtuť (Hg)

Přibližně 80% rtuti uvolněné z lidské činnosti, se jako elementární rtuť uvolní do atmosféry, a to především ze spalování fosilních paliv, hornictví a hutnictví, a ze spalování pevných odpadů. Dalších 15% z celkového objemu se uvolní do půdy z hnojiv, fungicidů. Pro zbylých 5% jsou v životním prostředí zdrojem vypouštěné průmyslové odpadní vody (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 1999) Jde o jeden z nejkumulativnějších prudkých jedů s toxickými účinky především na centrální nervový systém, ledviny a reprodukční orgány. Běžné formy výskytu jsou $\text{Hg}^{\text{II}+}$, $\text{Hg}_2^{\text{II}+}$ a Hg^0 , časté jsou i hydro- a chlorokomplexy (ŠRÁČEK et al., 2000). Mnohem nebezpečnější formou rtuti než je rtuť elementární, ve formě kovu, je rtuť organická v podobě monomethylrutnatého kationu, nesprávně označovaného jako methylrtuť. Ten se kumuluje především v mořském potravním řetězci a konzumací ryb a rybích výrobků je jí člověk nepřímo ohrožen (EUROPEAN COMMISSION DG ENV. E3, 2002).

Kadmium (Cd)

Nejdůležitějšími zdroji kadmia v životním prostředí jsou produkty ze spalování fosilních paliv, odpadní vody z metalurgického průmyslu, výroby pigmentů a elektrotechnický průmysl, částečně také polygrafický průmysl (KUBAL et al., 2002). Jeho běžné formy výskytu ve vodách jsou $\text{Cd}^{\text{II}+}$, CdOH^+ , v komplexech se sírany nebo v organických komplexech (ŠRÁČEK et al., 2000). Kadmium se v minimálních koncentracích přirozeně vyskytuje v proteinových frakcích rostlinných tkání. Obecně lze tedy říci, že zvýšený obsah kadmia v zemědělské půdě bude mít za následek jeho zvýšený příjem rostlinami. Těmito rostlinami jsou především brambory, kukuřice a tabák (HLUŠEK et al., 1994). Kadmium se v těle živočichů hromadí zejména v ledvinách či játrech, a vede k jejich dysfunkci, zároveň v jejich tělech narušuje metabolismus vápníku. (EUROPEAN COMMISSION DG ENV. E3, 2002).

Olovo (Pb)

Zcela zásadními zdroji olova jsou akumulátory a výroba barev. V minulosti to byly olověné vodovodní rozvody, okapy a nádoby a spalování olovnatého benzínu (KUBAL et al., 2002). Ve vodách se olovo běžně vyskytuje ve formě Pb^{II+} , PbCO_3^0 , PbOH^+ , případně jako chemická složka hydroxokomplexů, komplexů s uhlíčitany a chlorokomplexů (ŠRÁČEK et al., 2000). V přirozených podmínkách je olovo přítomno ve všech rostlinách a ty jej z půdy přijímají pasivně v závislosti na teplotě a pH. Vysoký obsah olova je trvale sledován v prachu, proto jeho zvýšený obsah způsobuje kontaminaci především na povrchu rostlin (HLUŠEK et al., 1994). Olovo u člověka ovlivňuje nervovou soustavu a zpomaluje nervové reakce, což může mít u dětí za následek fyzické, či mentální zaostávání (EUROPEAN COMMISSION DG ENV. E3).

Chrom (Cr)

Nejvýznamnějším zdrojem chromu v životním prostředí je především metalurgický průmysl. Dalšími významnými zdroji jsou kožedělný průmysl, výroba barev a impregnace dřeva či barvení textilu (KUBAL et al., 2002). Ve vodách se chrom ojediněle vyskytuje jako trojmocný Cr^{III+} častěji jako šestimocný, anionty CrO_4^{II-} nebo $\text{Cr}_2\text{O}_7^{II-}$ (ŠRÁČEK et al., 2000). V rostlinách se nejvíce chrom kumuluje v kořenech, méně pak v listech a stoncích (HLUŠEK et al., 1994). Obecně platí, že chrom trojmocný, je podstatně méně toxický než chrom šestimocný. Šestimocný chrom má řadu nežádoucích účinků od dermatologického podráždění, přes potíže s respirací, či oběhovým systémem až k možnému vyvolání zhoubného rakovinného bujení (EUROPEAN COMMISSION DG ENV. E3).

Arsen (As)

Arsen se do životního prostředí emituje ve formě pesticidů, látek pro konzervaci dřeva a látek pro urychlení růstu drůbeže a vepřového dobytka (KUBAL et al., 2002). Protože je přirozený výskyt arsenu často spojen s ložisky měděných a olověných rud, může se do životního prostředí uvolňovat i při jejich zpracování. (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 2007). Jeho nejčastější formy výskytu ve vodách jsou kyselina arsenitá H_3AsO_3 , dihydrogenarseničnany H_2AsO_4^- a hydrogenarseničnany HAsO_4^{II-} (ŠRÁČEK et al., 2000). Arsen je ve stopovém množství přirozenou součástí mnoha rostlin. Toxické

účinky arsenu se projevují těžkými průjmy a nervovými poruchami (HLUŠEK et al., 1994).

5.2.3 Vybrané organické kontaminanty a jejich charakteristika

Přítomnost organických látek rovněž do značné míry ovlivňuje vlastnosti a kvalitu podzemních vod. Podzemní vody mohou obsahovat stovky až tisíce organických látek a je téměř nereálné je z jednoho odebraného vzorku všechny detekovat a analyzovat. Je proto nezbytné stanovit pořadí důležitosti, primárně dle toxicity, mutagenity či karcinogenity jednotlivých polutantů. Nejrozšířenější jsou metody nepřímého stanovení organických látek ve vodách nebo jejich skupin, jako významných škodlivin, na základě jejich shodných chemických, či fyzikálních vlastností (ŠRÁČEK et al., 2000). Takovými vlastnostmi mohou být například extrahovatelnou, těkavost nebo přítomnost funkční skupiny. Běžně se tedy používají souhrnná stanovení:

- stanovení BTEX
- stanovení NEL
- chemická spotřeba kyslíku CHSK
- biologická spotřeba kyslíku BSK
- veškeré organicky vázané halogeny TOX
- veškerý organicky vázaný chlor TOCl
- celkový organický uhlík TOC

Obecně lze říci, že nejčastějšími místy výskytu reziduí organického charakteru mohou být zařízení chemických výroby, areály elektropokovování a povrchové úpravy kovů, hangáry a zařízení údržby letecké techniky, místa v blízkosti netěsnících skladovacích nádrží paliv či maziv, v prostorech pro údržbu vozidel apod. (KUBAL et al., 2002).

BTEX

Motorová paliva jsou složité organické směsi, složené ze stovky specifických sloučenin. Jejich indikačními sloučeninami, které jsou obvykle definovány jako sloučeniny, které mohou být považovány za toxické a nejvíce mobilní v půdě a podzemních vodách jsou benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny. Všechny jsou to látky

těkavé (VOC) a souhrnné označení této podskupiny organických kontaminantů je BTEX (IRWIN et al., 1997).

Benzen

Benzen má genotoxické a karcinogenní účinky. Napadá nervový systém a zároveň poškozuje buňky kostní dřeně, tím ohrožuje krvetvorbu. (WILBUR et al., 2004) K intoxikaci organismu dochází především inhalací par benzenu, v těle pak metabolizuje v převážné míře na fenol. Jako nejzávažnější akutní účinek možno považovat především účinek narkotický. (VANĚK et al., 2009).

Toluen

Cílem toxicity toluenu člověka je centrální nervový systém, jeho účinky na člověka jsou dobře zdokumentovány. Inhalace par toluenu v nižších koncentracích může vyvolat pocit euforie, při expozici ve vyšších koncentracích jsou ovlivněny intelektuální, psychomotorické, a neuromuskulární schopnosti s tím, že nelze vyloučit trvalé zdravotní následky (WILBUR et al., 2004). Z toxikologického hlediska je méně nebezpečný než benzen, protože nenapadá buňky kostní dřeně, po biotransformaci v organismu se z těla téměř všechn vyloučí močí. Toluen působí dráždivě na pokožku a může způsobit alergii spojenou se vznikem kožních ekzémů. (VANĚK et al., 2009).

Ethylbenzen

Je toxicitěji než benzen. Hlavní účinek je narkotický a je asi stejně silný jako účinek toluenu. Akutní vysoká úroveň expozice inhalací ethylbenzenu má negativní účinky na centrální nervový systém a způsobuje podráždění očí a dýchacích cest (WILBUR et al., 2004). Kapalný etylbenzen se považuje pro kůži za nejdráždivější ze všech aromatických uhlovodíků. (VANĚK et al., 2009).

Xyleny

Obvykle se nachází ve formě třech isomerů: orto-, meta-, para-. Zdravotní účinky smíšených xylenů, o-xylen, m-xylen a p-xylen se zdají být podobné účinkům jednotlivých izomerů. Patří k nim narkóza, vysílení, poruchy koordinace, třes, svalové křeče, ztížené dýchání, změny v chování, zvýšené sluchové prahy a ztráta sluchu, a změny v mozkové aktivitě (WILBUR et al., 2004). Je méně nebezpečný

než toluen. Nejčastější otravy jsou způsobeny nadýcháním se par. K akutním otravám dochází vzácně, a to především při práci v malém nevětraném prostoru. (VANĚK et al., 2009).

NEL

Stanovení parametru NEL je velmi užívaným ukazatelem, kterým se posuzuje znečištění vzorků životního prostředí a sleduje jakost povrchových, odpadních a pitných vod. Jde o skupinové stanovení látek, které se izolují ze vzorku extrakcí vhodným extrakčním činidlem, jež se volí podle použité metody. Extrakt získaný tímto způsobem obsahuje nejen polární extrahovatelné látky, ale i látky nepolárního charakteru. Stanovením NEL se prokazuje pouze přítomnost extrahovaných látek nepolárního charakteru, zejména látek ropného původu. Tuto skupinu tvoří široké spektrum látek od benzinů, přes petroleje, motorovou naftu, topné a mazací oleje, obráběcí a konzervační prostředky a plastická či viskózní maziva (PAVLOVSKÝ et al., 2013).

NEL, jinak také ropné látky, jsou definovány jako suma koncentrací sloučenin extrahovatelných uhlovodíkovým rozpouštědlem bodu varu ležícího v rozsahu od 36 °C do 69 °C, které se neadsorbují na Florisilu (křemičitan hořečnatý), které lze stanovit plynovou chromatografií a jejichž retenční časy leží mezi retenčními časy n-dekanu ($C_{10}H_{22}$) a n-tetrakontanu ($C_{40}H_{82}$) (ČSN EN ISO 9377-2)

5.3 Dekontaminační technologie sanačních postupů

5.3.1 Sanační postupy

Sanační postup je proces, který si klade za cíl odstranit kontaminaci z území, ve kterém byla předchozím hydrogeologickým průzkumem tato prokázána. Způsob a užití dekontaminační technologie se liší mimo jiné jak dle místa a rozsahu jeho zasažení, tak i vlastní charakteristikou detekovaného kontaminantu a vychází z předchozí analýzy rizik ve formě návrhu nápravných opatření, jako jeden z jejich stěžejních výstupů. Sanační postup a zvolená dekontaminační technologie je vázána na stanovené cílové hodnoty kontaminantů a celkové, předpokládané, finanční náklady na dekontaminaci a rozlohu sanovaného území (KUBAL et al., 2002).

5.3.2 Základní rozdělení dekontaminačních technologií

Používané dekontaminační technologie lze třídit dle několika různých aspektů. Podle dekontaminovaného média se třídí na dekontaminaci:

- podzemních a povrchových vod
- zeminy, kalů a sedimentů
- ovzduší a odplynů

Podle zvolené strategie lze dekontaminační technologie dále dělit na metody založené na:

- extrakci nebo separaci kontaminantu
- imobilizaci, nebo fixaci kontaminantu
- destrukci nebo změně kontaminantu

Podle místa vlastní realizace se dekontaminace dělí na:

- metody in situ
- metody ex situ

V rámci všech uvedených dílčích rozdělení je možno rozlišovat dekontaminaci také na metody:

- fyzikální
- chemické
- biologické

Při řešení starých ekologických zátěží je zpravidla zvykem v zájmu uspokojivého vyčištění kontaminované lokality kombinovat více jednotlivých technologických postupů. Širší uplatnění v mnoha případech nachází například kombinace sanačního čerpání kontaminovaných vod saturevané zóny s ventingem půdního vzduchu v zóně areace (KUBAL et al., 2002).

5.3.3 Popis principů vybraných sanačních technologií in-situ

Technologie „in situ“ jsou realizovány přímo na místě staré ekologické zátěže a, jejich výhodou ve srovnání s technologiemi „ex situ“ jsou výrazně nižší náklady. Nevýhodou jsou ale obtížnější kontrola průběhu sanace a možné nerovnoměrné odstraňování kontaminantu, jehož příčinou je nesteroidnost v čištěném horninovém materiálu (KUBAL et al., 2002), což silně ovlivňuje míru jeho propustnosti.

Škála technologií in-situ je široká a zahrnuje postupy fyzikální, chemické i biologické. Odstraňování SEZ v sanované lokalitě se ve většině případů neomezuje

jen na nenasaturovanou zónu, mnohdy totiž, vlivem dlouhodobého působení dojde také ke kontaminaci zóny nasaturované a tím i zasažení přirozeného chemismu podzemních vod. Proto se v takových případech přistupuje ke kombinacím různých sanačních technik (MATĚJŮ, 2006).

Chemická oxidace

Chemická oxidace in situ angl. in situ chemical oxidation (ISCO) je sanační technologie, kdy se chemické oxidační činidlo se vstříkuje do podpovrchových vrstev kontaminovaného území k oxidaci nebo transformaci znečišťující látky v podzemních vodách nebo v půdě na neškodné vedlejší produkty (U.S. EPA, 2012a).

Jako oxidační činidlo se využívá peroxid vodíku (H_2O_2), ozon (O_3), manganistany (MnO_4^-) a jiné. Výslednými produkty oxidačních reakcí jsou podle použitelného činidla oxid uhličitý, voda, běžného sloučeniny železa, nebo oxidy manganu, tedy látky v přírodě se běžně vyskytující (MATĚJŮ, 2006).

Použitelnost ISCO je velmi široká, a v zásadě limitujícím faktorem je jen oxidovatelnost kontaminantu za vzniku netoxického produktu. Využití je možné jak v zóně areace, tak v nasaturované zóně a likvidovanými kontaminanty mohou být ropné látky např. chlorované etyleny DCE, TCE, PCE, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), nebo polychlorované bifenyly (PCB) a jiné (MATĚJŮ, 2006). Podstata technické realizace metody ISCO spočívá v návrhu a instalaci vhodného zasakovacího systému, kterým se oxidační činidlo vpravuje do sanovaného prostoru (viz obrázek č.4).

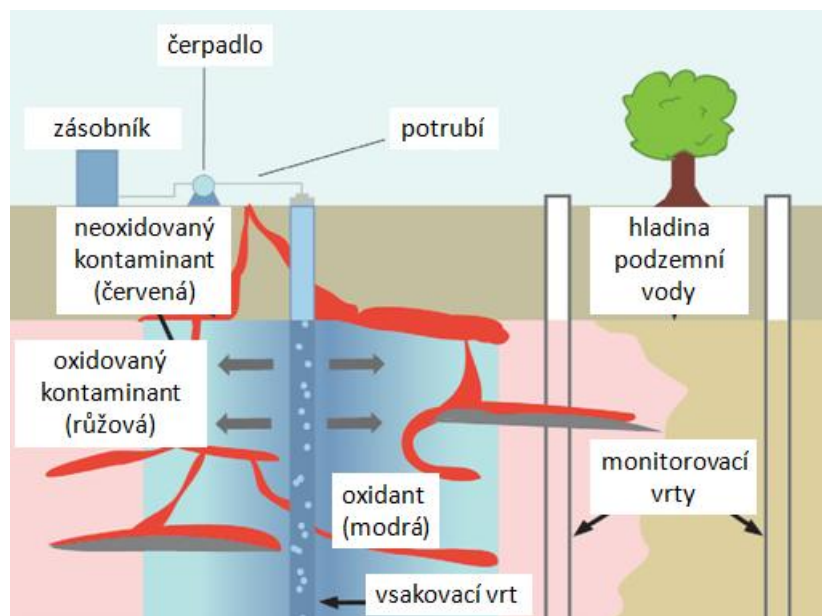
Venting

Venting, angl. soil vapor extraction (SVE) je metoda založená na odsávání půdního vzduchu a spolu s ním i par kontaminantů, nejčastěji těkavých organických látek (VOC) z nenasaturované zóny v místě prováděné sanace (U.S. EPA, 2012b).

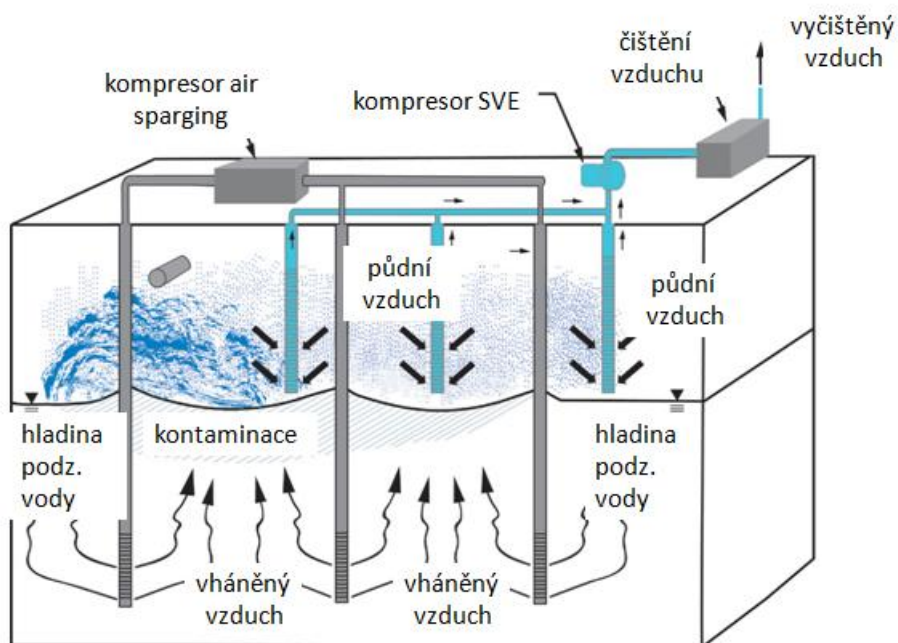
Kontaminovaný vzduch se odsává z vertikálních nebo směrovaných horizontálních vrtů ze zóny areace a v dekontaminační jednotce se terminací popř. katalýzou zbavuje znečištění a následně v souladu s příslušnými limity vypouští do atmosféry (MATĚJŮ, 2006). Metoda SVE je často kombinována s metodou Air sparingu, kdy je vrty navrtána nasaturovaná zóna a do nich poté vháněn zahříváný vzduch, který podporuje uvolňování par těkavých kontaminantů a půdní vzduch jeji více obohacen (viz obrázek č.5). Venting je využíván pro odstranění těkavých

organických látek, zvláště pak BTEX, ale uplatnění může najít i pro VOCs (MATĚJŮ, 2006).

Metoda ventingu byla úspěšně využita i při odstraňování staré ekologické zátěže v areálu ChZS s rozšířením o aplikaci bakteriálního preparátu, tedy bioventing.



Obrázek č.4 - Princip in-situ chemické oxidace (přepřacováno z U.S. EPA, 2012a)



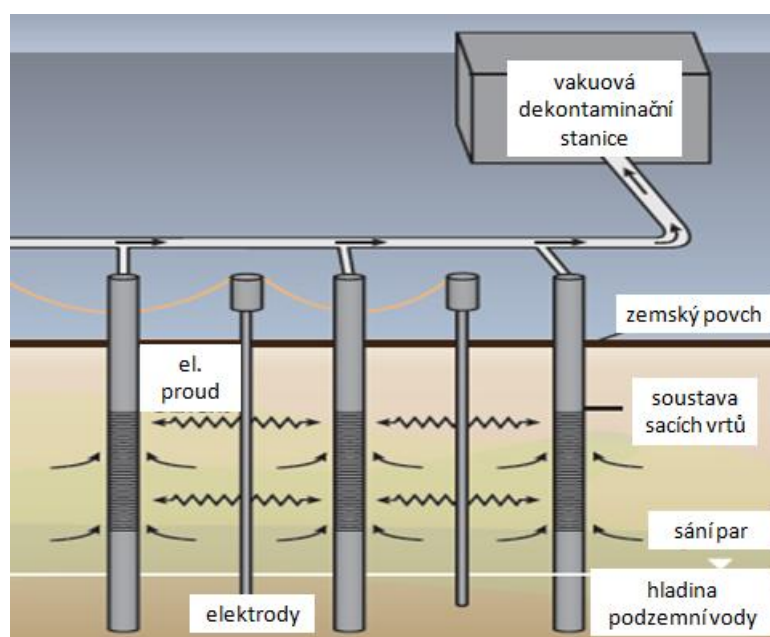
Obrázek č.5 – Princip kombinace metody Air spargingu a SVE (přepřacováno z U.S. EPA, 2012b)

Metody tepelného ošetření in situ (In Situ Thermal Treatment)

Metody tepelného ošetření in situ je souhrnné označení sanačních metod založených na destrukci nebo demobilizaci škodlivých chemických látek obsažených v zemině, či podzemních vodách pomocí tepla. Působením velmi vysokých teplot na kontaminovanou zeminu nebo podzemní vodu organické kontaminanty na bázi kapalin lehké nevodné fáze s hustotou menší, než má voda angl. Light-Non Aqueous Phase Liquids (LNAPLs) přecházejí spolu s vodou do par, což umožňuje jejich snadnější prostup zeminou a snazší separaci (U.S. EPA, 2012c).

Mezi takové metody se řadí:

- metoda odporového zahřívání angl. Electrical resistance heating (ERH) (U.S. EPA, 2012c), kdy je teplo generováno elektrickým odporem při průchodu elektrické energie půdou (MATĚJŮ, 2006) (viz obrázek č.6)
- metoda vstřikování vodní páry angl. Steam enhanced extraction (SEE) (U.S. EPA, 2012c), při které je do vrtů zavedených pod úroveň rozšíření kontaminace vstřikována vodní pára, která uvolňuje polutanty z čištěného materiálu a současně plní funkci transportního média (MATĚJŮ, 2006)
- metoda konduktivního ohřevu angl. Thermal conduction heating (TCH) (U.S. EPA, 2012c), technicky řešená zapuštěním topných těles a teplo je do horninového prostředí předáváno vedením (MATĚJŮ, 2006)



Obrázek č.6 - Princip metody odporového zahřívání (přepřacováno z U.S. EPA, 2012c)

6 ROZBOR PŘÍPADOVÉ STUDIE

6.1 Údaje o území

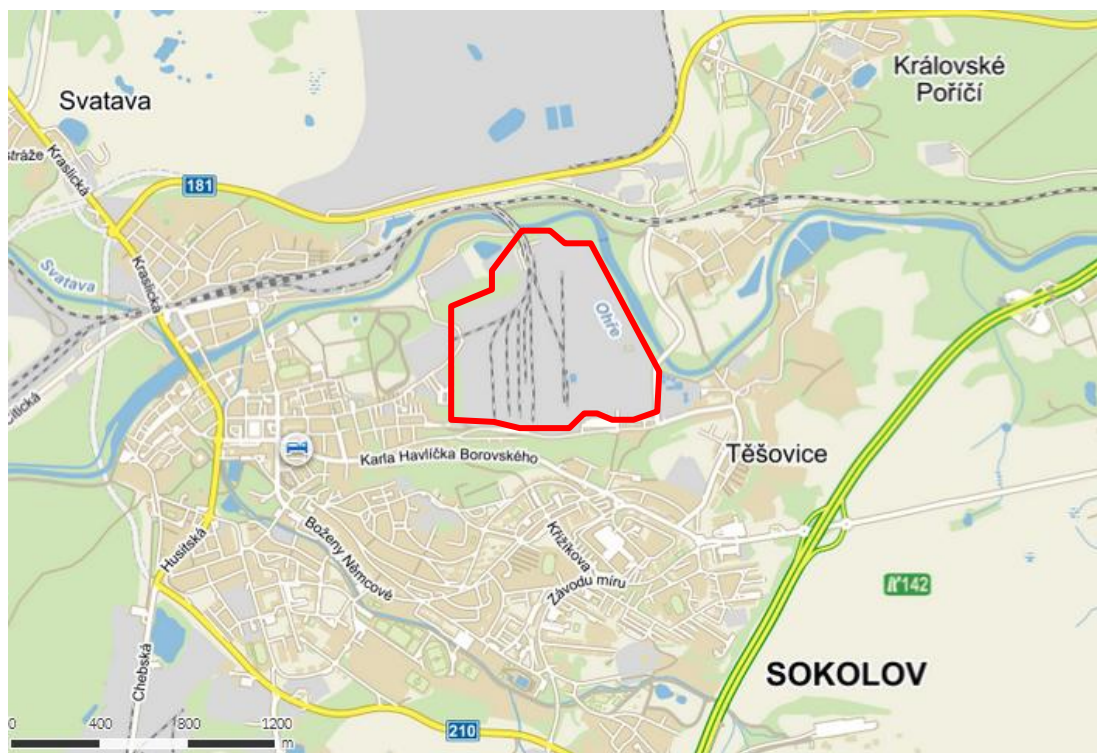
6.1.1 Geografické vymezení území

Kapitola geograficky vymezuje zájmové území a začleňuje jej do širšího geografického kontextu (MŽP ČR, 2005).

Popisované zájmové území leží v Karlovarském kraji. Areál Momentive dříve také Chemické závody Sokolov (dále jen ChZS) se nachází v katastrálním území Sokolov (752223) ve správě pověřeného Městského úřadu Sokolov. Areál závodu je situován severovýchodně od městské aglomerace Sokolova (viz obrázek č.7). Na jihu je areál podniku vymezen ulicí Tovární, za kterou se terén bezprostředně zdvihá do bezejmenného vrchu, na severovýchodě a východě řekou Ohří a na západě ohraničen bývalým dolem Bohemia, jehož vzniklý prostor po vytěžení byl v minulosti využíván Elektrárnou Tisová jako úložiště popílku a městem Sokolov jako skládka TKO. V období osmdesátých až devadesátých let bylo místo rekultivováno do podoby lesoparku. Severně k areálu přiléhá malá lesní plocha, dále pak zahrádkářská kolonie a řeka Ohře (VANĚK et al., 2009).

Jihovýchodně od podniku leží ČOV města Sokolov a za ní začíná katastr obce Těšovice. Lokalita závodu Momentive leží na relativně rovné štěrkopískové terase řeky Ohře v nadmořské výšce mezi 397 - 402 m.n.m (STANĚK et al., 1996). Městská ČOV a rodinné domy se nachází níže. Celková rozloha závodu je 55 ha. Podnik mimo oplocený areál dříve využíval také úložiště pro plavení popelovin tzv. „zemník“, který po ukončení provozu prošel rekultivací. Dále jsou v tomto prostoru cca 1 km po toku řeky Ohře situovány tzv. „vychlazovací rybníky“ pro vody odcházející z podnikové ČOV (DOSOUDIL et al., 2008).

Zájmové území se odvodňuje prostřednictvím podnikové dešťové kanalizace, zaústěné do Ohře, nejbližší vodoteče (č.h.p. 1-13-01-001). Ta protéká severně a východně od areálu Momentive ve vzdálenosti cca 30 metrů.



Obrázek č.7 - Chemické Závody v Sokolově (SEZNAM, 2015)

6.1.2 Využití území

Tato kapitola zahrnuje popis historie a stávající využití území, popis bývalých i současných aktivit, plánovaný charakter území z hlediska územního plánu a předpokladů budoucího využívání, výčet chráněných území a ekosystémů a ochranných pásem v dosahu znečištění lokality a jejím okolí (MŽP ČR, 2005).

Prostor areálu Momentive byl po celou dobu své existence využíván pro chemicko-průmyslovou výrobu. Hlavním výrobním programem podniku byla elektrochemická a elektrotermická výroba. Stěžejními výrobními produkty byly karbid vápníku a dusíkaté vápno (viz tabulka č.5)

výrobek	zahájení	ukončení
Karbid vápníku	1917	1983
Dusíkaté vápno	1917	1979
Dissous-plyn	1936	1984
Alkalické chlorečnany	1935	1994
Kyselina mravenčí	1933	1993
Mravenčan vápenatý	1933	1993
Peroxid vodíku	1934	1991
Silostan	1969	1990
Korund	1985	2011
Technické plyny	1995	2012

Tabulka č.5 - Původní hlavní výrobní program ChZS (STANĚK et al., 1996)

V meziválečném období byla výroba rozšířena o dissous-plyn, borax, peroxid vodíku a alkalické chlorečnany. Po druhé světové válce byly dostavěny výrobní formamidu, kyseliny mravenčí, mravenčanu vápenatého, bílého korundu a mikrokorundu. V nepatrném objemu se v ChZS vyráběly i jiné chemické produkty, např. metanolát sodný, ferrochromy, kyselina šťavelová, karbid křemíku, dikyanid a jiné. Tato výroba byla soustředěna převážně do západní a jihozápadní části ChZS, dnes je vnitropodnikově označována jako „starý závod“.

Podrobnější data o stavu provozu a jeho zabezpečení s ohledem na minimalizaci negativních vlivů na životní prostředí z dřívějších období nejsou k dispozici (STANĚK et al., 1996). V minulosti ovšem došlo k několika evidovaným haváriím spojeným s úniky látek nebezpečných vodám.

Od sedmdesátých let docházelo k postupnému odstavování zastaralých a energeticky náročných technologií a výrob a k orientaci na produkty organické chemie, reprezentované především výrobou kyseliny akrylové, jejích esterů a akrylátových disperzí. Nynější výrobní program je tvořen produkcí souhrnně charakterizovanou v tabulce č.6. Výroba kyseliny akrylové a jejích monomerů je soustředěna převážně do východní části ChZS a bývá označována jako „nový závod“. Ten je tvořen dvěma výrobny KAI a KAIII, provozem výrobní disperzí, skladovým hospodářstvím a expedicí.

Celý areál ChZS je v územním plánu Sokolova zanesen jako pozemky pro průmyslovou výrobu a skladování.

Posuzovaná lokalita není součástí zvláště chráněných území přírody a krajiny ve smyslu zákona ČNR č. 114/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Na lokalitě nebyl

zjištěn výskyt žádného zvláště chráněného druhu živočichů nebo rostlin. Ochrana přírodních ekosystémů je realizována prostřednictvím územního systému ekologické stability, spadajícího podle zákona ČNR č.114/1992 Sb. známého jako Zákon o ochraně přírody a krajiny do kategorie obecné ochrany přírody a krajiny (STANĚK et al., 1996).

Podle územního systému ekologické stability promítnutého do územního plánu města Sokolov navazuje na areál Momentive na severu a východě nadregionální biokoridor Ohře (K40 – Amerika – Svatošské skály) nivní a říční. Hranice tohoto biokoridoru opisuje přímo hranici areálu podniku. Jedním z ochranných opatření tohoto biokoridoru je zachování stávajícího charakteru vodního toku s jeho břehovými porosty. Levobřežní linie řeky Ohře je v posuzované oblasti shodná s hranicí 3. stupně ochranných pásem lázní Karlovy Vary.

V zájmovém území a jeho okolí neexistují žádná jiná pásma hygienické ochrany vodních zdrojů (VANĚK et al., 2009).

výrobek	zahájení
Kyselina akrylová a její estery -KAI	1984
Kyselina akrylová a její estery -KAIII	1994
Disperze a polymery	1983
Akrylátové tmely	1986
Peroxid vodíku	1991
Persteril	1995

Tabulka č.6 - Současný hlavní výrobní program ChZS (STANĚK et al., 1996)

6.1.3 Základní charakterizace obydlivosti lokality

Kapitola obsahuje výčet všech potenciálních subjektů a objektů v předpokládaném dosahu kontaminačního mraku a jeho bezprostředním okolí, které mohou být znečištěním jakkoli ovlivněny (MŽP ČR, 2005).

Celé popisované území je jen sporadicky obydleno. Nejbližší areálu jsou dva domy jihovýchodně od hlavního vstupního objektu a panelový dům jihozápadně od oplocení. V okruhu 250 m od podniku je dalších asi 10 rodinných domů vesnického typu či rekreačních objektů, z toho jen dům č.p. 38 vlastní studnu a voda z ní je využívána k zalévání zahrady.

6.1.4 Majetkoprávní vztahy

V této kapitole uveden přehled vlastníků a subjektů s právem užívání dotčených pozemků, resp. pozemků nacházejících se na kontaminovaném území (MŽP ČR, 2005).

Chemické závody Sokolov vznikly historickým vývojem z podniku, který byl založen v roce 1917 rakouským Spolkem pro chemickou a hutní výrobu. V prvním kvartále roku 1993 došlo k privatizaci bývalého státního podniku Chemické závody Sokolov s.p. a hlavním majitelem akcií se stal Fond národního majetku (73,7%) a společnost Chemapol (18,7%) o zbytek akcií se dělili DIKy, privatizační a restituční fondy. Dne 7.12. 1999 se většinovým vlastníkem ChZS stala společnost Eastman Chemical The Hague B.V. (VANĚK et al., 2009).

K akvizici došlo 18. 2. 2000, což bylo ve smyslu zákona č.92/1991 Sb. O podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby, datum závazné pro vymezení starých ekologických zátěží. Kontaminace, vzniklá po tomto datu, již nemohla být vnímána jako stará ekologická zátěž s nárokem na financování doprůzkumu, či realizování sanace z prostředků Fondu národního majetku, popř. Ministerstva financí ČR.

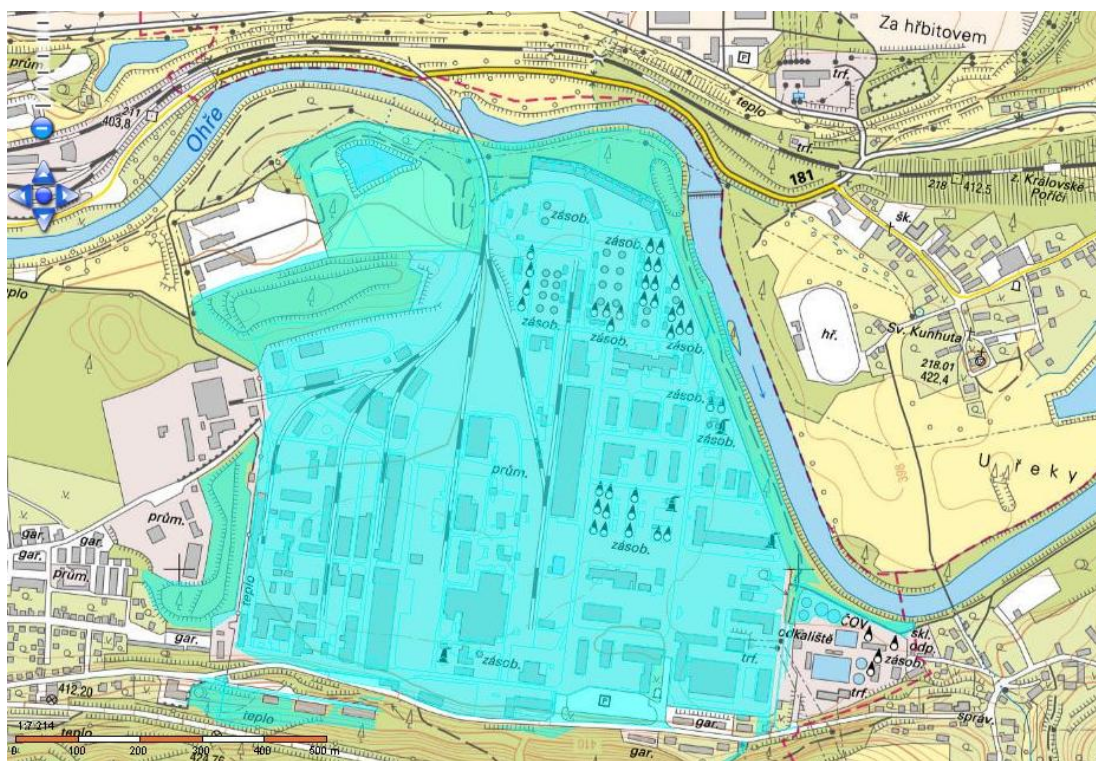
Po akvizici podniku došlo již mnohokrát ke změnám v názvu společnosti a v současné době (od 15. 1. 2015) se podnik vrátil od názvu Momentive k již dříve užitému jménu Hexion. Vlastní areál je dle výpisu z katastru nemovitostí majetkem společnosti. Areál je tvořen parcelou 1210 a dílčími parcelami odvozenými. (viz obrázek č.8)

6.1.5 Ekologická smlouva

Dne 7.12.1999 byla mezi Fondem národního majetku ČR a Chemickými závody Sokolov, a.s. uzavřena smlouva č. 0209/1999 o vypořádání ekologických závazků vzniklých před privatizací ve smyslu § 6a zák. č. 92/1991 Sb., ve znění pozdějších předpisů a následně pak byl mezi uvedenými stranami dne 6. 9. 2001 podepsán dodatek č. 1 k uvedené smlouvě (DOSOUDIL et al., 2008).

V souladu se zákonem č. 40/2004 Sb., o veřejných zakázkách, ve znění pozdějších předpisů, vypsala Fond národního majetku ČR (nyní Ministerstvo financí, Odbor 45 – Realizace privatizace majetku státu) dne 16. 11. 2005 veřejnou soutěž na výběr zhotovitele k realizaci sanačních opatření vedoucích k nápravě starých

ekologických zátěží vzniklých před privatizací ve společnosti RSM CHEMACRYL, a.s. (tehdy HEXION Specialty Chemicals, a.s.) (DOSOUDIL et al., 2008)



Obrázek č.8 - Pozemková situace Chemických Závodů v Sokolově (ČÚZK, 2015)

Společnosti DEKONTA, a.s., Petr Březina - APB Plzeň a Analytické laboratoře Plzeň, a.s. uzavřely dle § 829 a násl. zákona č. 40/1964 Sb., občanského zákoníku ve znění pozdějších předpisů smlouvu o sdružení za účelem předložení společné nabídky a účasti ve výběrovém řízení pod názvem „Sdružení NSEZ Sokolov“.

V rámci vyhodnocení soutěže zadavatel veřejné zakázky ev. č. 50009208 s názvem „Realizace sanačních opatření vedoucích k nápravě starých ekologických zátěží vzniklých před privatizací ve společnosti RMS CHEMACRYL rozhodl, že uchazeč „Sdružení NSEZ Sokolov“ předložil nejvhodnější nabídku a vyzval jeho zástupce k podpisu realizační smlouvy. Tato smlouva o poskytnutí služeb při sanaci ekologických škod byla následně uzavřena dne 6. 6. 2006 pod č. 02477-2006-452-S-0209/09-01-001-S00039 mezi Sdružením NSEZ Sokolov a MF ČR (DOSOUDIL et al., 2008)

Dalším, navazujícím krokem v procesu likvidace SEZ a odstranění závadného stavu v areálu HEXION Specialty Chemicals, a.s. bylo vydání příslušných správních rozhodnutí OI ČIŽP.

6.2 Přírodní poměry zájmového území

6.2.1 Geologie území

Kapitola zahrnuje popis litologie, mocnosti, plošného vývoje, u kvartéru důraz na genetické členění, vřazení do okolí a přehled tektonických predispozic (MŽP ČR, 2005).

Ze zevrubného geologického hlediska náleží zkoumaná oblast terciéru Sokolovské pánve, která je tektonicky vymezena na severu linií krušnohorského a na jihu oháreckého zlomu. Bohatou řadou parciálních tektonických poruch (zlomy habartovský, kytlický, gressetský, lipnický, sokolovský, novosedelský a příčně k nim probíhající zlomy svatavský a chodovský) je pak dále členěna na dílčí segmenty (VANĚK et al., 2009 ex. MÍSAŘ et al., 1983).

Tyto křehké prasklinové deformace velkých rozměrů vznikaly obvykle z význačných puklinových systémů a zón při zintenzivnění procesů deformace (ZAPLETAL, 1995).

Podloží pánve v zájmové oblasti tvoří krystalinikum, zastoupené metamorfity proterozoického stáří, náležícími k horninám krušnohorské soustavy. Ve studovaném území jsou tyto horniny suplovány především chlorit – muskovitickými až dvojslídnyými fylity a svory místy s polohami kvarcitů a rul, které přísluší arzberské sérii. Živce jsou silně kaolinizované a metamorfity jsou znatelně navětralé, tudíž má hornina charakter až jílovitého materiálu, což silně ovlivňuje její propustnost. (VANĚK et al., 2009).

To je dílem spíše sialitické povahy chemického zvětrávání, typickou pro oblast mírného pásma, kdy se ve zvětralině hromadí především sloučeniny alkalických kovů K a Na (ZAPLETAL, 1995).

Původní terén v popisované oblasti byl tvořen kvartérními sedimenty, zastoupenými písčítými štěrky až písky würmské říční terasy Ohře o velmi proměnlivé mocnosti (cca 2 - 11m), krytý holocenními povodňovými, jemně písčítými hlínami,

místy s větším obsahem jílovitých částic a znatelným podílem organické příměsi. Vzhledem k průmyslovému využití popisovaného území byly tyto pokryvné povodňové sedimenty v zastavěné části zájmové oblasti v minulosti odstraněny a nahrazeny navážkou o průměrné mocnosti cca 2 – 4 m (VANĚK et al., 2009).

6.2.2 Geomorfologie a klimatické poměry území

V kapitole jsou uvedeny popisné informace geomorfologických a klimatických poměrů čerpány z archívních materiálů, aktuální antropogenní ovlivnění morfologie území se zjišťují na základě rekognoskace a klimatické údaje z ČHMÚ (MŽP ČR, 2005).

Oblast náleží v rámci regionálního členění reliéfu ČR do provincie Česká vysočina, subprovincie Krušnohorská soustava, podkrušnohorské oblasti, celku Sokolovské pánve, podcelku Sokolovské pánve a okrsku Svatavské pánve (VANĚK et al. 2009, ex. CZUDEK et al., 1971). Popisovaná lokalita je součástí pravobřežní nivy Ohře. Původní výška terénu je v rozmezí 398,8 – 401,5 m.n.m. Terénními úpravami byla v zastavěných částech areálu kóta navýšena místy až o 4 m. Po zarovnání terénních depresí se minimální kóty terénu pohybují nyní na úrovni cca 397 m.n.m. Na jihu zkoumaného území se za oplocením areálu terén zdvihá a kóta v bezejmenném vrchu dosahuje nadmořské výšky 465 m. Městská ČOV, popílkoviště a rodinné domy jsou položeny níže, cca 395 – 397 m.n.m. (VANĚK et al., 2009).

Areál podniku je zastavěn výrobními budovami, administrativními budovami a sklady. Podstatná část plochy je tvořena komunikacemi či nádvořími a je zakryta nepropustnými, zpevněnými, vyasfaltovanými či betonovými plochami. Infiltraci srážkových vod jsou vystaveny pouze zatravněné pruhy, laguny, štěrkem pokryté plochy v okolí výrobních jednotek a budov, železniční vlečky a prostory po započatých demolicích. Přibližné zastoupení zastavěných, zpevněných a ploch s vegetačním krytem do roku 2009 je uvedeno v procentech v tabulce č.7

typ plochy	zastoupení v %
zastavěná plocha	45
zpevněná plocha bez infiltrace	20
plocha vystavená infiltraci	35

Tabulka č.7 - Zastoupení ploch pozemků ChZS dle filtrační schopnosti (VANĚK et al., 2009)

Klimatické podmínky zkoumané oblasti odpovídají mírně teplému klimatickému regionu MW7, dle klasifikace Quitta – mírně teplý region, suchý s mírnou zimou. Některé vybrané ukazatele a jejich hodnoty (VANĚK et al., 2009). jsou uvedeny v tabulce č.8. Průměrný roční srážkový úhrn dle ČHMÚ (1961 – 1990) dosahuje v Karlovarském kraji hodnoty 673 mm (ČHMÚ, 2015).

ukazatel	hodnota
prům. počet letních dní	30 - 40
počet dní s tep. 10°C a více	140 - 160
počet mrazových dní	110 - 160
počet ledových dní	40 - 50
počet dní se srážkami 1mm a více	120 - 120
suma srážek ve vegetačním obd.	400 - 500
suma srážek v zimním období	250 - 300 mm
počet dní se sněhovou pokrývkou	60 - 80
počet zatažených dní	120 -150
počet jasných dní	40 - 50

Tabulka č.8 - Vybrané meteorologické ukazatele (VANĚK et al., 2009)

6.2.3 Hydrogeologie území

Předmětem kapitoly je jak popis kolektorů, izolátorů, režimu podzemní vody – dotace, drenážní báze, komunikace mezi zvodněmi, tak i vztah k povrchovým tokům, hloubky a kóty hladiny, mocnost zvodnění, směry proudění, spád, rozkyv hladiny podzemních vod (HPV) a údaje o jejich zdrojích (MŽP ČR, 2005).

Sokolovská pánev náleží k hydrogeologickému rajónu 212 „sedimenty sokolovské pánve“ a obecně představuje tektonicky silně predisponovanou pánev malého rozměru, s velmi nepravidelným vývojem hydrologických kolektorů s absencí významnější kontinuální zvodně (VANĚK et al., 2009). To je důvodem proč mají dílčí jednotky Sokolovské pánve značně rozdílné hydrogeologické poměry. Přírozený režim podzemních vod byl v širší oblasti do velké míry pozměněn a ovlivněn zejména odvodňovací dědičnou štolou Antonín v minulosti užívanou při těžbě hnědého uhlí, která byla později na několika místech přerušena a zatamponována (VANĚK et al., 2009).

V zájmové oblasti je nejdůležitější zvodní kvartérní terasa řeky Ohře. Těleso kolektoru je tvořeno hrubými až středně hrubými šterky s příměsí písčité frakce.

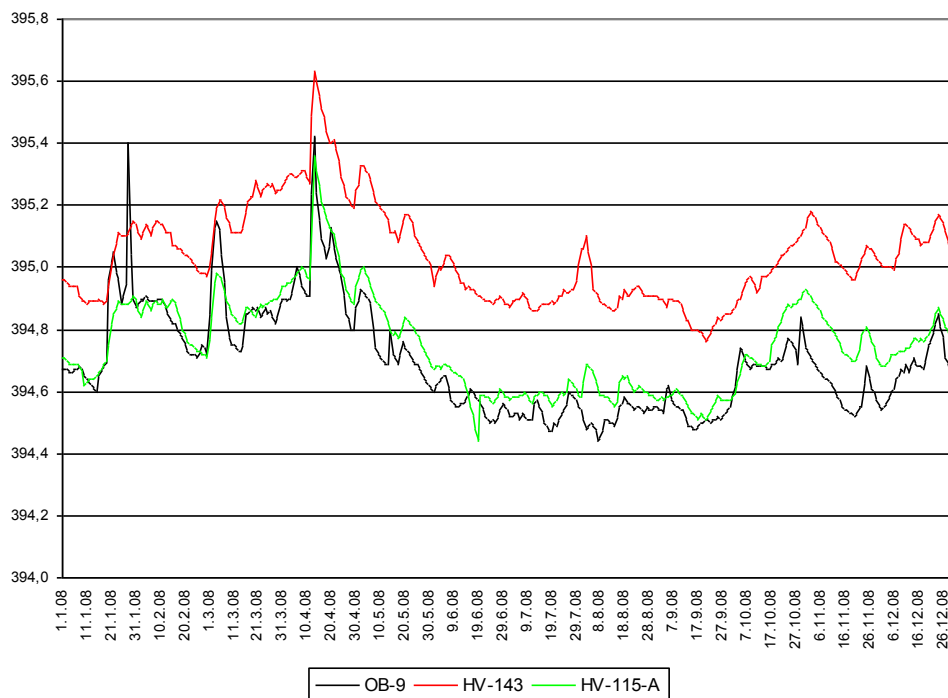
Mocnost samotného kolektoru je velmi kolísavá a běžně se pohybuje v rozmezí 3 – 5 m. V prostoru bývalých lagun dosahuje mocnost kolektoru až 11 m, v prostoru bývalé výroby mravenčanu vápenatého a kyseliny mravenčí se snižuje na 9 m a v lokalitách staré výroby peroxidů se klesá až k 7 m. Nejnižších mocností dosahuje kolektor ve východní části závodu, v prostoru vystupujících hřbetů krystalinika a to 2 až 4 m (VANĚK et al., 2009).

Průměrná zvodnělá mocnost kolektoru se pohybuje v rozmezí 2 až 4 m, ovšem v prostorech přehloubených koryt dosahuje až 9 m. Propustnost kvartérního kolektoru je průlinová, koeficient filtrace je sice místně proměnlivý, ale převážně se pohybuje v rozmezí $n \cdot 10^{-3}$ až $n \cdot 10^{-4}$ m/s, jde tedy o zeminy II a III třídy propustnosti, silně, až dosti silně rozpustné (VANĚK et al., 2009). Homogenita zvodně je ve smyslu třídění Borevského hodnocena jako nestejnorodá až velmi nestejnorodá. Nejpriznivější hydraulické parametry jsou v severovýchodní části popisovaného území, v blízkosti řeky. Nejméně příznivé poměry jsou naopak v prostoru východního hřbetu krystalinika s puklinovou propustností v podloží kolektoru (VANĚK et al., 2009).

Hladina spodních vod je dle výsledků z četných hydrogeologických průzkumů z minulosti převážně volná, ale místech kde nebyla nijak narušena krycí vrstva povodňových hlín je hladina napjatá (STANĚK et al., 1996). V současné době je hladina přechodná s úrovní hladiny podzemní vody za běžných stavů v rozmezí cca 3 až 4 m p.t. tedy 394 – 397 m.n.m., přičemž v místech s čerpáním podzemních vod je úroveň hladiny o cca 2 – 3 m nižší (VANĚK et al., 2009). Za normálních stavů podzemní vody z větší části prosakují do Ohře, přičemž směr proudění je od západu k východu a pouze v severní části areálu proudí vody směrem na sever a severovýchod (DOSOUDIL et al., 2008).

Proudění podzemní vody je ve zkoumaném území ovlivňováno dotací podzemních vod z krystalinika v jihovýchodní části areálu a do jisté míry také ochranným sanačním čerpáním. Ne všechny vrty bývají provozovány současně a zapojeny do sanace v jeden okamžik a tak se jejich úhrn odběru průměrně čerpaného množství průběžně mění. V některých místech areálu podniku bylo v minulosti realizováno také stavební čerpání. Takto odčerpané vody byly po odseparování pevných látek z uhelného mouru svedeny do dešťové kanalizace a vypouštěny dále do Ohře (VANĚK et al., 2009).

Celkově se o režimu spodních vod v posuzované oblasti dá říci, že kolísání úrovně spodních vod závisí na dvou faktorech. V příbřežní části řeky Ohře se projevuje drenážní a infiltrační efekt vodoteče, ve zbylé části území je režim závislý na průběhu vsakování atmosférických srážek (VANĚK et al., 2009). Z obrázku č.9 je rovněž zřejmá závislost režimu změn úrovně hladiny v řece Ohři měřeními na odměrném bodu OB-9 na hladinách spodních vod v blízkých pozorovacích vrtech v r. 2008.



Obrázek č.9 - závislost režimu změn úrovně hladiny v řece Ohři měřeními na odměrném bodu OB-9 na hladinách spodních vod v blízkých pozorovacích vrtech (VANĚK et al., 2009)

5.2.4 Hydrologie území

Kapitola poskytuje přehled nejbližších vodních toků a nádrží, jejich základní charakteristiky a další charakteristiky ovlivňující drenáž či infiltraci vod (MŽP ČR, 2005).

Zájmové území se nachází v povodí řeky Ohře, která se hydrologicky řadí do povodí Labe a její číslo hydrologického povodí je 1-13-01-001. Tok Ohře je ve správě státního podniku Povodí Ohře. Řeka obtéká areál závody ze severu a severovýchodu a je v úzké hydraulické spojitosti s podzemními vodami. Plocha povodí je 1720 km², průměrné roční srážky jsou 611 mm, rozdíl srážek a odtoku 449

mm a průměrný průtok je 14,7 m³/s (VANĚK et al., 2009 ex. POLENKA et al., 1983). V limnigrafické stanici v Citicích, cca 3 km severozápadně směrem od podniku byl zjištěn okamžitý stav na toku ke dni 3. 2. 2015, úroveň hladiny 116 cm a průtok 14,01 m³/s (POH, 2015).

6.3 Průzkumně sanační práce (1981 – 2005)

Prováděné průzkumně sanační práce v areálu ChZS zahrnovaly tyto činnosti:

- budování hydrogeologických vrtů
- hydrodynamické zkoušky vrtů
- odběry vzorků zemin, podzemních vod a půdního vzduchu
- laboratorní analýzy odebraných vzorků
- sběr, zpracování a vyhodnocování získaných dat
- ochranné sanační čerpání
- průzkum dědičné štoly

Pro objektivní posuzování míry nebezpečnosti staré ekologické zátěže byl určen a dodržen následující postup:

- Byla zhodnocena dosavadní prozkoumanost zájmového území, vytipovány látky potenciálního zájmu a vytipovány rizikové objekty, čili zdroje primárního znečištění.
- Následně bylo nutné vypracovat koncepční model AAR, tedy ohnisko znečištění, transportní cesta a expozici vystavený příjemce.
- V neposlední řadě bylo třeba určit plošnou a prostorovou kontaminaci a zároveň určit a zdůvodnit prioritní škodliviny (VANĚK et al., 2009)

6.3.1 Dosavadní prozkoumanost území

Prozkoumanost lokality je dána rozsahem dřívějších průzkumných prací, jejichž výsledky jsou archivovány v archivu České geologické služby – Geofond, a jednak výsledky nově realizovaných prací. K informacím o znečištění v okolí lze využívat také databázi SESEZ nebo konzultací s vodoprávními úřady a ČIŽP (MŽP ČR, 2005).

V posuzovaném širším území byla v rozmezí 60. až 90. let minulého století provedena celá řada geologicko průzkumných prací. Šlo zejména o průzkumy související s oceněním zásob hnědého uhlí. Jiné průzkumné práce byly spojené se stanovením ochranných pásem termálních pramenů Karlových Varů. Z těchto důvodů lze geologickou prozkoumanou zájmového území považovat za extrémně vysokou (DOSOUDIL et al., 2008).

6.3.2 Popis průběhu průzkumně sanačních prací

Prvotní hydrogeologický průzkum byl realizován na základě podmínky vodohospodářských orgánů státní správy, kterou bylo především vybudování hydraulické clony v prostoru mezi zamýšlenou výstavbou nových výrobních komplexů kyseliny akrylové a jejích esterů a tokem Ohře (STANĚK et al., 1996).

Firma Geotest Brno vyhloubila řadu průzkumných vrtů a po zjištění znečištění v roce 1982 zahájila sanační práce čerpáním kontaminovaných vod v místech s nejvyšší zjištěnou kontaminací polutanty. Pro sanační čerpání byl stanoven maximální průměrný roční úhrn čerpaných podzemních vod na podnikovou ČOV do výše 4,0 l/s (STANĚK et al., 1996).

Geotest tehdy započal také plošné sledování kvality podzemních vod ve všech vyhloubených a vystrojených hydrogeologických vrtech přičemž zvláštní pozornost byla věnována detekci kontaminovaných oblastí, a způsob a směr migrace polutantů. Dvakrát měsíčně byly odebírány a vyhodnocovány vzorky podzemních vod ze všech vrtů a jednou měsíčně z vrtů sanačních. Laboratorně byly sledovány obsahy anorganických látek v rozsahu úplného chemického rozboru (ÚCHR) a specifické organické látky, související s výrobou kyseliny akrylové a jejích esterů. Zvýšená pozornost byla věnována vyhodnocení obsahu šestimocného chromu, amonných iontů, hodnotám CHSK, pH, a celkové konduktivitě. Z organických látek to byly především benzen (B), toluen (T), xyleny (X), styren (S), ethylbenzen (EB), dále pak trimethylbenzen (TMB), vinylacetát (VAC), ethylakrylát (EA), butylakrylát (BA), metakrylát (MA), methylmetakrylát (MMA), methylizobutylketon (MIBK), 2-ethylhexylalkohol (2-EHOH) a butylalkohol (BOH) (STANĚK et al., 1996).

Rozsah vzorkování a laboratorních testů nebyl po celou historii průzkumně sanačních prací, prováděných v areálu podniku vždy stejný. V roce 1983 byl

kupříkladu sledován jen EA a BA, v roce 1984 byly stanoveny EA, S, a MIBK a o rok později zas jen monomery EA, BA, a MMA. V roce 1986 nebyly laboratorní analýzy prováděny vůbec a v období 1987 – 1991 se analytické spektrum sledovaných polutantů rozšiřovalo a rostlo také množství testovaných vrtů (VANĚK et al., 2009). V období od roku 1992 do roku 1995 byla paleta sledovaných látek rozšířena o xyleny a šestimocný chrom. Od roku 1996 byly dále sledovány 1,1,2-trichlorethylen (TCE), perchlorethylen (PCE), dizobutylkarbinol (DIBC) a trimethylbenzen (TMB) (STANĚK et al., 1996). V roce 1997 byly celoplošně sledovány nepolární extrahovatelné látky (NEL), a s nimi také sumárně alkylbenzeny, k tomu došlo však pouze jednou (STANĚK et al., 1996).

Vzorkování spodních vod probíhalo jako dynamické, vždy po krátkodobém začerpání vrtů. Vzorky byly podrobovány analýze zpočátku v mimo podnikové laboratoři Karlových Varech, posléze byla pro tyto účely dovybavena vlastní laboratoř v ChZS (VANĚK et al., 2009).

Kontaminace podzemních vod v areálu ChZS byla posuzována podle Stanoviska MŽP ČR k ukazatelům a normativům pro asanace znečištěné zeminy a podzemní vody z roku 1992 č.j.: 1425/OEP/92, který byl v roce 1996 nahrazen MP MŽP - kritéria hodnocení znečištění zeminy a podzemní vody. Tento metodický pokyn stanovil kritéria znečištění následujícím způsobem:

- **Kritéria A**

Odpovídají přibližně přirozeným obsahům sledovaných látek v přírodě, tzn. že pokud kritéria nejsou překročena, nejedná se o znečištění, ale o přirozené obsahy sledovaných látek. Překročení kritéria A se posuzuje jako znečištění příslušné složky životního prostředí, vyjma oblasti s vyšším, přirozeně se vyskytujícím obsahem sledovaných látek (MŽP ČR, 1996).

- **Kritéria B**

Což jsou uměle zavedená kritéria, pro sledované látky daná přibližně aritmetickým průměrem kritérií A a C. Překročení kritérií B se posuzuje jako znečištění, které může mít negativní vliv na zdraví člověka a jednotlivé složky životního prostředí. Překročení těchto kritérií vyžaduje předběžné zhodnocení rizik ze znečištění plynoucích a stejně tak je nutné zjistit jeho

zdroj a příčiny. Dle zjištěných výsledků zahájit v oblasti další průzkum, či monitoring (MŽP ČR, 1996).

- **Kritéria C**

Překročení kritérií C představuje takové znečištění, které může znamenat významné riziko ohrožení zdraví člověka a složek životního prostředí a jeho závažnost může být potvrzena pouze jeho analýzou. Tato analýza rizik je potom nezbytným podkladem pro rozhodnutí o způsobu realizace nápravných opatření. Pro odvození kritérií C byly zohledněny fyzikálně-chemické, ekotoxikologické, toxické popř. sensorické vlastnosti látek a jsou uvedena pro jednotlivé typy plánovaného využití území (MŽP ČR, 1996).

Prvních 94 hydrogeologických vrtů HV101 – HV195 bylo vybudováno na počátku osmdesátých let (VANĚK et al., 2009 ex. POLENKA et al., 1983). Všechny vzniklé vrty byly trigonometricky a výškově zaměřeny a byl na nich vyhotoven petrografický popis zastižených hornin a většina těchto byla podrobena také zrnitostním analýzám odebraných hornin. Mapa všech hydrogeologických vrtů viz obrázek č.10. Pouze 15 z těchto vrtů bylo testováno čerpacími a stoupacími zkouškami pro ověření hydrodynamických vlastností kolektoru, což ovšem nebylo v rámci objektivit získaných poznatků dostačující množství (STANĚK et al., 1996).

Vzorkováním z hydrogeologických vrtů byla zjištěna ekologicky zasažená místa. Jedním z center vážného znečištění byla jižní část tehdejšího staveniště KA1, což bylo dáno do souvislosti s místní divokou skládkou nebo s možnou migrací z laguny. Sensoricky byla také zjištěna kontaminace horninového prostředí v oblasti poloprovozní výroby akrylátových disperzí a stáčírny cisteren, rovněž v oblasti skládky tekutých odpadů (laguny). Takto zjištěná kontaminace ovšem nebyla analyticky dále ověřována. Kontaminace stavebních objektů nebyla s výjimkou vlastních prací ChZS v budově alkalických chlorečnanů ověřována nikdy (STANĚK et al., 1996).

Dalším průzkumem v roce 1985 byl ověřován rozsah kontaminace podzemních vod v oblasti stáčírny a lagun u remízy lokomotiv. V rámci prací bylo vyhloubeno 15 nových hydrogeologických vrtů HV201 – HV215 a sanační čerpání o úhrnné průměrné roční vydatnosti 1,0 l/s bylo prováděno ze 4 vrtů. V roce 1986 pokračovalo sanační čerpání ze 7 vrtů, při celkovém průměrném ročním odběru 1,0 l/s. Na všech

objektech byla změřena úroveň hladin a zjištěná data byla podkladem pro vypracování mapy hydroizohyps a preferovaných směrů proudění. (STANĚK et al., 1996).

V roce 1987 byla pozornost věnována problematice dědičné štoly, ústící do Ohře. Přestože byla již přerušena a bez přítoku, bylo zde podezření, že by mohla figurovat jako hlavní migrační cesta zvodnělého kolektoru. Vzorkování řeky ze 14 profilů proti toku pod podnikem ani po směru toku nad podnikem však tuto variantu znovu nepotvrdilo.

Celkem bylo v období od r. 1981 do r. 2010 v rámci objektové soustavy vybudováno 198 hydrogeologických sanačních a monitorovacích vrtů a odměrných bodů (viz obrázek č.10).

Historie průzkumně sanačních prací je dlouhá a na její realizaci se v období od roku 1981 do roku 2005 podílelo několik různých subjektů a bylo vypracováno množství závěrečných zpráv, z nichž pro své analýzy rizik čerpali jak STANĚK et al. 1996, tak VANĚK et al. 2009., což jsou stěžejní zdroje bakalářské práce. Oba uvedené zdroje shodně uvádějí, že vypracované elaboráty z dřívějších průzkumně sanačních prací jsou v některých případech téměř nepoužitelné. Důvodů je hned několik:

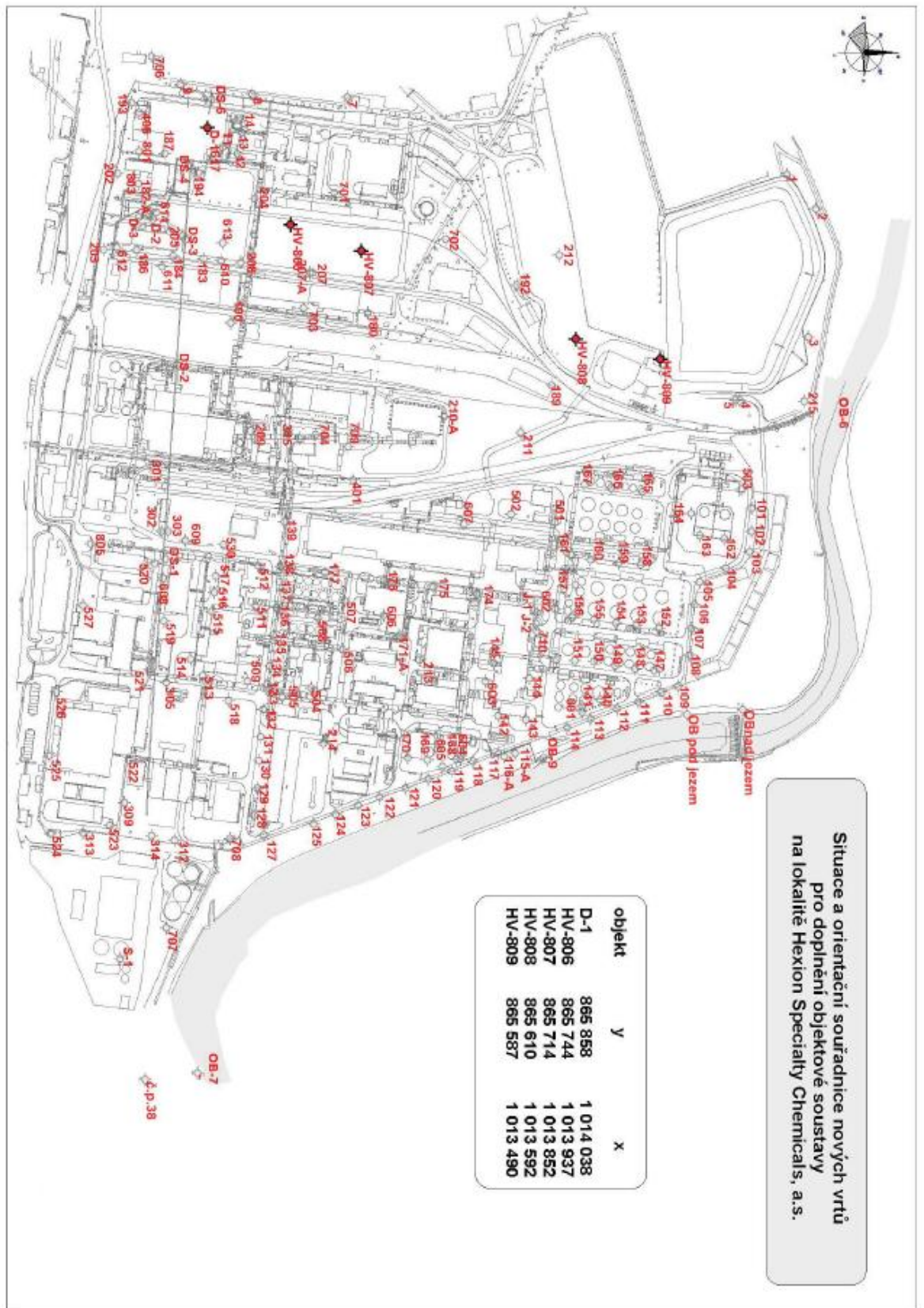
- Ze starších tiskopisů z evidence laboratorně zjištěných hodnot kontaminace vzorků spodních vod, nebylo možné jednoznačně určit, zda hodnota „0“ u daného kontaminantu značí, že kontaminace nebyla detekována, nebo že nebyla stanovována vůbec (STANĚK et al., 1996).
- Takřka celé období je poznamenáno téměř absolutní absencí průzkumu kvalitativního i kvantitativního rozsahu kontaminace nenasycené zóny a sanace byla až na výjimky realizována spíše čerpáním podzemních vod. Údaje o průměrném čerpaném množství byly vypočteny jako sumární roční odběr za celý rok, nikoli za dobu probíhajícího čerpání (STANĚK et al., 1996).
- Dalším nedostatkem dříve provedených prací, byl fakt, že při budování nových sanačních, nebo vzorkovacích vrtů nebyly některé výškově ani trigonometricky zaměřeny a ani na nich nebyly provedeny hydrodynamické zkoušky (VANĚK et al., 2009).

6.3.3 Vytipování látek potenciálního zájmu

Kapitola definuje seznam závadných látek potenciálního zájmu a jejich základních fyzikálně chemických charakteristik (MŽP ČR, 2005).

Následující položky byly vytipovány jako látky potenciálního zájmu a jejich detekované hodnoty ve vzorcích spodních vod, půdního vzduchu a půdy byly a budou podkladem pokračujících sanačních opatření (DOSOUDIL et al., 2008):

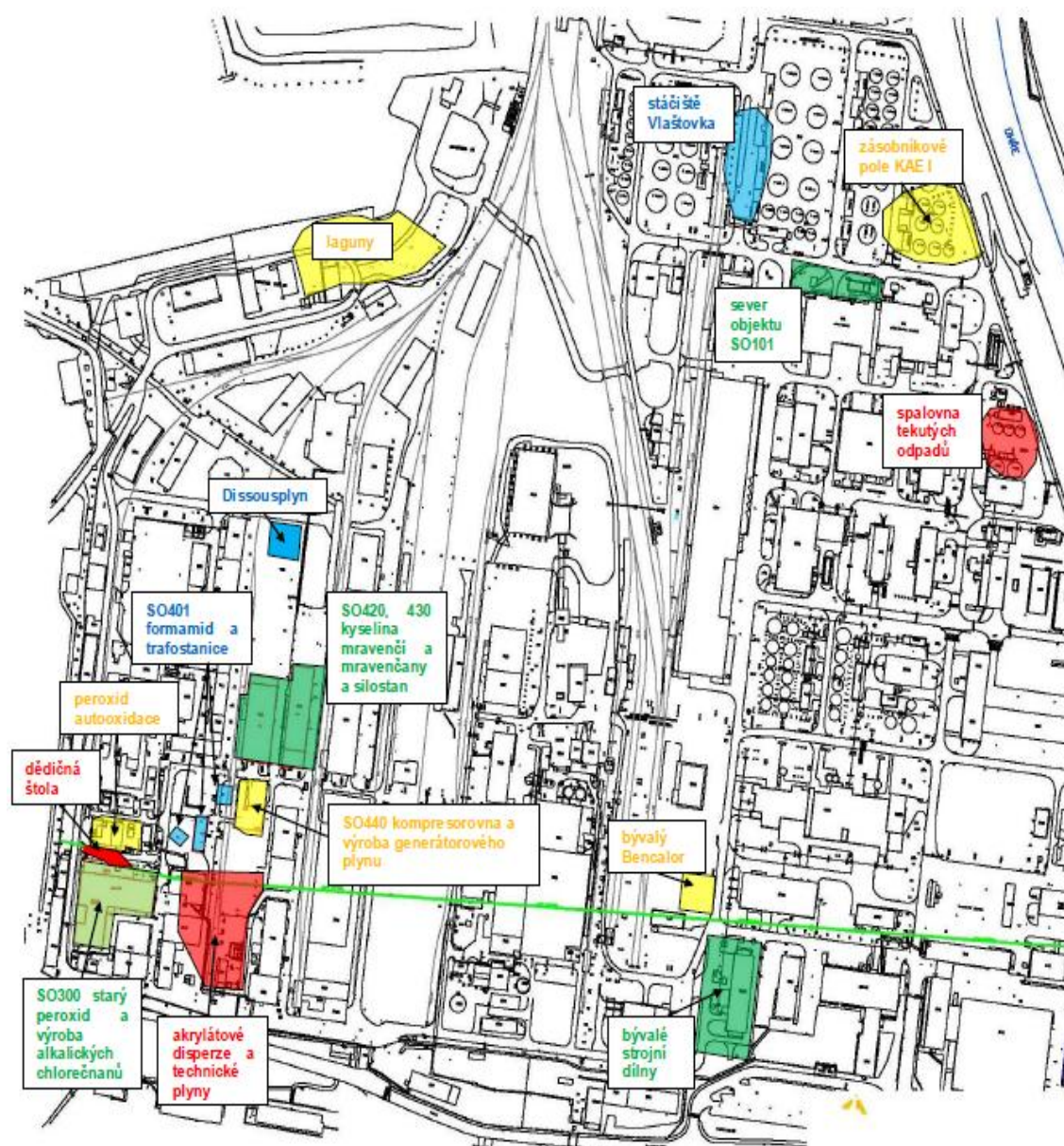
- Toxické kovy – Cr^{III+} a Cr^{VI+}
- chlorované uhlovodíky (CIU) – vinilchlorid, 1,2 cis dichloreten, trichloreten, tetrachloreten
- amonné ionty NH₄⁺ a amoniak NH₃
- ropné alifatické uhlovodíky C₁₀– C₄₀, označované jako NEL
- monocyklické aromatické uhlovodíky – benzen (B), toluen (T), ethylbenzen (EB), xyleny (X), styren (S) a trimethylbenzen (TMB), souhrně označované jako BTEXS
- ostatní organické látky – 2-ethyl 1-hexanol (2 EtOH), butylakrylát (BA), ethylakrylát (EA), methylakrylát (MA), methylmetakrylát (MMA), dizobutylkarbinol (DIBC), methylisobutylketon (MIBK), dimethylketon (DMK)
- ostatní fyzikálně chemické podpůrné ukazatele – pH, konduktivita, CHSK, sírany, chloridy, rozpuštěné látky a nerozpuštěné látky (STANĚK et al., 1996).



Obrázek č.10 – Mapa rozmístění vrtů v areálu ChZS (VAŇEK et al. 2009)

6.3.4 Přehled primárních zdrojů znečištění

Na základě výsledků předchozích průzkumně sanačních prací bylo v areálu ChZS definováno mnoho primárních zdrojů ekologického znečištění zemin a podzemních vod, jejichž původ měl přímou souvislost s chemickou výrobou, či skladováním chemických látek. Některé zdroje byly sanovány již v průběhu osmdesátých až devadesátých let a další, zbývající byly předmětem sanačních prací v první (2006 – 2009) a druhé (2011 – 2013) etapě odstraňování starých ekologických škod v ChZS. Situace areálu s vyznačením potenciálně rizikových míst, určených k sanaci je znázorněna na obrázku č.11 (VANĚK et al., 2009).



Obrázek č.11 - Situace areálu s vyznačením potenciálně rizikových míst, určených k sanaci (VANĚK et al., 2009)

Přehled kontaminovaných lokalit:

- akrylátové disperze a technické plyny
- objekt SO 300 – starý peroxid a výroba alkalických chlorečnanů
- dědičná štola Antonín
- peroxid, autooxidace
- objekt SO 401 – formamid a trafostanice
- dissousplyn
- SO 420, 430 – kyselina mravenčí mravenčany a silostan
- SO 440 – kompresorovna a výrobná generátorového plynu
- Bývalá nádrž na naftu – Bencalor
- laguny
- bývalé strojní dílny
- stáčírna vlaštovka
- severní část objektu SO 101
- zásobníkové pole KAE1
- spalovna tekutých odpadů U600

6.4 Nápravná opatření (2006-2013)

Provedená nápravná opatření v rámci likvidace SEZ v areálu ChZS zahrnovaly tyto činnosti:

- předsanační doprůzkum
- budování hydrogeologických vrtů
- zaměření, vystrojení a provedení čerpacích zkoušek na vrtech stávajících
- demolice neužívaných objektů a vytěžení kontaminované zeminy
- zavezení sanačních jam, terénní úpravy
- ochranné sanační čerpání
- zatamponování dědičné štoly

6.4.1 Cíle sanace

Po řadě dílčích průzkumných aktivit a sanačních opatření, popsáných v předchozích kapitolách a realizovaných v minulosti v areálu podniku do r. 2005,

bylo v souvislosti se stále nepřilíš uspokojivou situací rozhodnuto přistoupit ke koncepčnímu řešení problematiky starých ekologických zátěží. Na základě vypracované analýzy rizik vydal místně příslušný OI ČIŽP rozhodnutí, z něhož vyplývalo, že nápravná opatření budou rozdělena do dvou základních etap, přičemž cílem sanačního zásahu bylo v první etapě odstranit kontaminaci nesaturované zóny v areálu HEXION Specialty Chemicals, a.s. a zamezit tak dalšímu znečišťování podzemních vod. Součástí prací byla i demolice nevyužívaných stavebních objektů nacházejících se v sanovaných lokalitách. Rozsah sanačních opatření vyplývala z níže uvedených rozhodnutí OI ČIŽP, jejichž nedílnou součástí, bylo rovněž stanovení sanačních limitů. Cílem druhé etapy bylo dokončení sanace podzemní vody sanačním čerpáním, popřípadě postsanační monitoring viz obrázek č.8 (DOSOUDIL et al., 2008).

Délky trvání prací první etapy byly navrženy v délce 1 roku pro demolice a 3 roky pro likvidaci kontaminovaných zemín, od data podpisu smlouvy s vybranou sanační firmou. Cílové parametry pro I. etapu byly stanoveny správním rozhodnutím ČIŽP OOV Karlovy Vary pro I. etapu sanačních prací pod č.j. 4-OOV-KV/333/2001-Be ze dne 8.3. 2001 a uvedeny jsou v tabulce č.9.

Parametr	Sanační limit [mg/kg]	Parametr	Sanační limit [mg/kg]	Parametr	Sanační limit [mg/kg]
Cr ^{III+}	500	MA	2 000	Styren	5 000
Cr _{celk}	1 500	MMA	2 000	NEL	1 000
TCE	50	Benzen	100	NH ₄	500
PCE	50	EB	1 000	DIBC	10 000
DCE	100	TMB	3 000	2EHOH	10 000
EA	2 000	Toluen	5 000	MIBK	10 000
		Xyleny	10 000		

Tabulka č.9 - Cílové parametry I.etapy sanace zemín (DOSOUDIL et al., 2008)

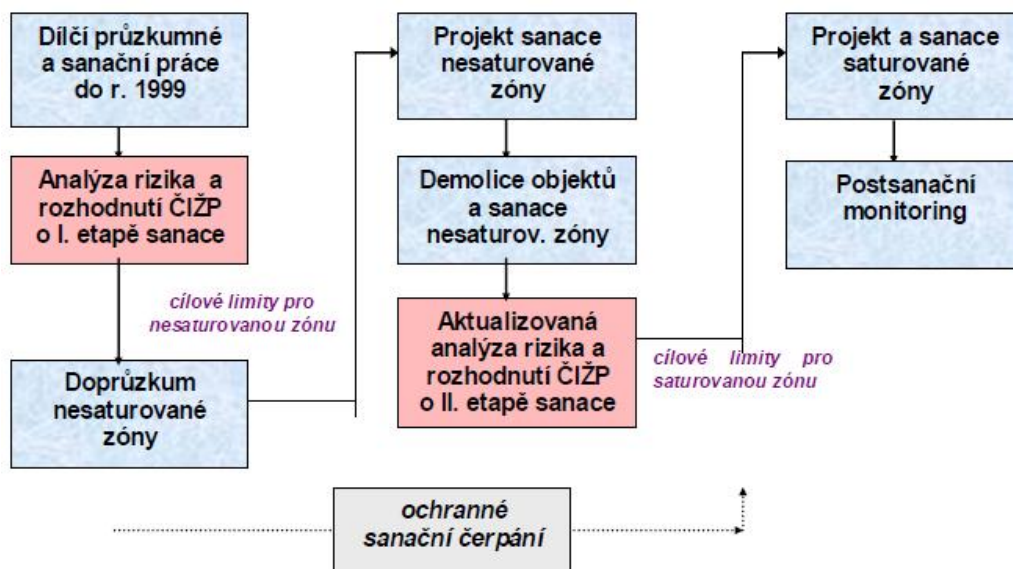
Parametr	Sanační limit [µg /l]	Parametr	Sanační limit [µg /l]	Parametr	Sanační limit [µg /l]
Cr ^{III+}	870	MA	12	NH ₄ (ohnisko)	40000
TCE	50	Benzen	60	NH ₄ (břeh. linie)	15000
PCE	50	EB	120	MIBK	120
DCE	100	Xyleny	120	2EHOH	120
EA	12	TMB	120	Toluen	120

Tabulka č.10 – Cílové parametry II.etapy sanace podzemních vod (PAZOUREK et al., 2014)

Cílové limity pro II. etapu sanace, tj. nápravná opatření v saturované zóně, byly stanoveny až na základě dodatečného průzkumu a aktualizace analýzy rizik (AAR) v závěru prací první etapy. Definovány byly následně vydaným správním rozhodnutím OI ČIŽP pro I. etapu sanačních prací č.j. ČIŽP/431/OOV/1000638.003/10/ZBS ze dne 23. 3. 2010 a uvedeny jsou v tabulce č.10.

Parametr	signální hodnota I	signální hodnota II	Parametr	signální hodnota I	signální hodnota II	Parametr	signální hodnota I	signální hodnota II
	[μg/l]	[μg/l]		[μg/l]	[μg/l]		[μg/l]	[μg/l]
Cr ^{III+}	10	100	MA	1	5	Styren	20	60
BA	1	10	MMA	1	10	Alkylbenzeny	50	100
TCE	25	50	Benzen	5	30	NH ₄	1,2	2,4
PCE	10	20	EB	20	60	DIBC	10	50
DCE	25	50	Xyleny	20	60	2EHOH	10	100
EA	1	7	Toluen	15	50	MIBK	10	50
Parametr	signální hodnota I	signální hodnota II	Parametr	signální hodnota I	signální hodnota II	Parametr	signální hodnota I	signální hodnota II
	/	/		[μS/cm]	[μS/cm]		[mgO ₂ /l]	[mgO ₂ /l]
pH	/	>6 / 8<	vodivost	1000	2000	CHSK	10	100

Tabulka č.11 – Signální hodnoty pro postmonitoring (VANĚK et al., 2009)



Obrázek č.8 – Posloupnost nápravných opatření v ChZS (DOSOUDIL, 2008)

Pro fázi v současné době probíhajícího postsanačního monitoringu spodních vod byly stanoveny signální hodnoty I a II ukazatelů základního hydrochemického rozboru, které byly rovněž jedním z výstupů závěrečné AAR z r. 2009 (viz tabulka

č.11). Při opakovaném překročení signální hodnoty II, měl být odebrán kontrolní vzorek případně, žádala si to situace, mělo být provedeno kontrolní šetření v širším okolí výskytu překročení.

6.4.2 Stručný přehled provedených sanačních prací

Nesaturovaná zóna v lokalitě bývalé výroby akrylátových disperzí a technických plynů byla sanována v roce 2008. Zde bylo provedeno pažení stěn technologií záporných stěn a vzhledem k obtížným geologickým podmínkám bylo třeba doplnit šikmými zemními kotvami ztužujícími věnci (PAZOUREK et al., 2014).

Byla provedena demolice objektu SO 300 starý peroxid a bývalá výroba alkalických chlorečnanů a kontaminovaná zemina byla odtěžena. Po demolici podzemních jímek a ukončení prací na dědičné štolě Antonín byly v r. 2008 sanační práce na této lokalitě dokončeny rekultivací povrchu bývalé sanační jámy (DOSOUDIL et al., 2008). (viz obrázek č. 9 a 10).



Obrázek č. 9 a 10 – Rekultivace povrchu sanačních jam (DEKONTA, 2009)

Po té co bylo provedeno zatamponování úseku dědičné štoly Antonín (viz obrázek č. 11 a 12) na vstupu před výrobnou peroxidu v prostoru SO 340 bývalé autooxidace, došlo následně k dodatečné odtěžbě kontaminovaných zemin a po dosažení cílových limitů bylo započato zavážení sanační jámy (DOSOUDIL et al., 2008). Odčerpávaná průsaková voda byla vzorkována a na základě zjištěné kontaminace na lokalitě přečištěna sběrem filmu fáze z hladiny, odsazením kalů a

deemulgační fáze. Vody byly následně přečerpávány do ČOV ChZS. Po roce 2009 byl povrch zrekultivován (PAZOUREK et al., 2014).



Obrázek č. 11 a 12 – Likvidace dědičné štolky Antonín (DEKONTA, 2009)

V prostoru bývalé výroby dissousplynu byla zlikvidována podzemní jímka vápenných kalů jejím vytěžením a následným zavezením. Byly provedeny demolice SO 420, 421 a 422 bývalé výroby kyseliny mravenčí a kontaminované zeminy odtěženy, následně byla sanační jáma plynule zavážena (DOSOUDIL et al., 2008). Podzemní vody byly průběžně odčerpávány a dále likvidovány stejnou technologií jako v případě lokality peroxidů a autooxidace (PAZOUREK et al., 2014). (viz obrázek 13 a 14).



Obrázek č. 13 a 14 – Sanační čerpání podzemních vod ze sanačních jam (DEKONTA, 2009)

V místě bývalé nádrže na naftu – Bencalor byla využita technologie ventingu. Do hloubky 4,5m bylo odvrtno pět ventingových vrtů a nainstalována ventingová stanice se dvěma vývěvami Elektor. Do systému byla zapojena pouze jedna, druhá zůstala jako záložní. Čištění odsávaného půdního vzduchu bylo realizováno filtry s náplní aktivního uhlí, přičemž pro zvýšení účinnosti byla 4x provedena aplikace bakteriálního preparátu k odbourávání NEL. Po roce provozu a závěrečném odběru vzorků půdního vzduchu na výstupu laboratorní analýzy prokázaly minimální obsah NEL pod spodní mezí detekce a sanace byla v této lokalitě ukončena (PAZOUREK et al., 2014).

V místě bývalého úložiště tekutých odpadů – laguny (viz obrázek č. 15 a 16) byly odtěženy kontaminované navážky a původní sanační jámy byly plynule zaváženy zpětným zásypem se zhutněním včetně průběžného odčerpávání podzemní z úrovně dna sanační jámy. (DOSOUDIL et al., 2008). Po roce 2009 byl povrch zrekultivován.



Obrázek č. 15 a 16 – Odtěžba lagun, skládek tekutého odpadu (DEKONTA, 2009)

V lokalitách bývalé strojní dílny, stáčírna vlaštovka, severní část objektu SO 101, zásobníkové pole KAE1 a spalovna tekutých odpadů U600 probíhalo, či stále probíhá ochranné sanační čerpání podzemní vody.

6.4.3 Zhodnocení účinnosti sanačních opatření

Zhodnocení účinnosti provedených sanačních opatření z pohledu bilancí odstraněného kontaminantu:

- nalezených chemikálií v objektech určených k demolici (viz tabulka č.12)
- demolice kontaminovaných stavebních konstrukcí (viz tabulka č.13)
- odstraněných kontaminantů z nenasurované zóny, (viz tabulka č.14)

Během vyklízení objektů určených k demolici byly nalezeny různé druhy neznámých látek. Šlo zejména o provozní zbytky chemikálií, odpadní produkty, mazací oleje atd. Celkem bylo nalezeno cca 7 tun chemikálií (VANĚK et al., 2009).

Obal	chemická podstata	kat. číslo	kusů	celk. hmotnost (kg)
plechová nádrž	znečištěný uhlíčan vápenatý	16 05 07	6×	3000
barel 200 l	organické látky	16 05 08	6×	1000
Overpack 200 l	trimethylamin	16 05 08	1×	250
pytel kryst. látky 20 kg	znečištěný štavelan vápenatý	16 05 08	1×	20
Soudek 50 l	znečištěný burel	16 05 07	7×	350
klinc box (větší)	vyřazené chemikálie	16 05 07	6×	90
klinc box (menší)	vyřazené chemikálie	16 05 07	2×	15
paleta fosfátu	fosforečnan	16 05 07	1×	100
konev 50 l (organ. odpad)	formid a formamid	16 05 08	40×	1800
konev 50 l (anorg. odpad)	peroxid vodíku	16 05 07	14×	600
Sorbent	-	15 02 02	4×	20
znečištěné obaly (pytel)	-	15 01 10	5×	10
		celk. hmotnost		7255

Tabulka č.12 - Nalezené nebezpečné chemikálie v objektech určených k demolici (VANĚK et al., 2009)

Demolice objektů byla zahájena v říjnu 2006 a do konce roku byly ukončeny demolice všech nadzemních částí dotčených objektů. Vzorky tvořily 1 směsný vzorek na cca 100 t odpadu. Směsný vzorek vznikl smícháním několika dílčích vzorků o hmotnosti cca 1 kg, jejich podrcením a následnou kvartací. Chemické analýzy byly prováděny v autorizované laboratoři ALP Plzeň (VANĚK et al., 2009).

objekt	množství kontaminovaných stavebních konstrukcí (tun)	charakter kontaminace	prům. koncentrace v sutích (mg/kg suš.)	max. koncentrace v sutích (mg/kg suš.)	počet odebraných vzorků
SO-401	489	NEL	14 817	47 800	14
SO-440	1554	NEL	15 268	48 900	15
SO-420	1766	NEL	11 930	12 180	88
		NH ^{IV+}	3 189	34 370	23
SO-430	1947	NEL	10 020	31 880	89
		NH ^{IV+}	2 558	44 690	34
SO-300	2110	Cr	681	2 440	93

Tabulka č.13 - Množství odstraněných kontaminovaných stavebních konstrukcí (VANĚK et al., 2009)

Sanace nesaturované zóny byla prováděna v období leden 2007 – listopad 2008 a spočívala v selektivní odtěžbě kontaminovaných zemin až do hloubky 6m s v následném odvozu mimo areál ChZS k místu zneškodnění / biodegradace. Vzorky byly odebírány v počtu cca 1 směsný vzorek na cca 100 t odpadu. Vzorky byly odebírány do vzorkovnic dle požadavků laboratoře a průběžně odváženy k analytickému zpracování. Chemické analýzy odebraných vzorků byly prováděny v autorizované laboratoři ALP Plzeň. (VANĚK et al., 2009).

objekt	množství odtěžených kontamin. zemin (tun)	charakter kontaminace	prům. koncentrace v zeminách (mg/kg suš.)	max. koncentrace v zeminách (mg/kg suš.)	počet odebraných vzorků
SO 300	5 929	Cr	2036	5150	76
SO 401	1 062	NEL	2240	3710	22
SO 440	1 940	NEL	2880	7690	41
Peroxides	7 616	NEL	8855	23400	57
Dědičná štola Antonín	1 600	Cr	2944	5230	44
bývalá výroba akrylátových disperzí	4 818	NEL	3225	3860	16
SO 420, 430	14 101	NEL	3167	5310	96
Dissousplyn	2 400	NEL	5605	46900	17
Laguny	19 439	NEL	5802	25050	188
SO 101	460	NEL	2303	3750	10

Tabulka č.14 - Množství odstraněných kontaminovaných zemin nesaturované zóny (VANĚK et al., 2009)

Porovnání účinnosti provedené sanace saturované zóny na hydrogeologických vrtech:

- HV-11 – lokalita starý závod, provoz výroby peroxidu
- HV-182 A – lokalita starý závod, bývalý provoz akrylátových disperzí

Základní údaje o HV-11a HV-182 A jsou uvedeny v tabulce č. 15, jejich umístění znázorňuje obrázek č.17.

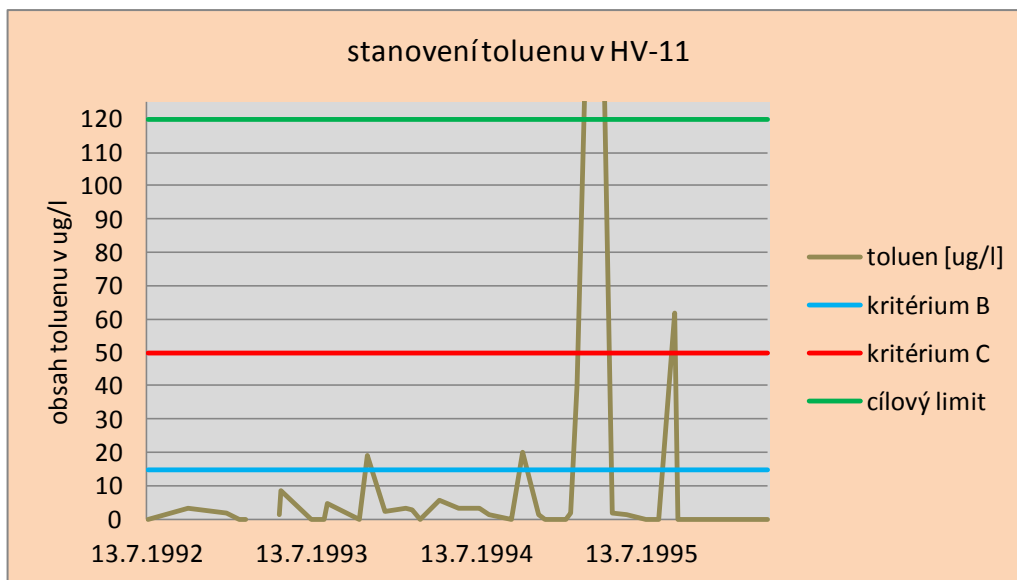
vrty	HV-11		HV-182 A	
GPS	50°10'53.6384"N	12°39'33.2615"E	50°10'51.2782"N	12°39'37.6857"E
S-JTSK	Y = 865 835.14	X = 1 014 020.35	Y = 865 760.30	X = 1 014 106.91
z. terén	399.55 [m n.m]		399.73 [m n.m]	
hloubka vrtu	7.50 [m p.t.]		12.00 [m p.t.]	

Tabulka č.15 – Základní údaje o HV 11 HV 182 A v ChZS (OŽPaBP, 2015)

Na obou vrtech probíhá nepřetržitě sanační čerpání. Odběr vzorku je pravidelný, dle vzorkovacího plánu, ne však na obou vrtech synchronizovaný.

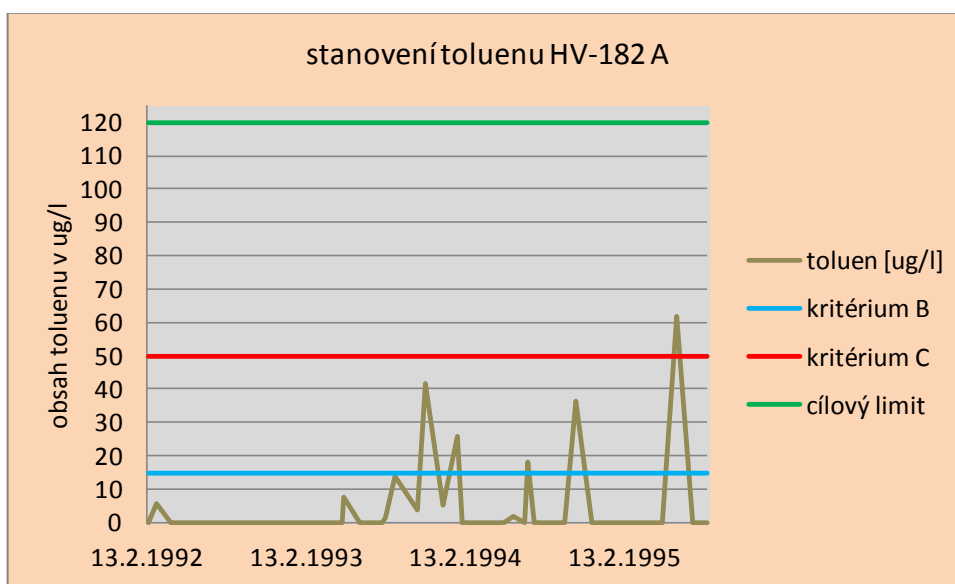


Obrázek č.17 – umístění sledovaných vrtů HV 11 HV 182 A v prostoru ChZS (OŽPaBP, 2015)



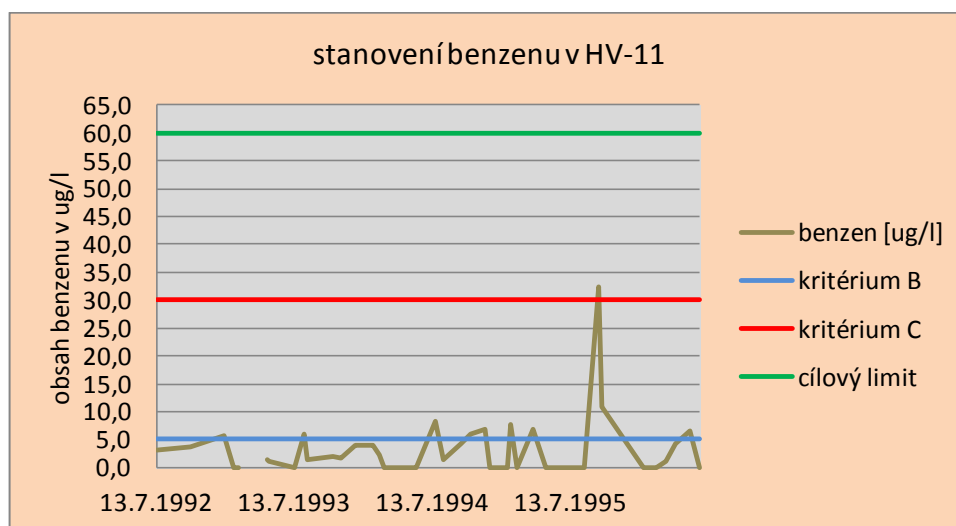
Obrázek č.18 – Stanovení toluenu v HV-11 (vlastní zpracování)

Na HV-11 bylo ve sledovaném období kritérium C pro obsah toluenu v podzemních vodách překročeno dvakrát (viz obrázek č.18). V dubnu (295 $\mu\text{g/l}$) a v září (61,8 $\mu\text{g/l}$) r. 1995. Detekovaná hodnota v dubnu, by znamenala i překročení současných sanačních limitů. Průměrná hodnota obsahu toluenu zjištěném na HV-11 za sledované období je 3,94 $\mu\text{g/l}$. Spodní mez detekce toluenu je limitován hranicí 0,23 $\mu\text{g/l}$ a od r. 1999 do r.2014 došlo k jejímu překročení pouze dvakrát, v červnu 2006 (0,46 $\mu\text{g/l}$) a květnu 2007 (0,46 $\mu\text{g/l}$).



Obrázek č.19 – Stanovení toluenu v HV-182 A (vlastní zpracování)

Na HV-182 bylo ve sledovaném období kritérium C pro obsah toluenu v podzemních vodách překročeno pouze jednou (viz obrázek č.19), v červnu r. 1995. Tehdy dosahovalo hodnoty 61,7 µg/l. K překročení sanačního limitu na tomto vrtu doposud nikdy nedošlo. Průměrná hodnota obsahu toluenu zjištěného na HV-182 A za sledované období je 1,25 µg/l. K překročení spodní meze detekce toluenu (0,23/l) a od r. 1995 do r. 2006 došlo pouze dvakrát, v květnu 2004 (1,8 µg/l) a květnu 2006 (0,46 µg/l).

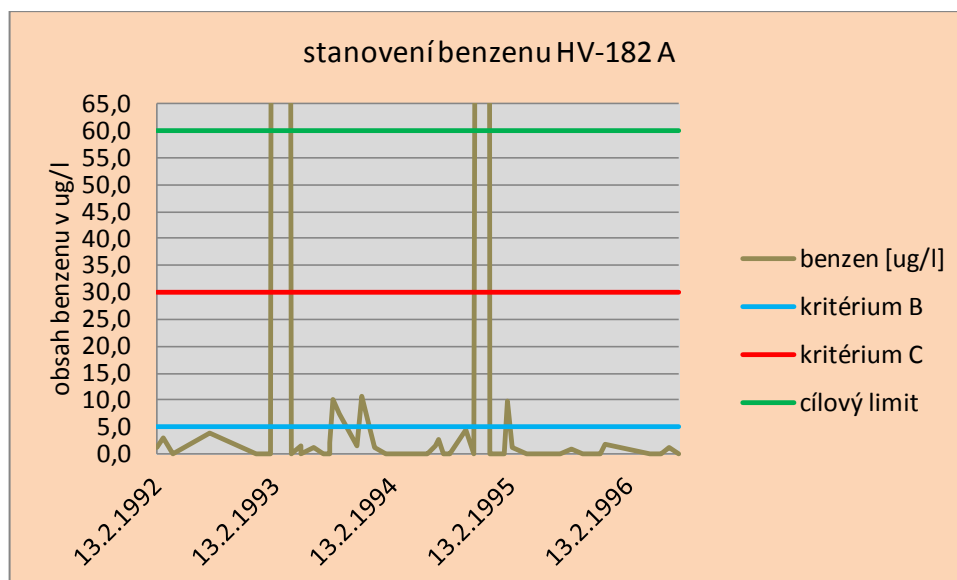


Obrázek č.20 – Stanovení benzenu v HV-11 (vlastní zpracování)

Kritérium C pro obsah benzenu v podzemních vodách bylo na HV-11 překročeno pouze jednou (viz obrázek č.20), v září r.1995 (32,4 µg/l). Sanační limity pro benzen nebyly na tomto vrtu překročeny nikdy. Průměrná hodnota obsahu benzenu zjištěná na HV-11 za sledované období je 1,16 µg/l. Spodní mez detekce limitována hranicí 0,31 µg/l a k jejímu poslednímu překročení došlo v květnu 2007 (0,5 µg/l).

Na HV-182 A došlo v březnu r. 1993 (1300 µg/l) a v listopadu 1994 (898 µg/l) k překročení kritérií C a současných sanačních limitů saturované zóny pro obsah benzenu v podzemních vodách (viz obrázek č.21). To znatelně posunulo průměrnou detekovanou hodnotu benzenu za sledované období v tomto vrtu až k 12,5 µg/l. Podobná situace se ale od r. 1994 už nikdy ve sledovaném období neopakovala a další zaznamenané hodnoty téměř nepřekračovaly detekční mez, nebo jen zcela

ojetiněle. K poslední detekci benzenu v HV-182 A došlo v červnu r. 2009, kdy byla naměřena hodnota 0,5 µg/l.



Obrázek č.21 – Stanovení benzenu v HV-182 A (vlastní zpracování)

Vrty pro demonstraci účinnosti sanace saturované vrstvy byly vybrány na základě několika kritérií, které jsem si stanovil jako podstatné. Byly jimi:

- Existence a dostupnost výsledků laboratorních rozborů podzemních vod
- Lokalita s největší mírou kontaminace, kde rovněž proběhla také sanace nesaturované zóny, včetně demoličních prací.
- Vrty s kontinuálním sanačním čerpáním

V závěru této kapitoly lze na základě předložených výsledků říci, že dekontaminaci saturované zóny v oblasti bývalé výroby peroxidu a akrylátových disperzí lze vzhledem k dosažení cílových limitů hodnotit jako částečně úspěšnou. V těchto místech totiž stále ještě probíhá sanační čerpání a postsanační monitoring a je nadále uvažováno o dalším pokračování těchto prací v rámci projektu Ochranné sanační opatření.

6.5 Vnitropodniková strategie ekologické prevence ochrany podzemních vod a půdy

Strategii prevence ochrany podzemních vod a půd uplatňovanou v ChZS lze rozdělit do několika spolu úzce souvisejících oblastí, kterými jsou:

- způsoby nakládání s chemickými látkami
- vodní hospodářství
- odpadové hospodářství
- havarijní plán pro znečištění vod a půdy

6.5.1 Nakládání s chemickými látkami

Způsob nakládání s chemickými látkami v ChZS řeší TOP 81–12 – Nakládání s chemickými látkami. Účelem tohoto TOP je stanovit postup pro zajištění povinností plynoucích ze zákona 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon) ve firmě a definovat rámce osobní zodpovědnosti jednotlivých pracovních pozic a zařazení (OŽPaPB, 2012).

6.5.2 Vodní hospodářství

Nakládání s vodami v ChZS je ošetřeno TOP 76 – 01 – Vodní hospodářství. Jeho účelem je stanovení jednotného postupu při zajištění dodávky povrchové a pitné vody pro ChZS a pro zajištění ochrany povrchových a podzemních vod a půdy (OŽPaPB, 2001). Rovněž stanovuje rámec zodpovědnosti zaměstnanců, dotčených pracovních pozic a zařazení. Mimo jiné stanovuje TOP také postupy pro havárie a mimořádné situace, plnění vodoprávních podmínek a sledování kvality vod. Nedílnou součástí vodního hospodářství ChZS je také kanalizace. Její provoz, způsob a podmínky užívání upravuje místní Kanalizační řád. Jeho účelem je mimo jiné podat základní přehled o produkovaných a likvidovaných odpadních vodách v podniku, včetně schematického znázornění toku jednotlivých proudů. Zároveň stanovuje nejvyšší přípustné míry znečištění odpadních vod vypouštěných do podnikové kanalizace a do recipientu a specifikuje látky, které nejsou odpadními vodami a jejichž vniknutí do kanalizace musí být zabráněno (CACH, 2007).

6.5.3 Odpadového hospodářství

Problematikou odpadového hospodářství se v ChZS zabývá TOP – 79 – 02 – odpadové hospodářství. TOP stanovuje systém nakládání s odpady v podniku, podrobnosti vyplývající z legislativy k odpadovému hospodářství a z toho plynoucí pravomoci, povinnosti a odpovědnosti útvarů a osob při nakládání s odpady ve společnosti. Zároveň vymezuje priority, principy, zásady a postupy k předcházení vzniku odpadů či jejich minimalizaci a hierarchii způsobů nakládání s odpady (OŽPaPB, 2002a).

6.5.4 Havarijní plán pro znečištění vod a půdy

Nejdůležitějším dokumentem, stanovujícím strategii ekologické prevence ochrany podzemních vod a půdy v podniku je Havarijní plán pro znečištění vod a půdy. Účelem tohoto dokumentu je shrnout základní technické údaje o všech potenciálních zdrojích ohrožujících kvalitu podzemních vod a půdy a stanovit postup okamžitých a následných opatření v případě vzniku havarijního stavu v jakosti vod a půdy (OŽPaPB, 2002b).

Souhrn protihavarijních opatření v ChZS je rozdělen do dvou úrovní, na primární a sekundární ochranu.

Primární ochrana komplexu akrylové chemie je součástí strojně - technologického a stavebně konstrukčního řešení. Toto řešení umožňuje svod znečištěných vod, včetně havarijních úniků medií, jejich akumulaci a následnou likvidaci na spalovně tekutých odpadů. Všechna korozně namáhaná místa stavebních konstrukcí jsou opatřena těžkou chemickou izolací (berol). Zásobníky skladového hospodářství jsou umístěny v havarijních ocelových jímkách, které jsou propojeny se sběrnými podzemními jímkami. Veškeré kontaminované vody z tohoto provozu, včetně eventuálních úniků z netěsností potrubních spojů jsou rovněž svedeny do sběrných podzemních jímek, přečerpány na spalovnu a zlikvidovány termickým rozkladem (OŽPaPB, 2002b).

Základem sekundární ochrany podzemních vod je systém hydrogeologických pozorovacích vrtů účelně rozmístěných v souladu s hydrogeologickými poměry lokality. Jedná se o cca 179 vrtů v celém areálu ChZS, z kterých jsou odebírány v pravidelných intervalech vzorky podzemních vod ke zjištění jejich kvality dle

Vzorkovacího a zkušebního plánu laboratoře OŽPaPB. V případě zjištění kontaminace podzemních vod jsou u těchto vrtů zahájeny sanační práce dle pokynů odborného řešitele sanačních prací (OŽPaPB, 2002b).

Součástí sekundární ochrany podzemních vod a půd je také strategické rozmístění tzv. havarijních koutků, kde je uloženo náradí (lopaty, krumpáče a stěrky), nafukovací vak a sorbent (vapex) pro likvidaci uniklých závadných látek.

7 DISKUSE

Při zpětném pohledu se na více než třicetiletou historii průzkumných a sanačních prací v areálu Chemických závodů v Sokolově a s ohledem na jeho dlouhodobé využívání k chemické výrobě a skladování, se nabízí otázka, jak dlouho bylo možné při řešení této staré ekologické zátěže ještě otálet. Zvláště pak při představě takových údajů, kterými jsou například, že v I. etapě sanačních prací bylo:

- Celkem odtěženo cca 37 500 m³ zeminy (DEKONTA, 2009).
- Odčerpáno a přečištěno celkem 275 000 m³ podzemní vody (DEKONTA, 2009).

Zcela zásadním způsobem, se na stavu sanované lokality podepsal fakt, že od zjištění a prokázání kontaminace v roce 1981 byly až do konce roku 2005 sanační práce realizovány pouze jako ochranné sanační čerpání podzemních vod, tedy sanace saturované zóny, tak aby nedošlo k rozšíření kontaminace, nebo k průsakům do vodoteče řeky Ohře. Šlo tedy spíše o udržovací práce. Bylo ale zřejmé, že tento postup nejen že SEZ v místě neřeší, ale především zvyšuje technickou, časovou i finanční náročnost v budoucnu uvažované celkové dekontaminace oblasti.

(VUČKA, 2005) ve své práci uvádí, že staré ekologické zátěže se v bývalé ČSSR řešily od konce sedmdesátých let. Ve většině případů se ale řešení omezilo jen na likvidaci havárií na podzemních vodách, neřešily se kontaminované zeminy, stavby a případně technologická zařízení související příčinně se vznikem havárie a tvořící další potenciální zdroj znečištění.

S tím samozřejmě nelze, než souhlasit, ovšem je třeba říci, že posun nastal až teprve v souvislosti s přechodem od socialistického centrálního plánování k tržní ekonomice. Až s převodem majetku státu do rukou nového nabyvatele, což bylo předtím legislativně ošetřeno (zákonem č.92/1991 Sb. o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby) se situace obrátila ve prospěch a obnovu kvality životního prostředí.

To v případě SEZ v ChZS dovolila výrobní a ekonomická situace, kdy některé dílčí provozy byly pro svou neefektivitu odstaveny a jejich stavební objekty zůstaly bez dalšího využití, potom nic nebránilo jejím demolicím a následnému odtěžení kontaminované zeminy pod základy a v jejich okolí.

8 ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se věnoval problematice řešení starých ekologických zátěží a popisoval nejen průběh vlastní sanace průmyslového areálu Chemických závodů v Sokolově, ale rovněž také uvedl celou, bezmála stoletou výrobní historii podniku. V souvislosti s ní považuji provedená sanační opatření v lokalitě za razantní a definitivní krok směrem k uzavření dlouhé kapitoly trvajících znečištění v popisované oblasti. To dokazuje i probíhající postsanační monitoring, jehož laboratorní výsledky jsem v práci demonstroval na vrtech HV-11 a HV-182A.

Staré ekologické zátěže a jejich řešení představují pro environmentalistiku úkol budoucnosti, jehož cílem jsou a stále budou snahy napravit škody napáchané v minulosti životním prostředím a jeho složkách. S ohledem na rychle postupující vznik a vývoj nových dekontaminačních technologií, zejména v oblasti biotechnologie, tedy využití bioremediačních schopností bakteriálních kultur, se otvírají nové možnosti na ještě účinnější a finančně méně náročné sanační postupy. Jedna z těchto metod bioventing byla s úspěchem realizována i v Sokolově.

Sanace areálu Chemických závodů v Sokolově ale ještě stále není u konce. V současné době je připravován projekt na demolici dalších, již nevyužívaných budov a objektů, mezi nimiž jsou bývalé i zámečnické dílny a bývalá výrobní korundu. Zde se sice nepředpokládá znečištění v takovém rozsahu, v jakém bylo odstraňováno v jiných sektorech, přesto jde o neméně důležitý úkol příštích období.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Knihy a projektová dokumentace

BECKMAN S.D., HELPERIN A.N., INWOOD D., 2001: California's Contaminated Grounwater. Is the State Minding the Store?, NRDC Publications Department, NY, 97s.

DEKONTA, 2009: Realizace sanačních opatření vedoucích k nápravě starých ekologických zátěží vzniklých před privatizací ve společnosti HEXION Specialty Chemicals, a.s. v Sokolově, kontrolní den. Prezentace ve formátu PDF, Dekonta, 26s.

DOSOUDIL P., BAUMAN., PAZOUREK J., VANĚK I., VOBRÁTIL L., 2008: Realizace sanačních opatření vedoucích k nápravě starých ekologických zátěží vzniklých před privatizací ve společnosti HEXION Specialty Chemicals, a.s. v Sokolově. Roční zpráva 2009, Dekonta, Praha, 75s.

EUROPEAN COMMISSION DG ENV. E3, 2002: Heavy Metals in Waste. Final Report, COWI A/S, Denmark, 86s.

HLUŠEK J., RICHTER R., RYANT P., FRYŠČÁKOVÁ E., 1994: Výživa a hnojení rostlin. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 144s.

IRWIN R.J., MOUWERIK M.V., STEVENS L., SEESE M.D., BASHAM W., 1997: Environmental Contaminats Encyklopedia Entry for BTEX and BTEX Compounds. National Park Service, 36s.

JANČÁŘOVÁ I., 2011: Právo životního prostředí pro bakaláře. Masarykova univerzita, Brno, 291s.

MATĚJŮ V., 2006: Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241s. ISBN: 80-86832-15-5.

NEWELL CH. J., ACREE S. D., ROSS R. R., HULING S.G., 1995: Light Nonaqueous Phase Liquids. Ground Water Issue, EPA/540/S-95/500, 28s.

NIKLAS J., 2012: Právní aspekty odstraňování ekologických škod. Disertační práce, nepublikováno, dep: Karlova Univerzita v Praze, Praha, 162s.

PALMER C.D., FISH W., 1992: Chemical Enhancements to Pump-and-Treat Remediation. Ground Water Issue, EPA/540/S-92/001, 20s.

PAVLOVSKÝ J., VONTOROVÁ J., PRAUS P., 2013: Metody monitorování životního prostředí. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 248s.

PAZOUREK J., DOSOUDIL P., VANĚK J., 2014: Realizace sanačních opatření vedoucích k nápravě starých ekologických zátěží vzniklých před privatizací ve společnosti Momentive Specialty Chemicals, a.s. v Sokolově. Závěrečná zpráva zakázky "Ochranné sanační čerpání IX", Dekonta, Praha, 135s.

STANĚK J., RYBÁK J., SLAVÍK P., OBRUČA M., 1996: Zkrácená analýza rizik Chemické závody Sokolov a.s.. Geogas a.s., Brno, 83s.

ŠRÁČEK O., DATEL J., MLS J., 2000: Kontaminační hydrogeologie. Univerzita Karlova v Praze, Praha, 210s.

VANĚK I., DOSOUDIL P., URBAN O., PAZOUREK J., 2009: Realizace sanačních opatření vedoucích k nápravě starých ekologických zátěží vzniklých před privatizací ve společnosti HEXION Specialty Chemicals, a.s. v Sokolově. Aktualizace analýzy rizik, Dekonta, Praha, 137s.

U.S.DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 1999: Toxicological Profile for Mercury. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 676s.

U.S.DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 2007: Toxicological Profile for Arsenic. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 559s.

WILBUR S., BOSH S., CLEWELL H., KRISHNAN K., BORGERT CH., 2004: Interaction Profile for: Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes (BTEX). U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 154s.

ZAPLETAL J., 1995: Základy geologie. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, 74s. ISBN 80-7067-555-1.

Články v časopisech a sbornících

CHANPIWAT P., LEE B.T., KIM K.W., STHIANNOPKAO S., 2014: Human health risk assessment for ingestion exposure to groundwater contaminated by naturally occurring mixtures of toxic heavy metals in the Lao PDR. Environ Monit Assess 2014, 186:4905-4923.

LI J., LU Y., SHI Y., WANG T., WANG G., LUO W., JIAO W., CHEN CH., YAN F. 2011: Environmental pollution by persistent toxic substances and health risk in an industrial area of China. Journal of Environmental Sciences 2011, 23(8): 1359-1367.

VEGTER J., 2005: Towards prevention and management of contaminated land. Strategies, Science and Law for the Conservation of the World Soil Resources, 2005, 4:261-267.

VUČKA P., 2005: Staré ekologické zátěže – minulost, současnost a budoucnost. Konference „Životní prostředí České republiky – stav a perspektiva“ zaměřené na staré ekologické zátěže. Planeta 10/2005, 10 – 11.

Zákony, normy, vnitropodnikové předpisy a metodické pokyny

CACH K., 2007: Kanalizační řád. Momentive Specialty Chemicals Sokolov a.s., Sokolov, DJ 4-6-PE-04-07, 8s.

ČSN EN ISO 9377-2 Jakost vod - Stanovení uhlovodíků C10 až C40 - Část 2: Metoda plynové chromatografie po extrakci rozpouštědlem.

FLORIDA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION, 2008: Monitoring Well Design and Construction Guidance Manual, 73s.

HARRISON E., SHAYLER H., McBRIDE M., 2009: Sources and Impacts of Contaminants in Soil. Cornell Waste Management Institute, Ithaca, NY, 6s.

MZe ČR, 2005: Katalog opatření. ID8, Staré ekologické zátěže, Praha, 8s.

MŽP ČR, 1996: Metodický pokyn odboru pro ekologické škody Ministerstva životního prostředí České Republiky – Kritéria znečištění zemin a podzemní vody. Metodické návody a pokyny, Praha, 10s.

MŽP ČR, 2005: Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí pro průzkum kontaminovaného území. Věstník Ministerstva životního prostředí, Praha, 15: 47-76.

MŽP ČR, 2012: Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí Indikátory znečištění. Věstník Ministerstva životního prostředí, Praha, 21: 69-82.

OŽPaPB, 2001: TOP 76 – 01 – Vodní hospodářství. Momentive Specialty Chemicals Sokolov a.s., Sokolov, 9s.

OŽPaPB, 2012: TOP 81–12 – Nakládání s chemickými látkami. Momentive Specialty Chemicals Sokolov a.s., Sokolov, 18s.

OŽPaPB, 2002a: TOP – 79 – 02 – odpadové hospodářství. Momentive Specialty Chemicals Sokolov a.s., Sokolov, 19s.

OŽPaPB, 2002b: Havarijní plán znečištění vod a půdy. Momentive Specialty Chemicals Sokolov a.s., Sokolov, DJ 4-10-OŽPaPB-1-01, 20s.

OŽPaPB, 2015: Sledování kvality podzemních vod v ChZS. Vnitropodniková PC aplikace, Momentive Specialty Chemicals Sokolov a.s., Sokolov.

U.S. EPA, 1993: Wellhead Protection: A Guide for small Communities. Seminar Publication, Washington, DC. EPA 625/R-93/002, 144s.

Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Elektronické zdroje

ČHMÚ, 2015: Historická data: počasí: územní teploty. Portál ČHMÚ, Český hydrometeorologický ústav, online: http://www.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_5_Uzemni_srazky, cit. 30.3.2015.

ČIŽP, 2005: Staré ekologické zátěže. Česká inspekce životního prostředí, online: http://www.cizp.cz/513_Stare-ekologicke-zateze, cit. 10.2.2015.

ČÚZK, 2015: Informace o pozemku. Nahlížení do katastru nemovitostí, Český úřad zeměměřičský a katastrální, online: <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/>, cit. 3.2.2015.

FENDORF S., KONOPKA A., KOSTKA J., LOVLEY D., METTING B., 2003: Bioremediation of Metals and Radionuclides . . . What It Is and How It Works. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, California, online: http://doesbr.org/documents/03_NABIR_primer.pdf, cit. 17.12.2014.

KUBAL M., BURKHARD J., BŘEZINA M., 2002: Dekontaminační technologie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, FRVŠ 0621/F1 (2001), online: <http://old.vscht.cz/uchop/CDmartin/>, cit. 12.1.2015.

POH, 2015: Povodí Ohře-stavy a průtoky. Povodí Ohře s.p., online: <http://sap.poh.cz/portal/SaP/cz/PC/>, cit. 3.2.2015.

SEZNAM, 2015: Plánovač tras. Seznam.cz a.s. online: <https://www.mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&x=12.6766777&y=50.1855822&z=14&l=0&rp>, cit. 31.3.2015.

U.S. EPA, 2012a: A Citizen's Guide to In Situ Chemical Oxidation. United States Environmental Protection Agency, EPA 542-F-12-01, online: http://www.clu-in.org/download/Citizens/a_citizens_guide_to_in_situ_chemical_oxidation.pdf, cit. 13.2.2015.

U.S. EPA, 2012b: A Citizen's Guide to Soil Vapor Extraction and Air Sparging. United States Environmental Protection Agency, EPA 542-F-12-018, online: http://www.clu-in.org/download/Citizens/a_citizens_guide_to_soil_vapor_extraction_and_air_sparging.pdf, cit. 13.2.2015.

U.S. EPA, 2012c: A Citizen's Guide to In Situ Thermal Treatment. United States Environmental Protection Agency, EPA 542-F-12-013, online: http://www.clu-in.org/download/Citizens/a_citizens_guide_to_in_situ_thermal_treatment.pdf, cit. 15.2.2015.

U.S. EPA, 2014: Superfund for Students and Teachers. United States Environmental Protection Agency, online: http://www.epa.gov/superfund/students/class_act/haz-ed/ff_05.htm, cit. 20.12.2014.

10 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2EHOH	2-ethylhexanol
AAR	aktualizace analýzy rizik
AB	Alkylbenzeny
As	Arsen
B	Benzen
BA	Butylakrylát
BOH	Butylalkohol
BSK	biologická spotřeba kyslíku
BTEXS	benzen, toluen, ethylbenzen, xyleny, styren
C ₁₀ -C ₄₀	alifatické uhlovodíky s počtem uhlíkových atomů (10-40)
Cd	kadmium
CIU	chlorované uhlovodíky
Cr	chrom
Cr ⁶⁺	chrom šestimocný
Cr _{celk.}	chrom celkový
Cu	měď
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	čistírna odpadních vod
ČSN	česká státní norma
DCE	dichlorethylen
DEP	Florida Department of Environmental Protection
DIBC	dizobutylkarbinol
DIK	držitel investičního kuponu
DMK	dimethylketon (aceton)
EA	ethylakrylát
EOCl	extrahovatelný organicky vázaný chlor
EOX	extrahovatelné organicky vázané halogeny
ERH	Electrical resistance heating (metoda odporového zahřívání)
FNM ČR	Fond národního majetku ČR
H ₂ O ₂	peroxid vodíku
Hg	rtuť
HPV	hladina podzemní vody
CHKO	chráněná krajinná oblast
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
ChZS	Chemické závody Sokolov
ISCO	in situ chemical oxidation (metoda in situ chemické oxidace)
KAI	výrobna kyseliny akrylové I
KAI	výrobna kyseliny akrylové II
LNAPLs	Light-Non Aqueous Phase Liquids (kapaliny lehké nevodné fáze s hustotou menší než má voda)
MA	metakrylát

MF ČR	Ministerstvo financí České republiky
MIBK	methylozobutylketon
MMA	metylmetakrylát
MnO ₄ ⁻	manganistany
MP MŽP	Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí
MZe ČR	Ministerstvo zemědělství České republiky
MŽP ČR	Ministerstvo životního prostředí České republiky
NEL	nepolární extrahovatelné látky
O ₃	ozon
OCPs	organochlorine pesticides (organochlorované pesticidy)
OI ČIŽP	oblastní inspektorát české inspekce životního prostředí
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
Pb	olovo
PCB	polychlorované bi-fenyly
PCE	perchlorethylen
pH	koncentrace vodíkových iontů
RSL	Regional Screening Levels (regionální screeningové hodnoty)
S	styren
SEE	Steam enhanced extraction (metoda vstřikování vodní páry)
SESES	Systém evidence starých ekologických zátěží
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SVE	soil vapor extraction (metoda ventingu)
SVOCs	Semi Volatile Organic Compounds (semitěkavé organické látky)
T	toluen
TCE	1,1,2-trichlorethylen
TCH	Thermal conduction heating (metoda konduktivního ohřevu)
TKO	tuhý komunální odpad
TMB	trimethylbenzen
TOC	celkový organický uhlík
TOCl	veškerý organicky vázaný chlor
TOX	veškeré organicky vázané halogeny
TOP	technicko organizační postup
U.S. EPA	U.S. Environmental Protection Agency
ÚCHR	úplný chemický rozbor
VAC	vinylacetát
VOCs	Volatile Organic Compounds (těkavé organické látky)
WHO	World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)
X	xyleny