

Obsah

Obsah	1
Seznam příloh	2
1 Úvod	3
2 Cíle	4
3 Údaje o území	5
3.1 Všeobecné údaje	5
3.1.1 Geografické vymezení	5
3.1.2 Využití území	5
3.2 Přírodní poměry	5
3.2.1 Klimatické poměry	5
3.2.2 Orografické a geomorfologické poměry	6
3.2.3 Geologické a hydrogeologické poměry	6
3.2.4 Hydrologické poměry	9
3.2.5 Geochemické poměry	9
3.2.6 Ochrana Přírody a krajiny	10
3.3 Vývoj znečištění podzemních vod v Kyšperské synklinále	10
3.4 Současné zdroje znečištění v Kyšperské synklinále	11
4 Chlorované uhlovodíky (CI-U)	12
4.1 Kongenery	12
4.1.1 Kongenery CI-U v areálu popisované lokality:	12
4.2 Vlastnosti CI-U	13
4.2.1 Fyzikálně – chemické vlastnosti	13
4.2.2 Chemické vlastnosti	15
4.2.3 Biologické vlastnosti	16
4.3 Zdroje CI-U	17
Obr. č.3: Přehledné schéma používaných CI-U (Richter, Söhnel; 1999)	18
4.4 Sanační technologie	18
4.4.1 Biodegradace	18
4.4.2 Vodní extrakce	20
4.4.3 Vzdušná extrakce	20
4.4.4 Dechlorace s využitím nanoželeza	23
5 OEZ s.r.o. – Orlické energetické závody	25
5.1 Historie	25
5.2 Certifikace	26
5.3 OEZ s.r.o. – hlavní závod	26
5.3.1 Zdroje znečištění	27
5.3.2 Nápravná opatření	28
5.3.3 Sanační metody používané v areálu OEZ	31
6 Metodika	34
7 Výsledky	36
8 Diskuse	44

8.1 Diskuse změn koncentrací Cl-U v jednotlivých ohniscích	44
7.1 Diskuse parametrů pro podzemní vody	46
8 Závěr	47
9 Literatura.....	49
9.1 Legislativa.....	50
Dokumenty v elektronické podobě.....	50
Ústní sdělení.....	50
10 Přílohy.....	51

Seznam příloh

Příloha č. 1 Geografická mapa ČR s vyznačením popisované lokality.....	51
Příloha č. 2 Základní mapa Pardubického kraje s vyznačením popisované lokality.....	51
Příloha č. 3 Geologická mapa ČR s vyznačením popisované lokality.....	52
Příloha č. 4 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu OV 1A.....	53
Příloha č. 5 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 7.....	54
Příloha č. 6 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 2.....	55
Příloha č. 7 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 5.....	56
Příloha č. 8 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 6.....	57
Příloha č. 9 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu OH 1.....	58
Příloha č.10 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 3.....	69
Příloha č.11 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 10.....	60
Příloha č.12 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu OV 5.....	61
Příloha č.13 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 9.....	62
Příloha č.14 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu OV 9.....	63
Příloha č.15 Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu LK 2.....	64
Příloha č.16 Vývoj koncentrací Cl-U v podz vodě ve vrtu OV 1A (µg/l).....	65
Příloha č.17 Vývoj koncentrací Cl-U v podz. vodě ve vrtu HV 7 (µg/l).....	66
Příloha č.18 Vývoj koncentrací Cl-U v podz. vodě ve vrtu HV 2 (µg/l).....	67
Příloha č.19 Vývoj koncentrací Cl-U v podz. vodě ve vrtu HV 3 (µg/l).....	68
Příloha č.20 Vývoj koncentrací Cl-U v podz. vodě ve vrtu HV 10 (µg/l).....	70
Příloha č.21 Vývoj koncentrací Cl-U v podz. vodě ve vrtu OV 5 (µg/l).....	72
Příloha č.22 Vývoj koncentrací Cl-U v podz. vodě ve vrtu HV 5 (µg/l).....	73
Příloha č.23 Vývoj koncentrací Cl-U v podz. vodě ve vrtu OH 1 (µg/l).....	74
Příloha č.24 Vývoj koncentrací Cl-U v podz. vodě ve vrtu HV 6 (µg/l).....	75
Příloha č.25 Vývoj koncentrací Cl-U v podzemní vodě ve vrtu OV 9 (µg/l).....	76
Příloha č.26 Vývoj koncentrací Cl-U v podzemní vodě ve vrtu HV 9 (µg/l).....	78
Příloha č.27 Vývoj koncentrací Cl-U v podzemní vodě ve vrtu LK 2 (µg/l).....	80

1 Úvod

Výběr tématu mé diplomové práce úzce souvisí s problematikou ochrany a tvorby životního prostředí, která se v posledních letech řadí mezi prioritní a nejsledovanější společenské úkoly jak ve světě, tak i v České republice. Nedílnou součástí tohoto procesu je odstraňování ohnisek starých ekologických zátěží. Řešením starých ekologických zátěží se začala vláda více zabývat po roce 1989, kdy bylo zřízeno i Ministerstvo životního prostředí, které odpovídalo a stále i odpovídá za sféry životního prostředí, včetně úpravy legislativy.

Starou ekologickou zátěží jsou rozuměny pozůstatky lidské činnosti s negativními dopady na životní prostředí, jako je znečištění podzemních vod, kontaminace zemin a staveb. Mezi staré ekologické zátěže patří hlavně znečištění nepolárními extrahovatelnými látkami (NEL), chlorovanými uhlovodíky (Cl-U), organickými sloučeninami (chloridy, sírany, atd.).

V letech 1992 – 2006 jsou postupně ukončovány sanační práce na NEL, neboť tyto látky jsou dobře rozkladatelné přírodními mechanismy (biodegradovatelné). Zhruba od roku 1995 až po současnost probíhají sanace Cl-U, jsou s nimi problémy, protože se jedná o látky nedegradovatelné, dobře pronikající do horninového prostředí a v minulosti byly široce používány v průmyslových objektech např. jako odmašťovadla. Jedním z největších problémů je ocenění sanovatelnosti, tj. doby, za kterou budou dosaženy sanační limity Cl-U ve vodách i v horninách.

S ohledem na značné znečištění, dosahující velkých hloubek v areálu Letohrad¹ OEZ s.r.o. jsem si tuto lokalitu vybrala. Mezi její hlavní výhody patří vysoká prozkoumanost a značný rozsah dat, díky realizaci sanačních prací, které zde byly omezeně prováděny už od roku 1992.

V předložené práci jsem využila a vyhodnotila výsledky monitorování realizované v letech 1996 – 2007. Osobně jsem se zúčastnila odběru vzorků podzemních vod a půdního vzduchu v areálu OEZ s.r.o.

¹ OEZ s.r.o. = Orlické energetické závody

2 Cíle

Cílem této práce je shromáždit dostupné informace z dané lokality, provést jejich analýzu a podat ucelený obraz o vývoji kontaminace zóny a podzemních vod na lokalitě.

Porovnat sanační práce v areálu výrobního podniku, kde došlo v minulosti k intenzivnímu znečištění jak podzemních vod, tak i horninového prostředí.

Porovnat průběh a efektivnost sanačních prací s výsledky získanými v současné době.

3 Údaje o území

3.1 Všeobecné údaje

3.1.1 Geografické vymezení

Areál hlavního závodu O EZ s.r.o.se nachází vpravo od silnice Letohrad – Šedivec. Je situován na severovýchodním okraji města Letohrad, územně patří do správního celku okresu Ústí nad Orlicí, Pardubického kraje.

Prostory firmy se nacházejí v severní části města v nadmořské výšce 380 – 385m.n.m.

3.1.2 Využití území

Závod se nachází v zóně s velmi různorodým využitím – průmyslové využití, služby, zemědělství, sport a rekreační využití, obytná zóna. Bezprostřední okolí lokality (mezi obytnou zástavbou a areálem závodu) je z části využito komerčně, s převahou služeb (sportovní areál). Zbytek, severní a východní okolí areálu je využit zemědělsky. (Kubíková, Kozák, Gernt; 2004) [1].

3.2 Přírodní poměry

3.2.1 Klimatické poměry

Severní část kyšperské synklinály náleží podle členění uvedeném v Atlasu podnebí ČR do dvou klimatických okrsků. Jihozápadní a severozápadní část náleží do okrsku B8, charakterizována jako mírně teplá, vlhká, vrchovinného charakteru, část jihovýchodní náleží zhruba do okrsku B10, charakterizována jako mírně teplá, velmi vlhká, vrchovinná. Nevýznamná část na severovýchodě náleží do chladných oblastí, okrsku C1, charakterizována jako chladná.

Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje mezi 700 – 900 mm, z toho v zimním období mezi 250 - 400 mm, ve vegetačním období mezi 350 - 500 mm. Sněhová pokrývka trvá 60 - 100 dnů a počet mrazových dnů (tj. dnů s min. teplotou $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižší) mezi 110 - 160 v roce. Průměrná roční teplota je 6 - 8 $^{\circ}\text{C}$.

3.2.2 Orografické a geomorfologické poměry

V morfologii zájmového území se projevují 2 základní orografické celky – Orlické hory, zastoupené Deštenskou hornatinou a Podorlická pahorkatina, zastoupená Žambereckou pahorkatinou. Zatímco Deštenská hornatina se projevuje jako výrazná terénní elevace s nadmořskými výškami 650 – 1100m.n.m, Žamberecká pahorkatina má charakter podhorské deprese. Ve své severní části se skládá z několika úvalů a hřbetů zhruba severojižního směru, ve své jižní části prochází do několika km širokého úvalu SZ – JV směru. Nadmořské výšky se v osové části Žamberecké pahorkatiny pohybují od 400 – 650m.n.m. , v jižní části klesají na 360 – 500m.n.m.

Reliéf terénu je výrazně podmíněn geologickými strukturálními prvky. Táhlé hřbety v severní části území sledují antiklinální strukturální prvky, mezilehlé deprese dílčí synklinály. V jižní části je morfologicky významná terénní deprese souhlasná s průběhem vlastní kyšperské synklinály. Dalším charakteristickým morfologickým prvkem území jsou hluboká příčná údolí hlavních vodotečí tj. Zdobnice, Divoké Orlice, Tiché Orlice, které v podstatě od východu k západu protínají zájmové území, zachovávající si tak svůj původní konsekventní charakter. Rovněž údolí vodotečí nižších řádů přispívají zejména v severní části ke značné členitosti reliéfu. V centru pánve jsou říční údolí méně výrazná, často s dobře vyvinutou aluviální nivou (Roček; 1977)

3.2.3 Geologické a hydrogeologické poměry

Z geologického hlediska se toto území nachází v oblasti východočeské křídý, sktrukturně spadá do kyšperské synklinály. Jedná se o strukturu směru SZ- JV vyplněnou svrchnokřídovými sedimenty stáří cenoman až svrchní turon. V osové části struktury v oblasti mezi Čermnou a Lanškrounem jsou vyvinuty neogenní sedimenty. V zájmovém území tvoří výplň kyšperské synklinály sedimenty cenomanu až středního turonu. Charakter a mocnost jednotlivých souvrství kyšperské synklinály vyplývá z tabulky č. 1.

Stratigrafický stupeň	Max. mocnost	Litologie	Poznámka
Neogén	190 m	Písky, šterky; písky, jíly	V zájmovém území není vyvinuto
Svrchní turon	400 m	Slínovce	V zájmovém území není vyvinuto
Střední turon	130 m	Prachovce, slínovce; pískovce	
Spodní turon	70 - 90 m	Prachovce, pískovce	V jímacím území Letohrad a Žamberk
Cenoman	do 30 m	Slepence, pískovce	

Tab. č.1: Charakter a mocnost jednotlivých souvrství kyšperské synklinály

Z hydrogeologického hlediska náleží popisované území rajonu 426 Kyšperská synklinála.

Příčný geologický řez strukturou kyšperské synklinály s vyznačením pozice areálu závodu v rámci geologické stavby území je patrný z obrázku č. 2.

Nejsvrchnější partie geologického profilu tvoří v areálu závodu a jeho bezprostředním okolí kvartérní sedimenty o průměrné mocnosti kolem 10 metrů. Litologicky se jedná o jílovité hlíny, slinité hlíny až jíly, místy s úlomky podložních hornin. Tyto sedimenty se vyznačují relativně nízkou propustností v řádu 10^{-7} m/s. Mělká zvodeň se v areálu závodu vyskytuje pouze sporadicky a je vázána na nepravidelně vyvinuté propustnější vrstvy kvartérních sedimentů. Zvodeň se vyskytuje pouze v období vyšších srážkových dotací a v jarním období po tání sněhové příkrývky. Ve větší vzdálenosti od areálu se vytváří v prostředí kvartérních fluvialních štěrkopískových náplavů souvislá mělká zvodeň.

Střednoturonské sedimenty jsou zastoupeny prachovci a slínovci. Jedná se o puklinově propustné prostředí s výraznou anizotropií. Hladina podzemní vody je mírně napjatá a pohybuje se v hloubce v průměru kolem 20 m pod povrchem terénu. V průběhu roku kolísá úroveň hladiny podzemní vody v závislosti na klimatických podmínkách a to v rozmezí až několika metrů. Místa hlavních přítoků podzemní vody se dle výsledků karotážních měření vyskytují v hloubkách kolem 20 až 30 m. rozpukání hornin je výrazné zhruba do 44 m, hlubší partie vykazují výrazně menší stupeň tektonického porušení. Vzhledem k výrazné anizotropii prostředí dosahuje koeficient transmisivity u jednotlivých objektů širokého rozmezí řádů 10^{-3} až 10^{-2} m²/s. Vydatnosti jednotlivých vrtů se pohybují v širokém rozpětí od tisícín l/s až po první l/s. Hodnoty vydatností a specifických vydatností zjištěné v rámci testování monitorovacích a sanačních vrtů potvrzují výraznou nehomogenitu prostředí. Dosah deprese při čerpání v prostředí střednoturonské zvodně byl ověřován před zahájením sanace vod a ventingu dlouhodobým čerpáním na vrtech LK 2 a OH 1. Při dlouhodobé čerpací zkoušce v délce jednoho měsíce na vrtu LK 2, při depresi 50 m bylo dokumentováno v pozorovacích objektech výrazné snížení hladiny vody. Při dlouhodobé čerpací zkoušce v délce jednoho měsíce na vrtu OH 1 byly potvrzeny závěry získané při čerpání vrtu LK 2. Čerpací zkouškou na vrtu OH 1, kdy při čerpaném množství 0,83 až 1,08 l/s bylo zaznamenáno snížení hladiny na úroveň 48,5 m (o 24,7 m). Dosah deprese je v daném prostředí velmi proměnlivý, deprese nemá pravidelný tvar a dosahuje až do stovek metrů.

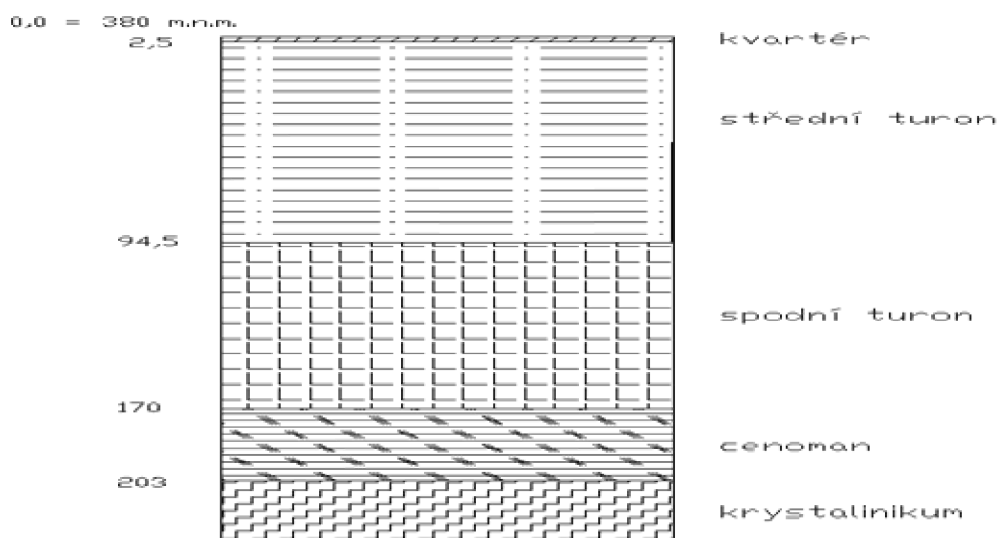
Spodnoturonské sedimenty dosahují v zájmovém území mocnosti kolem 70 až 80 metrů. Jedná se o prachovce a jemnozrnné pískovce. Hladina spodnoturonské zvodně je v důsledku existence artéského stropu napjatá s úrovní ustálené hladiny v prostoru areálu závodu ve výšce cca 385 až 390 m n.m. (tj. až s pozitivní výtlačnou úrovní). Spodnoturonská zvodně je využívána v rámci struktury kyšperské synklinály v jímacím území Letohrad, v širším okolí pak v jímacím území Žamberk. V jímacím území Letohrad jsou v současné době v provozu objekty štola a vrt LT 2. Štola Letohrad se nachází cca 1 km jihozápadně od areálu OEZ Letohrad v průlomu tiché Orlice. Vydatnost tohoto zdroje se pohybuje kolem 30 l/s, přebytky jsou vypouštěny do povrchového toku. Vrt LT 2 o hloubce 164 m je situován cca 800 m JZ od areálu OEZ s.r.o.

Spodnoturonská zvodně zachycená vrtem LT 2 má napjatou hladinu s pozitivní výtlačnou úrovní, přetok byl dokumentován ve výši 60 l/s, využitelná vydatnost byla oceněna na 70 l/s. Vlivem vystrojení vrtu (nedostatečné odtěsnění střednoturonské zvodně) docházelo v minulosti k částečné komunikaci spodnoturonské zvodně s nadložní střednoturonskou zvodní. V devadesátých letech proběhla rekonstrukce jímacího objektu s cílem zamezit střetu obou zvodní. V současné době se objekt používá jen zčásti vzhledem k neuspokojivému obsahu Cl-U ve spodnoturonské zvodni, koncentrace často hraničí s limity stanovenými vyhláškou pro pitnou vodu (Opletal; 1980).

Z uvedeného vyplývá, že vodohospodářsky je využívána zvodně spodnoturonská. Střednoturonská zvodně není pro účely hromadného zásobování obyvatelstva pitnou a užitkovou vodou využívána.

Zájmové území je tektonicky porušeno. Průběh tektonických linií byl vyhodnocen na základě rešerše dostupných archivních materiálů a výsledků výzkumných prací.

Tektonika zásadním způsobem ovlivňuje směr proudění podzemní vody. Lokální tektonické porušení hornin a odlišný faciální vývoj pak vede k odchýlkám ve směru proudění. Významnější tektonické linie v prostoru pak drenážního uzlu Letohrad pak mohou představovat riziková místa, kde může docházet ke střetnutí spodnoturonské a střednoturonské zvodně (Kubíková, Kozák, Gernt; 2004)[1]



Obr. č.1: Stratigrafie v areálu OEZ s.r.o. (Pilný; 2007)

3.2.4 Hydrologické poměry

Zájmové území je odvodňováno Tichou Orlicí a částečně Lukavickým potokem, který je pravostranným přítokem Tiché Orlice.

Tichá Orlice patří do povodí Orlice, pramení na západním svahu hory Jeřáb v Hanušovické vrchovině, nad Horní Orlicí, což je část obce Červená voda. Ve svém ústí má průměrný průtok 7,4 m³/s. Jejím největším přítokem je Třebovka. U Albrechtic nad Orlicí se stéká s Divokou Orlicí a dále tvoří řeku, která má název Orlice.

3.2.5 Geochemické poměry

V rámci předchozích výzkumů byly zkoumány údaje zejména ve vztahu ke zjištěné kontaminaci nenasurované zóny a podzemních vod. Analytika byla zaměřena na přítomnost cizorodých látek v podzemní vodě a nenasurované zóně – tj. Cl-U, dále okrajově kovy, kyanidy a NEL. Z uvedených polutantů byly v podzemních vodách a nenasurované zóně zjištěny prakticky pouze Cl-U. Zvýšené obsahy kovů a kyanidů v zeminách byly zjištěny v omezeném prostoru v okolí jímky u neutralizační stanice, tento prostor byl asanován.

Z hlediska obecných charakteristik střednoturonské zvodně se jedná o vody typu Ca-HCO₃, neutrální až slabě alkalické reakce, s obsahem rozpuštěných látek kolem 500mg/l. Rozbory základního chemismu vody rozšířené o stanovení kovů byly provedeny v rámci realizace vrtů Orlickou hydrogeologickou společností. V rámci analýz byly provedeny i rozbory obsahu PCB a NEL. Tyto látky nebyly v podzemní vodě detekovány ve významnějších množstvích (Roček; 1977)

3.2.6 Ochrana Přírody a krajiny

Zájmové území není zahrnuto do oblastí se zvláštním režimem ochrany přírody a krajiny. Z hlediska obecné ochrany vod je toto území součástí CHOPAV Žamberk – Králíky. Areál závodu leží mimo ochranná pásma zdrojů podzemních vod (Kubíková, Kozák, Gernt; 2004)[1]

3.3 Vývoj znečištění podzemních vod v Kyšperské synklinále

Kyšperská synklinála tvoří hydrogeologickou strukturu zásobující pitnou vodou oblast Žamberka, Letohradu, Jablonného nad Orlicí až Horní Čermnou.

První znaky znečištění podzemních vod chlorovanými uhlovodíky v Kyšperské synklinále se projeví již v roce 1989 v jímacím území Jablonné nad Orlicí – Lubník (tisíce µg/l). V letech 1991 a 1992 byly mapovány jako **největší plošný prvek znečištění chlorované uhlovodíky** (odmaštění elektrotechnických součástek), **PCB** (plnění kondenzátorů). Toto znečištění dosáhlo takových rozměrů, že bylo nutné provést aktivní sanační práce a omezit, někde i přerušit vodárenský odběr.

Roku 1992 formulovaly odborné firmy k řešení situace tyto kroky :

- ❖ omezení odběru v jímacím území Letohrad a Žamberk
- ❖ prověrka v hospodaření s chlorovanými uhlovodíky v regionu
- ❖ realizace monitoringu jakosti PV v severní části KSS a poorlickém permu

Na lokalitě areálu OEZ s.r.o. byly zjištěny velké nedostatky v hospodaření s chlorovanými uhlovodíky, jejich velké úniky – tuny až desítky tun za rok. Z toho důsledku byl v areálu OEZ s.r.o. zahájen komplex průzkumných a sanačních opatření.

Většina kontaminovaných vod chlorovanými uhlovodíky se drénuje do Tiché Orlice v Letohradě nebo prostřednictvím umělých odběrů podzemních vod – vodárenské odběry (vrty V-4 Žamberk, štola Letohrad). Prostorovou kontaminací postižená vodárenská spodnoturonská zvedně. Masivní znečištění střednoturonské zvedně v centrech znečištění (OEZ, ZEZ). (Šeda, Frimlová, Novotná; 2004).

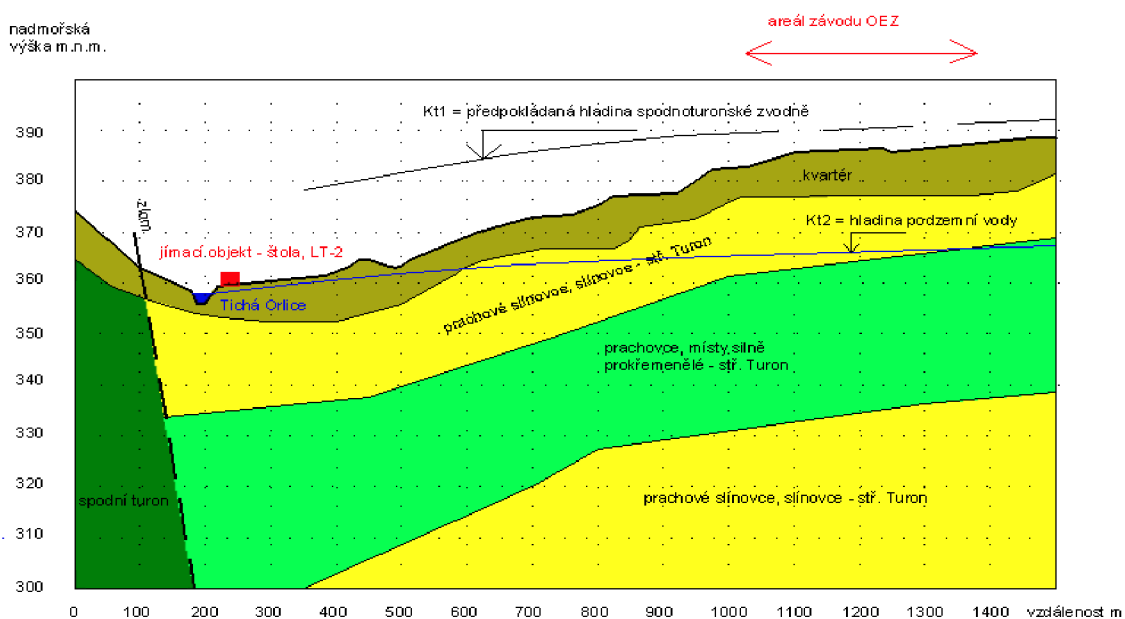
3.4 Součastné zdroje znečištění v Kyšperské synklinále

Hlavní bodové zdroje znečištění v Kyšperské synklinále:

Mezi tyto zdroje znečištění patří sídelní útvary s nevyhovující likvidací kanalizačních vod, skládky odpadů, objekty průmyslové nebo zemědělské výroby, sklady pro uložení látek nebezpečných podzemním vodám (čerpací stanice pohonných hmot, sklady chemických látek, apod.)

hlavní průmyslové areály znečišťující podzemní vody (viz obr.č.4.2) jsou v Letohradě (OEZ s r.o.), v Písečné bývala skládka OEZ, v Žamberku (ZEZ Silko, Rieter – Elitex, čerpací stanice)

zemědělská střediska živočišné výroby nacházejících se v následujících obcích: Kunčice u Letohradu, Orlice u Letohradu, Lukavice, Šedivec, Nekoř, Líšnice, Pastviny, Žamberk, Jablonné nad Orlicí, Kunvald (Šeda, Meissnerová; 2005)



Obr. č.2: Příčný geolog. řez synklinálou v Letohradě(Kubíková, Kozák, Gernt; 2004) [1].

4 Chlorované uhlovodíky (CI-U)

CI-U jsou organické sloučeniny u nichž je jeden či více na uhlík vázaných atomů nahrazeno atomy chloru. Jsou to vysoce toxické látky s vysokým oxidačním stupněm. Výroba chlorovaných uhlovodíků v průběhu 20. století dosahovala produkce tisíců tun nejrůznějších sloučenin a dodnes představuje řada těchto produktů velkou ekologickou zátěž pro naši planetu. Většina sloučenin byla v době svého objevu pokládána za prakticky neškodné a teprve po mnohaletém masovém používání se ukázalo, že jejich dlouhodobé působení v přírodě může mít katastrofální následky (www.priroda.cz; 2008).

4.1 Kongenery

4.1.1 Kongenery CI-U v areálu popisované lokality:

1,2 Dichlorethylen (DCE)

Jedná se o bezbarvou kapalinu charakteristického zápachu, málo rozpustnou ve vodě. Průmyslově je využíván jako rozpouštědlo. Vyskytuje se ve dvou formách (cis a trans). Jako kontaminant v podzemní vodě se často vyskytuje běžnější a nebezpečnější cis forma, většinou spolu s dalšími chlorovanými uhlovodíky. 1,2 DCE působí na centrální nervový systém. V minulosti byl používán jako anestetikum. Letální (smrtící) účinek pro člověka je 0,5g/kg tělesné váhy.

Trichlorethylen (TCE)

TCE je bezbarvá kapalina s toxickými účinky, ve vodě málo rozpustná. Je obvykle používán jako rozpouštědlo v chemických čistírnách oděvů a při průmyslovém odmašťování kovových výrobků. Je také součástí některých pesticidů. Při průmyslové činnosti často kontaminuje horninové prostředí, podzemní a povrchové vody. Při akutní expozici má při inhalaci nad 1500mg/m³ narkotické účinky. K bezvědomí u dospělých může dojít již při koncentraci 16mg/l vzduchu, čemuž odpovídá orální dávka 40 – 50ml TCE. Za letální dávku je obecně považována hodnota 7 g/kg tělesné váhy. TCE je rychle absorbován plicemi a distribuován do všech lidských tkání. Hromadí se v tukách. Vylučuje se z těla jedince močí a dechem. Působí na centrální nervový systém, poškozuje ledviny a játra.

Tetrachlorethylen – perchlorethylen (PCE)

Perchlorethylen je těžká bezbarvá kapalina s toxickými účinky, málo rozpustná ve vodě. V kapalném skupenství je 1,6 x těžší než voda a v plynném skupenství 5,7 x těžší než vzduch. PCE je používán jako rozpouštědlo v chemických čistírnách oděvů a na odmaštění kovů, je součástí některých pesticidů. Jeho využití postupně klesá. PCE je široce rozšířen v jednotlivých složkách životního prostředí a je nalézán ve stopovém množství ve vodě, vodních organismech, vzduchu i lidských tkáních. PCE v anaerobním prostředí v podzemní vodě může degradovat na více toxické sloučeniny včetně vinylchloridu. PCE je toxikologicky podobný jako trichlorethylen. Silně narkotický. Letální dávka pro člověka je 0,5g/kg tělesné váhy. PCE se vstřebává do kůže, kterou odtučňuje a tím ji činí suchou a zranitelnou vůči infekci. Akumuluje se v tukových tkáních, 10x více než ve svalstvu. PCE je z těla organismů vylučován močí a dechem. Působí zejména na centrální nervový systém. Intoxikace PCE se projevuje závratěmi, poruchami myšlení a řeči, nechutenstvím, zvracením. Dráždí nosní sliznice, hrdlo a oči. Poškozuje ledviny a játra (Kašpar, Vacek, Kubíčková a kol.; 1996).

4.2 Vlastnosti Cl-U

4.2.1 Fyzikálně – chemické vlastnosti

Nejdůležitějšími vlastnostmi chorovaných uhlovodíků jsou : těkavost, rozpustnost a lipofilní charakter.

Těkavost:

Tyto těkavé organické polutanty patří mezi látky s vysokým parciálním tlakem par. Pro snadnost přechodu sloučeniny z vodné fáze do plynné je významná Henryho konstanta vyjadřující poměr parciálního tlaku k rozpuštěné koncentraci látky ve vodě, tento vztah se také někdy vyjadřuje jako rozdělovací koeficient vzduch-voda. Čím je tato konstanta vyšší, tím větší je tendence sloučenin přecházet z roztoku do plynné fáze. Praktickým důsledkem je lepší stripovatelnost a ventovatelnost daného produktu. Halogenované těkavé uhlovodíky jsou obecně biologicky hůře odstranitelné než stejné sloučeniny nehalogenované. Navíc halogenované sloučeniny při spalování vyžadují složitou úpravu emisí.

V podzemí se tyto těkavé organické látky vyskytují ve čtyřech fázích:

- ❖ plynná;
- ❖ pevná, kde probíhá adsorpce na částice zeminy;
- ❖ vodní;
- ❖ volně vázaná, např. fáze kontaminantu na hladině spodní vody nebo dokonce na bázi zvodně.

Rozpustnost:

Rozpustnost chlorovaných uhlovodíků ve vodě se obecně zmenšuje s počtem vázaných atomů chloru. Rozpustnost alifatických chlorderivátů je větší než rozpustnost derivátů aromatických. Rychlost rozpouštění lze popsat kinetickým vztahem, který na základě hydraulických parametrů toku a koeficientů přestupu hmoty dovoluje tuto rychlost odhadnout. To se týká i rychlosti odvětrávání z vody, která kromě hydraulických parametrů závisí na tenzi par dané látky.

Lipofilní charakter:

Chlorované uhlovodíky patří do skupiny látek, které jsou schopny se hromadit v živočišné i lidské tukové tkáni, odkud jejich cesta často vede do vajec ptáků nebo mateřského mléka savců. Ve větších koncentracích mohou být příčinou vzniku nádorových onemocnění či vést ke zhoršené reprodukci.

Dále tyto polutanty podléhají adsorpci na tuhých fázích ve vodách, která se však projevuje především u emulgovaných forem. Sorpce je při odstraňování rozpuštěných forem poměrně malá s výjimkou vysokomolekulárních látek. Adsorpce se zvětšuje s rostoucí hodnotou rozdělovacího koeficientu oktanol-voda $\log K_{ow}$. Poněkud větší je adsorpce na sedimentech obsahujících organické podíly (huminové látky). Z toho vyplývá, že při odstraňování chlorovaných uhlovodíků s větší tenzí par z povrchových vod je nejdůležitější odvětrávání. Odstraňování adsorpcí se uplatňuje jen u velmi málo rozpustných látek s vysokými hodnotami $\log K_{ow}$ (např. u PCB) a na sedimentech s větším obsahem organického uhlíku. Některé pro sanaci významé vlastnosti vybraných Cl-U jsou shrnuty v tab.č. 2. (Pitter, 1999).

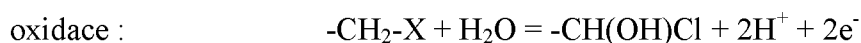
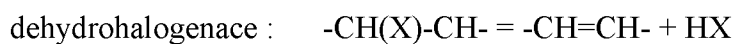
Sloučenina	Bod varu v °C	Rozpustnost v g/l (20°C)	Tenze par v kPa(20°C)	log Kow
Dichlormethan	39,6	16,7	47	1,25
Trichlormethan	61,2	7,3	21	1,65
Tetrachlormethan	76,6	1,16	12	2,1
Monochlorethan	12,3	4,5	133	1,34
1,1-dichlorethan	57,3	5,1	25	1,5
1,2-dichlorethan	83,5	8,7	11,3	1,8
1,1,1-trichlorethan	74,1	4,4	12,8	2
1,1,2-trichlorethan	113,8	4,5	2,23	2,07
1,1,1,2-tetrachlorethan	130,2	1,1	1,3	x
1,1,2,2-tetrachlorethan	145,1	2,9	0,65	2,66
Pentachlorethan	159,9	0,05	0,4	3
Hexachlorethan	184,6	0,05	1,2	3,4
1,2-dichlorethen(cis)	60,3	3	20,5	1,85
Trichlorethen	86,9	1,1	8	1,95
Terachlorethen	121,2	0,1	1,9	2,3
1,2-dichlorpropan	96,4	2,8	5,4	2,02
Trichlorfluormethan	23,7	1,1	88,5	1,5
Chlorbenzen	132	0,5	1,17	2,4
1,2-dichlorbenzen	180,5	0,26	0,17 (25°C)	3,5
1,3-dichlorbenzen	173	0,11	0,25 (25°C)	3,5
1,4-dichlorbenzen	174,5	0,1	0,24 (25°C)	3,38
1,2,4-trichlorbenzen	212	0,05	0,13 (40°C)	4,05
1,3,5-trichlorbenzen	208	0,006	0,1	4,5

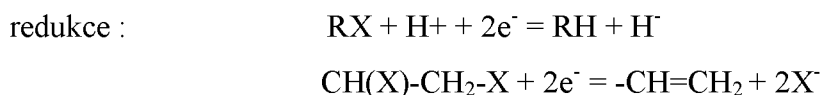
Tab. č.2: Fyzikálně-chemické vlastnosti vybraných Cl-U (Kubíková, Kozák, Gernt; 2004) [1].

4.2.2 Chemické vlastnosti

Z chemického hlediska je většina chlorovaných uhlovodíků značně chemicky stálá. Ve vodách, sedimentech a půdě může však probíhat řada abiotických a biotických dehalogenačních reakcí.

Tyto reakce lze znázornit (X je halogen) :





Ačkoliv abiotické transformace probíhají ve vodách poměrně pomalu, mohou být významné ve stagnujících vodách. Rychlosti závisejí na struktuře sloučeniny a na počtu atomů chloru v molekule. Poločasy abiotických transformací se pohybují od několika dní až do mnoha let (Pitter; 1999).

4.2.3 Biologické vlastnosti

Bioakumulace

Bioakumulace závisí na hodnotě log K_{OW} a na obsahu tuku ve tkáni daného organismu. Čím je hodnota log K_{OW} a obsah tuku v organismu větší, tím se zvětšuje i hodnota bioakumulačního koeficientu. U Cl-U se může projevit přímá toxicita, karcinogenita, mutagenita, hepatotoxicita, neurotoxicita či genotoxicita.

Obecně lze halogenované uhlovodíky z toxikologického hlediska rozdělit do šesti skupin, kdy **rozlišujeme látky**:

- ❖ bez výrazného hepatotoxického účinku, avšak často s výrazným narkotickým účinkem (př. dichlormethan, chlorethan, chlorbenzen);
- ❖ s výrazným hepatotoxickým účinkem (př. trichlormethan, 1,2-dichlorethan, PCB, chlornaftaleny);
- ❖ převážně s neurotickým účinkem (př. brommethan, dibrommethan, chlormethan);
- ❖ s výrazným místním dráždivým účinkem (př. benzylchlorid, benzylbromid);
- ❖ s působícím celkově toxicky a dráždivým účinkem na centrální nervový systém (př. hexachlorbenzen, hexachlorcyklohexan, DDT);
- ❖ karcinogenní nebo potenciálně karcinogenní (př. chlorethen, trichlormethan).

Degradace a migrace

Z biologického hlediska má většina organických chlorderivátů negativní účinky. Vzhledem ke své kumulační schopnosti a chemické a biologické stabilitě se mohou hromadit v sedimentech, půdě, biomase vodních organismů a tukových tkáních a kontaminovat tak potravní řetězec. Naakumulované chlorované uhlovodíky negativně ovlivňují transport (šíření) draslíku, sodíku a hořčíku přes membránu nervových vláken, poškozují reprodukční orgány, způsobují nádorová onemocnění a podobně (Šimek; 2004).

Zvláštnosti migrace:

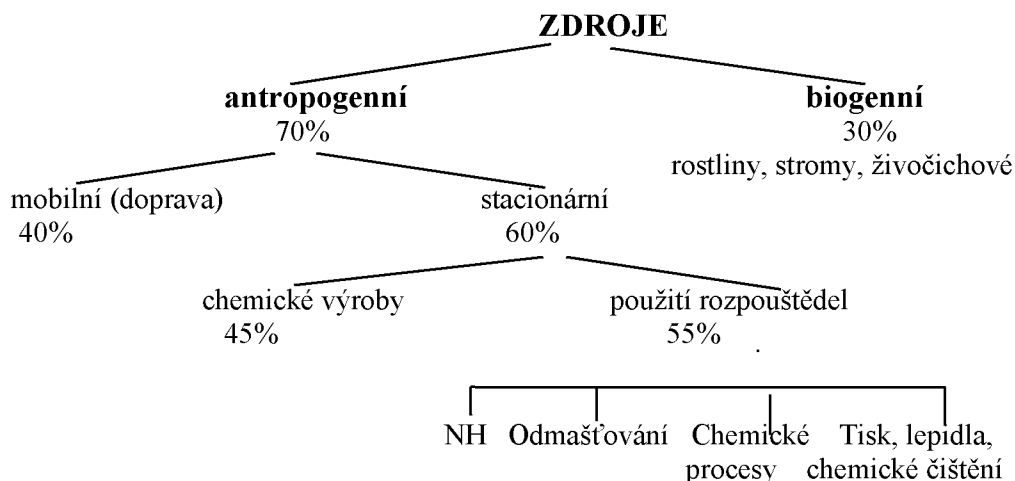
Chlorované uhlovodíky mají vyšší specifickou hmotnost než voda (1300 – 1600 kg/m³) a mohou tedy migrovat vertikálně až k bázi zvodněného kolektoru. Suchou porézní horninou pronikají dvakrát rychleji než voda a díky těkavosti snadno přestupují do půdního vzduchu a ovzduší.

Rychlost migrace Cl-U nesaturovanou zónou a zvodněným prostředím závisí nepřímo úměrně především na sorpčních procesech, které lze očekávat v zeminách obohacených humusem a v redukčním prostředí podzemních vod. V průběhu transportu nelze očekávat významnou biodegradaci Cl-U, dochází pouze k rozkladu na chlorované etheny (Kubíková, Kozák, Gernt; 2004) [1].

4.3 Zdroje Cl-U

Do ovzduší se dostávají z řady průmyslových zdrojů jako jsou elektrárny, teplárny, spalovny, ale také z domácích topenišť, dopravy, používání zemědělských postřiků, vypařování z vodních ploch, půdy či skládek odpadů. V ovzduší pak mohou být přítomny v podobě par nebo jsou vázány na povrch tuhých (prachových) částic (částice půdy, vodního sedimentu, popílku). Z ovzduší se dostávají na zemský povrch buď usazováním poléťavého prachu (suchou depozicí) nebo deštěm, který pohlcuje látky přítomné v plynné fázi a strhává tuhé částice (mokrú depozice).

Půda je těmito látkami znečišťována především v důsledku aplikací pesticidů v zemědělství, dále pak suchou a mokrou depozicí z atmosféry. Dalším zdrojem znečišťování půd mohou být i zavlažování, použití kalů z čistíren odpadních vod v zemědělství, úniky z uložišť popílku, skládek apod. Cl-U se poměrně silně vážou na půdní organickou hmotu, a to tím více, čím je půda bohatší na humus. Proto se mohou dostat průsakem půdních vrstev i do podzemních vod. Odbourávání Cl-U v půdách způsobují hlavně mikroorganismy, částečně jsou odnášeny větrem z povrchu, mohou se z půdy vypařovat, na povrchu půdy může docházet k rozkladu slunečním zářením, mohou být splachovány dešťovou vodou a v menší míře i přijímány vegetací. Dnes je již veškerá výroba či používání těchto organických látek zakázána. V obr.č.3 uvádím všeobecný přehled zdrojů chlorovaných uhlovodíků (Richter, Söhnel; 1999).



Obr. č.3: Přehledné schéma používaných CI-U (Richter, Söhnel; 1999).

4.4 Sanační technologie

Výběr vhodné sanační technologie je nejdůležitější proces v celé sanaci, který zásadním způsobem ovlivní průběh a výsledky sanačního zásahu. Nejčastěji jsou užívány sanační metody fyzikálně-chemické nebo biologické, přičemž právě biologické metody přinášejí řadu výhod, např. velkou flexibilitu biologických systémů, možnost provádění technologie in-situ a v neposlední řadě nízkou cenu.

K odstranění chlorovaných uhlovodíků jsou nejčastěji používány následující sanační metody:

- ❖ biologické: biodegradace
- ❖ fyzikálně – chemické: vodní extrakce
 - vzdušná extrakce- stripování, venting, air-sparging
 - dechlorace s využitím nanoželeza

4.4.1 Biodegradace

Biodegradace (biologický rozklad) je biologický postup degradace organického znečištění na speciálních biodegradačních plochách za aerobních podmínek. V podstatě dochází k rozkladu komplexních organických chemických sloučenin na jednodušší anorganické sloučeniny uhlíku, dusíku, fosforu, síry a jiných prvků obsažených v původní kontaminující organické látce. Technologie využívá degradační aktivity bakterií a nemá nepříznivý dopad na životní prostředí, protože při jejím uplatnění nevznikají žádné

druhotné odpady. Materiál po vyčištění lze použít na rekultivace, terénní úpravy apod. (www.clu-in.org; 2008).

4.4.1.1 Biodegradace in-situ

Touto metodou je řešena problematika dočištění saturované zóny kontaminované biologicky rozložitelnými kontaminanty. Vychází z technologie pump&treat zakomponováním biologického činitele do této klasické technologie. Pro efektivnost metody a správný průběh biodegradačního procesu je nutno vytvořit optimální podmínky v saturované zóně horninového prostředí. Využívá se biodegradační aktivita mikroflóry a provzdušňování čerpané vody a její obohacení o nedostatkové nutrienty (dusík a fosfor). Jádrem technologie biodegradace in-situ je založeno na čerpání a zpětném zasakování podzemní vody. Podzemní voda recirkuluje systémem: čerpané vrty - aerační nádrž s dávkováním nutrientů (eventuelně bioreaktor) - zasakovací vrty nebo rýhy - kontaminovaná zóna - čerpané vrty.

Základní faktory ovlivňující efektivnost biodegradace saturované zóny in-situ jsou biologická rozložitelnost kontaminantu, koncentrace kontaminantu, propustnost horninového prostředí, homogenita/heterogenita, dostatečná koncentrace mikroflóry s biodegradačním potenciálem, dostatek akceptorů elektronů, přítomnost nutrientů, sorpční kapacita zemin a obsah organického uhlíku.

4.4.1.2 Biodegradace ex-situ

Metoda využívá biochemické degradace rozložitelných kontaminantů u mělce uložených a dostupných ohnisek kontaminace nebo v případech málo propustného a heterogenního prostředí, kdy je před zahájením dekontaminace materiál odtěžen a přemístěn na vhodné místo „biopole, dekontaminační plocha“. Princip metody je založen na relativně rychlém procesu biologického rozkladu s možností změny charakteru zeminy a optimální distribuce bakteriálního preparátu, nutrientů a kyslíku. Dekontaminační zásah je vždy realizován v prostoru zabezpečeném proti průsaku a odtoku znečištěné vody a má oficiální statut „biopole“. Po úpravě zeminy je případně provedena inokulace rozstříkem bakteriální suspenze z bioreaktoru. Dodávka kyslíku je zajištěna obracením, přesypáním, kultivací, kypřením či nucenou aerací půdy. V průběhu degradačního procesu je udržována optimální vlhkost zeminy a případně provedena redistribuce živin. Základní faktory ovlivňující efektivnost biodegradace ex-situ jsou biologická rozložitelnost kontaminantu, koncentrace kontaminantu, propustnost, dostatečná aerace, teplota, míra homogenizace,

dostatečná koncentrace mikroflóry s biodegradačním potenciálem, vlhkost, přítomnost nutrientů, sorpční kapacita zemin a obsah organického uhlíku. (Demnerová, Pazlarová, Pazlar; 2000).

4.4.2 Vodní extrakce

Zmíněná metoda je založená na čerpání podzemních kontaminovaných vod na povrch soustavou čerpacích vrtů. Vyčerpaná voda je čištěna a vracena zpět přes zasakovací zářezy a vrty. Metoda je vhodná, je-li kontaminant v podzemní vodě již přítomný v takové koncentraci, aby odčerpáváním vody docházelo k významnému snižování jeho celkového množství. Je-li kontaminant silně vázán na zeminu nebo horninové prostředí a pro jeho převedení do podzemní vody je zapotřebí jej z této tuhé matrice nejprve uvolnit, je sanační technika zpravidla označována v závislosti na tomto způsobu uvolnění.

Metoda je finančně i časově velmi náročná, neboť vyžaduje náročný hydrogeologický průzkum sanované lokality a kontaminace může být neustále dotována promýváním nesanovaných horninových vrstev dešťovou vodou.

Technika sanačního čerpání probíhá v následujících krocích:

- ❖ odstranění nebo eliminace zdroje znečištění
- ❖ instalace čerpacího systému umožňujícího odvádění podzemní vody na povrch a její následné
- ❖ čištění, případná instalace nepropustných podpovrchových bariér udržujících kontaminovanou vodu v omezeném prostoru
- ❖ odčerpávání volného kontaminantu koncentrovaného na hladině podzemní vody nebo rozpuštěného v podzemní vodě
- ❖ případné dočištění s pomocí jiné sanační techniky

(www.g-servis.cz; 2008)

4.4.3 Vzdušná extrakce

K odstraňování těkavých organických látek z půdního vzduchu / odpadních plynů pomocí vzdušné extrakce se využívají především sorpční filtry, biofiltry a katalytické spalovny. V rámci sanací kontaminovaných lokalit se jedná o čištění půdního vzduchu ventingovým (příp. bioventingovým) systémem.

4.4.3.1 Stripování

Metoda stripování, nebo-li intenzivní aerace je vhodná a často využívána při čištění čerpaných podzemních vod kontaminovaných těkavými látkami (CI-U, NEL, lehké frakce ropných látek). Těkavé látky jsou z kapaliny odháněny proudem procházejícího plynu (vzduchu). Kontaminant je tak převedený do plynné fáze a je zachytáván na filtru s aktivním uhlím nebo pomocí biofiltru. Celý tento proces probíhá ve stripovacích věžích, kde dochází ke kontaktu mezi kapalnou a plynnou fází.

4.4.3.2 Ventování (venting)

Ventováním je rozuměno řízené odvětrávání nesaturované zóny. Jedná se o široce používanou sanační technologii, založenou na odsávání vzduchu z kontaminované zeminy nebo horninového materiálu.

Je velmi vhodná pro odstraňování CI-U i jiných těkavých a některých semitěkavých látek z nesaturované zóny. Použitelnost ventingu primárně závisí na charakteristikách zeminy (propustnost vzduchu, textura, obsah vody, homogenita) a na charakteristikách kontaminantu (Henryho konstanta, tlak nasycených par, rozpustnost ve vodě, sorpční a rozdělovací konstanty).

Sanace ventingem může být provedena způsobem in-situ nebo ex-situ. Modifikacemi jsou potom technologie označované jako bioventing a air-sparging.

Ventování in-situ:

Ventování in-situ je z hlediska těkavých látek nejčastěji využíván. Na kontaminované lokalitě se vyhloubí systém vertikálních (méně často horizontálních - při mělké kontaminaci) odsávacích vrtů, ze kterých je odčerpáván vzduch více či méně nasycený kontaminujícími látkami. Odtahovaný vzduch je na povrchu čištěn tak, aby jeho následné vypouštění do atmosféry bylo v souladu s příslušnými limity. Běžnými způsoby čištění jsou sorpce na aktivním uhlí (při nízkém obsahu kontaminantů) a katalytické spalování (při vysokém obsahu kontaminantů). Vzduch odváděný z vrtů přichází nejprve do mechanického odlučovače vlhkosti, jehož úkolem je ochránit sorpční materiál před zvlhčením nebo zamezit vstupu vlhkosti do spalovací komory. Za odlučovačem vlhkosti bývá někdy umístěn tepelný výměník, jehož úkolem je zabránit provozním problémům, které by mohly vyplývat z nízkých teplot. Poté je vzduch přiváděn do kolony s aktivním uhlím (případně jiným sorbentem) nebo je katalyticky spalován. V případě aktivního uhlí

je na výstupu z kolony periodicky sledována kvalita vyčištěného vzduchu a tím i funkčnost sorbentu. Základní výhodou oproti ex-situ uspořádání je možnost sanace bez finančně náročného vytěžení a transportu kontaminovaného materiálu. Základní nevýhodou ve srovnání s ex-situ uspořádáním je podstatně horší možnost kontroly celého procesu a praktické vyloučení případné předúpravy kontaminovaného materiálu.

Ventování ex-situ

Ventování ex situ je technologie rovněž vyvinutá do provozního měřítka, i když její použití není v České republice tak časté jako u ventingu v in-situ variantě. Při ex-situ ventingu je vytěžená zemina umístěna na nadzemní síť potrubí napojeného na čerpadla kterými je odsáván vzduch, přičemž mechanismus sanace je obdobný jako u in-situ uspořádání. Vlastní sanace je obvykle prováděna na zabezpečené ploše. Součástí sanačního systému je rovněž zařízení pro čištění odsávaného vzduchu. Předností ex situ uspořádání před in situ provedením této technologie je zejména to, že při odtěžení se vytváří nová poréznější struktura zeminy, proces není omezován přítomností podzemní vody, umožňuje odběr průsaků a celý sanační proces ošetření probíhá lépe kontrolovatelným a snadno monitorovatelným způsobem. Při ex-situ uspořádání bývá běžná předúprava kontaminované zeminy, takže vliv heterogenní struktury není zdaleka tak významný jako v in-situ variantě. Ex situ uspořádání je použitelné pro stejné skupiny látek jako in situ technologie. Nevýhodou ex-situ uspořádání je potřeba zabezpečené sanační plochy, riziko ohrožení zdraví a bezpečnosti pracovníků při odtěžení a transportu zeminy (vzdušné emise, kontakt pokožky s kontaminovaným materiálem) a následně tedy i výrazně vyšší finanční náročnost. (www.vscht.cz; 2008)

4.4.3.3 Air-sparging

Technika air-spargingu je k odstraňování těkavých nebo semitěkavých kontaminantů ze saturované i nesaturované zóny rovněž vhodná. Princip této techniky spočívá ve vhánění vzduchu pod hladinu podzemní vody, stripování kontaminantů do nesaturované zóny a jejich následnému odvádění prostřednictvím odsávacích vrtů. Obvyklý systém ventovacích vrtů je tedy v tomto případě doplněn o určitý počet vrtů vtlačovacích. Zpracování odváděného vzduchu na povrchu je potom v zásadě stejné jako u klasického ventování. Technika air-spargingu je tedy vhodná v případě lokalit, na kterých je kontaminace těkavými nebo semitěkavými látkami rozšířena jak na nesaturovanou, tak i saturovanou zónu.

Základními faktory, které určují efektivnost modifikace ventingu jsou:

fyzikálně-chemické vlastnosti kontaminantu, propustnost vzduchu v kontaminované zemině nebo horninovém materiálu, teplota půdního vzduchu, vlhkost zeminy, koncentrace znečištění, heterogenita/homogenita prostředí, přítomnost puklin a propustných zón, sorpční kapacita zeminy, hladina podzemní vody, správné rozmístění vrtů (Kubal, Burkhard, Březina; 2002).

4.4.4 Dechlorace s využitím nanoželeza

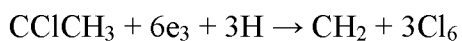
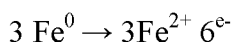
K odloučení Cl-U je používá rovněž i tato metoda. Patří mezi reduktivní technologie in-situ a spočívá v aplikaci nanoželeza do horninového prostředí za účelem dekontaminace. Laboratorně byla prokázána dostatečná účinnost metody pro více než 80 typů kontaminantů. Je využíváno zvyšující se reaktivity migrační schopnosti částic se zmenšující se jejich velikostí.

V případě použití nanočástic umožňuje jejich extrémně malý rozměr migraci horninovým prostředím spolu s podzemní vodou a jejich velký aktivní povrch má vysokou reaktivitu. Patří mezi jednu z nejnovějších sanačních metod.

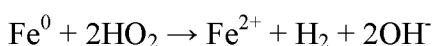
V systémech kolektorů podzemní vody je částice elementárního kovu čistě redukční činidlo. Korozi železa jsou produkovány železné ionty a vodík, které jsou redukčními činidly vzhledem k řadě přítomných kontaminantů.

V případě chlorovaných uhlovodíků **probíhají v horninovém prostředí při degradaci souběžně 4 procesy:**

1) Železo působí jako redukční činidlo tím, že dodává elektrony přímo z jeho povrchu adsorbovaným kontaminantům (chlorovaným uhlovodíkům):

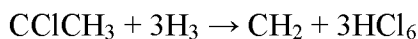


2) Plynný vodík je produkován při anaerobní korozi železa vodou:

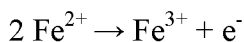


3) Kovové železo působí jako katalyzátor při reakci vodíku s kontaminantem, s využitím vodíku produkovaného na povrchu elementárního železa dle předchozí reakce. Teoreticky není tato reakce účinná bez přítomnosti katalyzátoru (předpokládá se, že při

absenci katalyzátoru mohou jako katalyzátor působit i nečistoty či vady na povrchu železa):

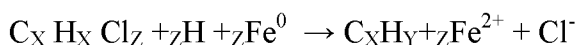


4) Rozpuštěné železné ionty mohou rovněž působit jako redukční činidlo:



Ve většině systémů a podmínkách podzemní vody hraje hydrogenace minoritní úlohu a v konečném důsledku bude povrch železa z větší části pokryt sraženinami oxidů či karbonátů a dalších látek.

Z hlediska přítomných kontaminantů slouží kontaminant jako akceptor elektronu a elementární železo jako donor elektronu. V případě Cl-U **lze napsat zobecněnou rovnici:**



Železo v této rovnici dává elektron, funguje jako činidlo a odstraňuje atomy chloru a molekul chlorovaných uhlovodíků. Rychlost reakcí závisí na počtu dostupných elektronů. Se snižující se reaktivitou nanočástic během jejich působení v horninovém prostředí může docházet v případě chlorovaných etylenů k postupnému rozkladu:



Při aplikaci nanočástic do sanačních vrtů jich část ulpí na horninovém prostředí a část migruje s vodou a sanuje tak oblast okolo vrtu ve směru proudění podzemní vody. Nanočástice tak fungují dvojím způsobem, jednak migrují s vodou a sanují tak postupně celý objem horninového prostředí, který je v kontaktu s injektovaným činidlem a za další dochází k dekontaminaci vody, protékající oblastí ovlivněnou injektovaným činidlem. (Bláha, Kačabová, Topinka; 2007)

5 OEZ s.r.o. – Orlické energetické závody

Společnost OEZ s.r.o. se nachází v podhůří Orlických hor , ve městě Letohrad (město do roku 1950 neslo název Kyšperk), v blízkosti řeky Tichá Orlice.

Tato společnost působí na elektrotechnickém trhu již bezmála sedmdesát let. Byla založena privatizací výrobní části OEZ Letohrad s.p. 9. července 1993. Je největším českým výrobcem a obchodním partnerem v oblasti silnoproudé elektrotechniky v České a Slovenské republice s významným postavením na trhu.

Produktový program společnosti se zaměřuje na přístroje pro domovní rozvody, kompaktní a vzduchové jističe, pojistkové systémy a rozváděčové skříně. Výrobky OEZ nacházejí uplatnění v energetice, průmyslu, infrastruktuře i bytové výstavbě. Dynamický růst firmy mimo jiné odráží výše tržeb, které v roce 1994 dosáhly 519 miliónů korun a v současnosti jsou více než dvojnásobné, z toho export činí téměř 40% (www.cz-industry.cz; 2008)

5.1 Historie

Rok	Popis
1941	Počátek založení firmy, tehdy pod názvem Elektrotechnické závody
1949	Počátek výstavby závodu v místech současného sídla společnosti
1952	V názvu firmy se poprvé objevili tři písmena OEZ -Orlické elektrotechnické závody
1993	Privatizací výrobní části OEZ Letohrad s. p. vzniká společnost OEZ Letohrad s.r.o.
1995	Založena dceřiná společnost OEZ Slovakia, spol. s r.o. pro výhradní prodej výrobků na slovenském trhu
1997	Založena OEZ International a.s., Praha jako výhradní zástupce OEZ Letohrad s.r.o. pro zahraniční obchod
2001	Změněn název společnosti z OEZ Letohrad s.r.o. na OEZ s.r.o. - založení společností OEZ Deutschland GmbH
2002	Vstup do společností Zkušebnictví, a.s. a Elektrorozvaděče, s.r.o. - představení OEZ Group
2003	V Polsku, na Ukrajině a v Rusku jsou založeny dceřiné společnosti OEZ s.r.o.
2004	Otevřena nová administrativní budova a školící centrum
2005	Založena OEZ EM s.r.o., doplněna informačním systémem na bázi ORACLE EBS.
2006	Vstup prostřednictvím OEZ EM s.r.o. do elektrodivize NH Zábřeh, a.s.; dále je založen nadační fond BUDOUCNOST pro podporu studentů technických oborů
2007	Podepsání smlouvy se strategickým partnerem - skupinou Siemens

Tab. č.3: Shrnutí historie OEZ s.r.o. (Adamec, Dolek, Faltus a kol;2001).

5.2 Certifikace

Společnost OEZ s.r.o. dosáhla v roce 2001, jako vůbec první firma v České republice, certifikace integrovaného systému managementu řízení. Sdružení pro certifikaci systémů jakosti v České republice CQS udělilo společnosti OEZ s.r.o. „Zlatý certifikát“, který dokládá úspěšné zavedení systémů řízení kvality a jakosti, environmentálního managementu a bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

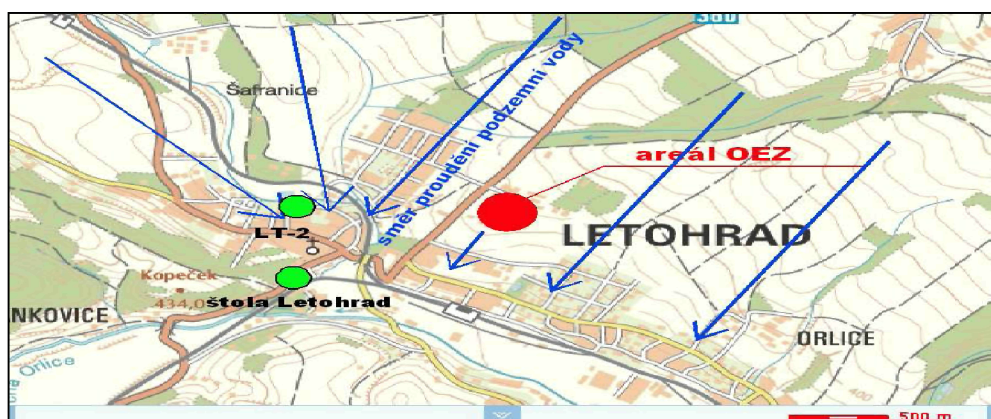
Prodej výrobků v tuzemsku a zahraničí významnou měrou podporují certifikáty od nezávislých akreditovaných laboratoří v České republice, v Německu, na Slovensku, ve Velké Británii, v Rusku či na Ukrajině (Adamec, Dolek, Faltus a kol; 2001).

5.3 OEZ s.r.o. – hlavní závod

V této práci se věnuji hlavnímu závodu OEZ Letohrad, jenž se zabývá projektem sanace nesaturované zóny a podzemních vod.



Obr. č.3: Areál OEZ Letohrad (Pilný; 2007)



Obr. č.4: Poloha areálu OEZ v Letohradě (Pilný; 2007)

5.3.1 Zdroje znečištění

V areálu závodu bylo ověřeno několik samostatných ohnisek kontaminace nesaturované zóny a podzemních vod chlorovanými uhlovodíky, které zde byly dříve používány jako odmašťovací média. K intenzivním dotacím docházelo v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století. Proces odmašťování v parách CI-U byl v průběhu první poloviny devadesátých let nahrazen ekologicky nezávadnými odmašťovacími technologiemi. Primární zdroje znečištění kontaminace tak byly v areálu odstraněny a k nové dotaci chlorovanými uhlovodíky zhruba od roku 1994 nedochází.

V areálu závodu se nacházejí **následující ohniska kontaminace** nesaturované zóny a podzemních vod CI-U :

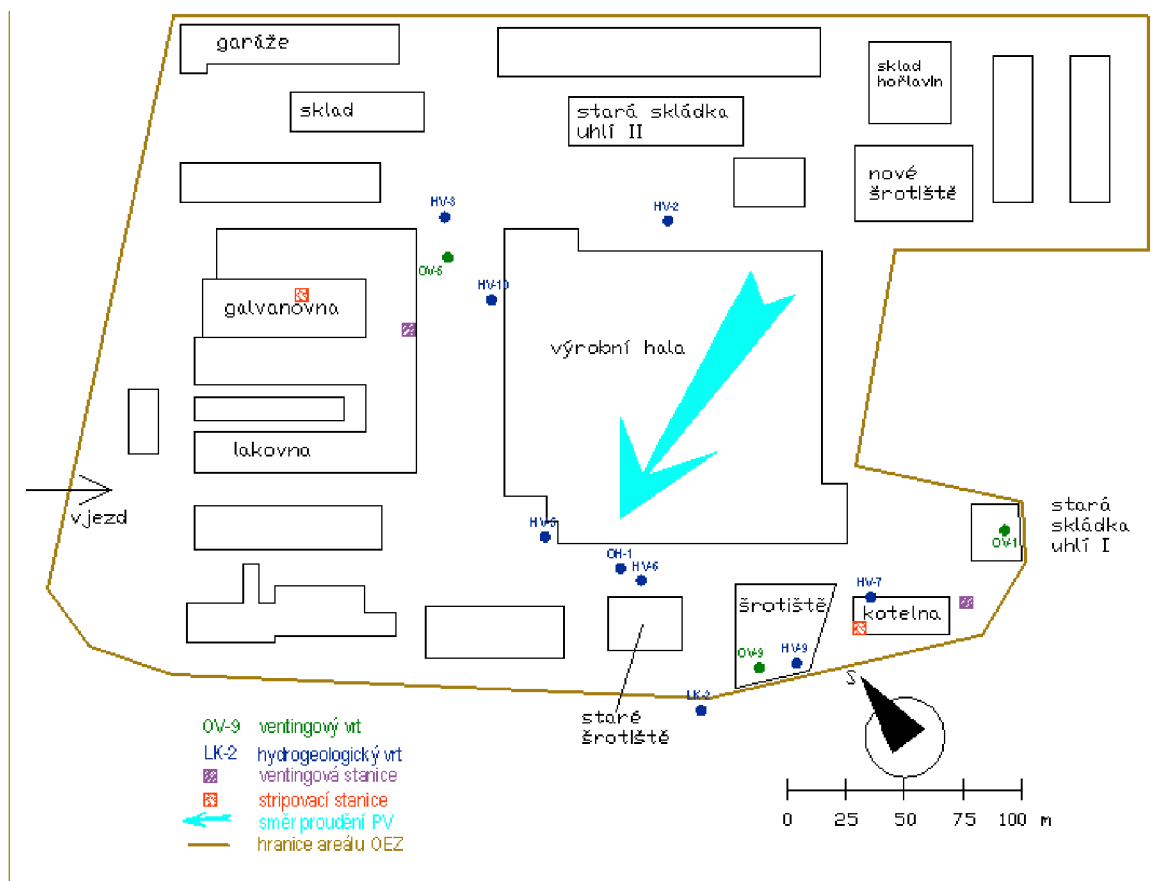
1) Bývalá skládka uhlí I – v tomto ohnisku byly dlouhodobě likvidovány CI-U vyléváním na uhlí. Část CI-U byla vázána na uhlí, spalována a uvolňována do ovzduší, zbylá část se dostala do horninového prostředí, kde je kontaminace vázána na nesaturovanou zónu v hloubkách 5–10m.p.t., což odpovídá přechodu kvartérních sedimentů do podložních střednoturonských slínovců. Podzemní vody nejsou kontaminací CIU výrazně zasaženy. Koncentrace CI-U jsou dokladovány výsledky analýz z vrtů **OV-1A** a **HV- 7**;

2) Bývalá skládka uhlí II – ohnisko kontaminace nesaturované zóny, kde byly v minulosti likvidovány CI-U vyléváním na uhlí. Na rozdíl od skládky uhlí I byla tato skládka uhlí zastřešena, čímž byl transport znečištění v podloží omezen. koncentrace CI-U jsou dokladovány výsledky analýz z vrtu **HV- 2**;

3) Šrotiště – v prostoru šrotiště byly CI-U bez zabezpečení a docházelo tak v minulosti k nekontrolovatelným únikům těchto látek do podloží při manipulaci a dočasném skládkování s odmašťovací lázní. koncentrace CI-U jsou dokladovány výsledky analýz z vrtů **HV- 9**, **OV- 9** a **LK- 2**;

4) Lakovna a odmašťovna – CI-U byly v této hale používány pro odmaštění elektrotechnických součástí. Kontaminace je vázána na vnitřní prostor objektu, kde docházelo k úniku závadných látek do prostředí při výrobě. Za zdroje úniků byly považovány jednak průsaky do podloží, tak i emise do ovzduší prostřednictvím výdechů z odsávání. Jedná se o zastavěnou oblast, je eliminována možnost vymílání polutantů srážkovou vodou. Koncentrace CI-U jsou dokladovány výsledky analýz z vrtů **HV- 5**, **OH- 1** a **HV- 6**;

5) **Galvanovna** – nevyhovující skladování CI-U v prostoru před výrobním objektem, kontaminace je vázána především na prostor před vstupem do výrobního objektu, kde byly v minulosti skladovány sudy s CI-U. Zde docházelo k manipulaci s těmito látkami a k častým únikům malých množství do podloží. Koncentrace CI-U jsou dokladovány výsledky analýz z vrtů **HV- 3, OV- 5 a HV- 10**. (Kubíková, Kozák, Gernt; 2004) [1].



Obr.č. 5: Ohniska znečištění s vyznačenými vrtů (Kubíková, Kozák, Gernt; 2004) [1]

5.3.2 Nápravná opatření

Omezený rozsah průzkumných a sanačních prací byl na lokalitě prováděn ještě před uzavřením ekologické smlouvy nabyvatele s FNM (fondem národního majetku ČR) v letech 1992 až b1994.

ČIŽP uložila dne 30.12.1996 pod č.j. 5/OVHK/421/96/Pi–O 23/96 pro tuto lokalitu rozhodnutí o nápravném opatření spočívající v následujících krocích:

- ❖ odstranit znečištění nesaturované zóny v ohniscích znečištění, sanaci ukončit po snížení koncentrace Cl-U pod 10 mg/m³;
- ❖ pokračovat v sanaci nejvíce znečištěných ohnisek znečištění;
- ❖ sanaci podzemních vod v ohniscích znečištění ukončit nestoupne-li koncentrace sumárních Cl-U po dvou letech monitoringu v následujících objektech nad hodnoty 500µg/l.

K intenzivním dotacím docházelo především v sedmdesátých a osmdesátých letech. Jak již výše uvádím, používání Cl-U bylo ukončeno v roce 1994. Od té doby nedochází k dalším dotacím Cl-U do prostředí. V rámci realizace nápravných opatření lze sanační práce rozdělit do tří následujících etap:

- 1) úvodní průzkum dokumentující v základních rysech kontaminaci středněturonské zvodně, průzkum byl realizován sanačním čerpáním v letech 1992 – 1994;
- 2) průzkumné a sanační práce a omezený rozsah sanačních prací, které byly realizovány do doby schválení prováděcího projektu sanace nesaturované zóny a podzemních vod, byly zahájeny v říjnu 1996;
- 3) sanační práce dle prováděcího projektu sanace trvaly od října 1996 až do roku 2003.

Po dobu sanačních prací byla na vybraných lokách a v jejich okolí vytvořena síť indikačně sanačních vrtů (Halamová, Kozák, Gernt; 2006).

5.3.2.2 Přerušování sanačních prací, důvody a následné náhradní opatření

Od konce roku 2003 byly sanační práce přerušeny až do roku 2005.

Hlavním důvodem byly nepříznivé klimatické podmínky. Další příčinou byl nedostatek finančních prostředků, díky kterým byly sanace uskutečňovány. Tento problém byl po dvouleté odmlce vyřešen a na základě schváleného nového projektu v roce 2005 byly od začátku roku 2006 sanační práce opět zahájeny.

Výše zmíněný projekt technických a sanačních prací byl 21. května 2004 přijat na období od roku 2005 – 2015, zahrnuje i postsanační monitoring jakosti vod. Projekt obsahuje:

1) Projektovou přípravu, v rámci které byl zpracován stavební projekt úpravy ploch v rozsahu potřebném pro vydání stavebního povolení. Stavební práce byly zahájeny po rozhodnutí příslušného stavebního úřadu.

2) Stavební práce zahrnují:

- ❖ nepropustnou úpravu povrchů v ohniscích skládka uhlí I, galvanovna, šrotiště;
- ❖ odvodnění těchto ploch po obvodu a svedení vod do dešťové kanalizace;
- ❖ přeložky a obnova vedení v rámci provádění technických úprav ploch;
- ❖ technické úpravy zhlaví vrtů a provedení rozvodů od vrtů výhradně jako podzemních rozvodů, napojení na sanační stanice, obnova sanačních stanic.

Stavební práce byly zahájeny na podzim 2005. V souvislosti s tím bylo přerušeno sanační čerpání a byla provedena demontáž sanačních rozvodů a sanačních stanic. Vzhledem k nepříznivým klimatickým podmínkám byly stavební práce ještě na podzim přerušeny a jejich zahájení na jaře 2006 bylo zpožděno z důvodů sněhové pokrývky a tání. Do července 2006 bylo dokončeno budování nepropustných povrchů ve všech projektovaných prostorech včetně odvodnění zpevněných ploch, přeložení vedení a instalace sanačních rozvodů. Provoz sanačních stanic byl obnoven.

3) Sanační čerpání, jenž bude probíhat intervalově v závislosti na aktuálním vývoji koncentrací Cl-U v podzemní vodě a to v ohniscích šrotiště a galvanovna. V případě, že by v ohnisku skládka uhlí I byl zaznamenán nárůst koncentrací Cl-U v podzemní vodě nad 1500 μ g/l, bude tento vrt rovněž zahrnut do čerpání.

V průběhu realizace stavebních prací bylo sanační čerpání přerušeno. Kvalita podzemních vod po dobu odstávky byla sledována pravidelným monitoringem. Odběr vzorků podzemních vod byl prováděn na sanačních a vybraných monitorovacích objektech.

4) Provoz ventování. Ventování je projektováno v ohnisku galvanovna na stávající ventovací stanici s tím, že jako ventovací vrty bude využit objekt OV 5 a kombinované vrty HV 3, HV 10. Předpokládaná doba provozu v průběhu roku je 9 měsíců. V ohnisku šrotiště a skládky uhlí i se dlouhodobější ventování nepředpokládá

5) Monitoring v průběhu sanace a po jejím ukončení. Jakost podzemních vod bude monitorována pomocí vrtů pravidelně v intervalu 1 x za měsíc. Rozsah monitoringu jakosti vod a půdního vzduchu specifikují v příloze v tabulkách.

6) Sled, řízení, vyhodnocení prací.

Průběh sanačních prací bude průběžně dokumentován a vyhodnocován. Výsledky budou hodnoceny v ročních zprávách. Po ukončení projektované doby sanace bude zpracována závěrečná zpráva. Navrhovaná doba sanace je deset let s následným postsanačním monitoringem po dobu tří let (Kubíková, Kozák, Gernt; 2004)[2].

5.3.3 Sanační metody používané v areálu OEZ

5.3.3.1 Monitorování (monitoring)

Pomocí monitorovacích vrtů je dokumentována kontaminace nenasycené zóny a podzemních vod chlorovanými uhlovodíky. V omezeném rozsahu byl na této lokalitě prováděn průzkum už od roku 1992. Zaznamenává se vývoj kontaminace a její šíření, v případě přerušení sanačních prací.

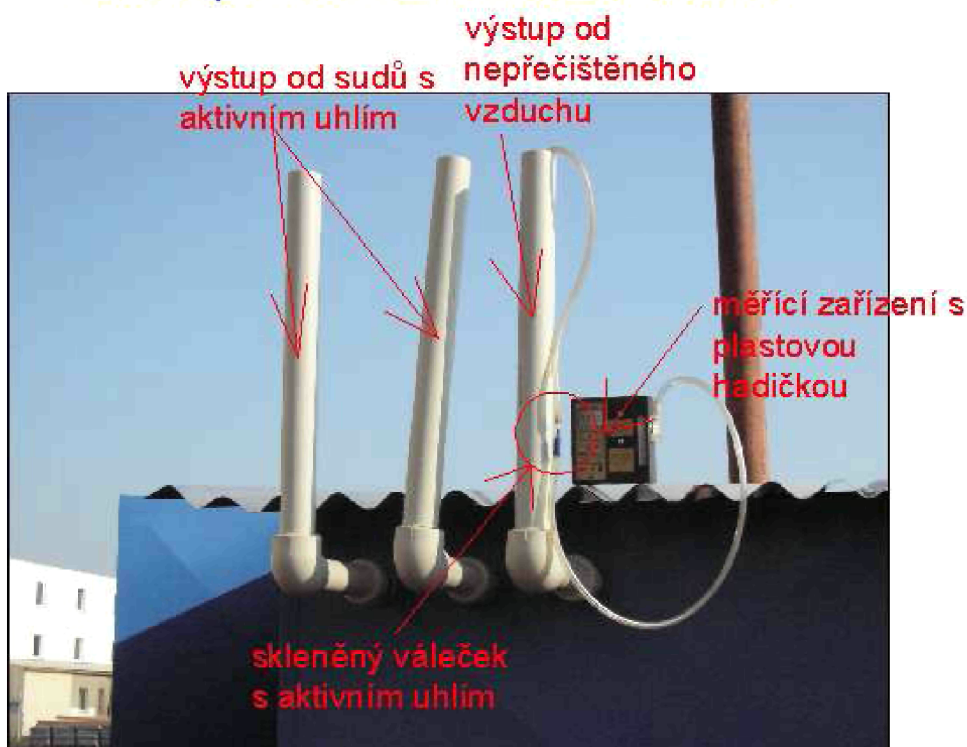
Monitorovací vrty byly zrealizovány v letech 1992 – 1994 a jsou umístěny ve všech ohniscích kontaminace.

5.3.3.2 Ventování (Venting)

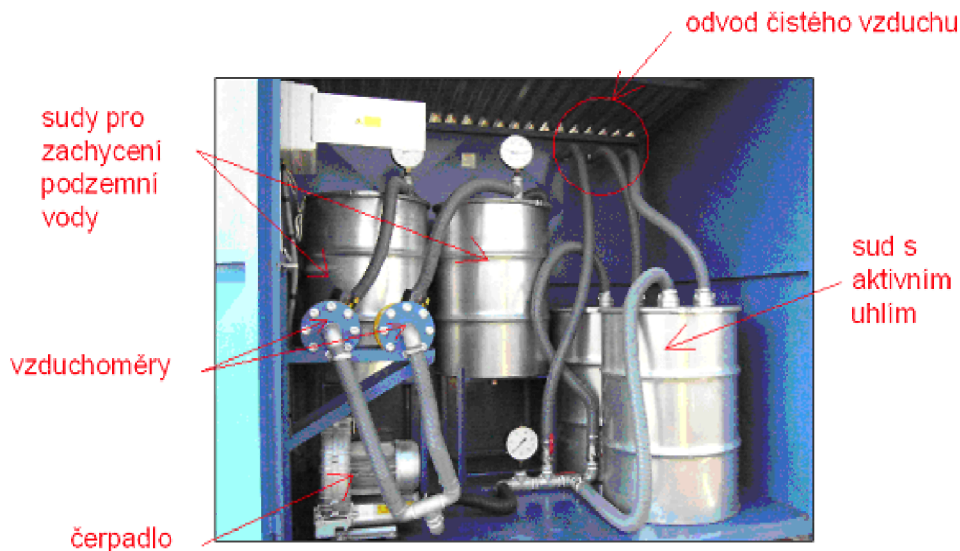
Ventovací vrty jsou vybudovány rovněž ve všech lokalizovaných ohniscích. Jak uvádím výše, od roku 2006 je ventování projektováno pouze v ohnisku galvanovna. Odsátý znečištěný půdní vzduch vháněn do ventovací stanice (viz.obr.č.7) a dále přečištěn přes aktivní uhlí. Součástí této stanice jsou dva sudy pro zachycení nasátých podzemních vod, dvě čerpadla na vzduch se vzduchoměrem, dva sudy s aktivním uhlím, rozvody potrubí, elektroinstalace. Z vrtů je čerpadly odsáván půdní vzduch, bohužel při vysoké hladině podzemních vod dojde i k nasátí podzemní vody. Vzduch nebo i voda dále putují do ventovací stanice, nejprve do dvou sudových zásobníků o celkové kapacitě 400 l, ve kterých je voda zachytávána. U zadržené vody je nutno kontrolovat množství a občas vypustit. Dále čerpadlo odsává vzduch ze sudů a žene jej přes vzduchoměr do dvou sudů s aktivním uhlím. V těchto sudech se NEL látky zachytávají do aktivního uhlí. Je nutné kontrolovat obsah těchto sudů a pravidelně aktivní uhlí měnit.

Vzorky vzduchu se odebírají v této ventovací stanici u výstupu – v „komínkách“ pomocí speciálního elektronického zařízení měřícího objem vzduchu prostupujícího hadicí. Na měřící zařízení je napojena hadice zasunutá do „komínku“ a čistý vzduch putuje hadicí, která je v půlce rozpojená (viz. obr.č.6). V místě rozpojení je vložen skleněný váleček o délce cca 6cm s vycpávkou z aktivního uhlí. Do tohoto uhlí ve válečku jsou zachytávány polutanty. Vzduch směřuje dále k měřicímu zařízení, které plní funkci měřící a sací. Pro správnou činnost musí vzduch z vnitřní části komínku odsávat a zároveň i měřit množství vzduchu, které odsaje. Toto množství je důležité pro správné laboratorní měření. Doba měření u jednoho výstupu komínku jsou 4min, což jsou 3,16 litrů vzduchu. Vzorky jsou odebírány z výstupů od obou sudů s aktivním uhlím (přečištěný vzduch) a také vzorky vzduchu z výstupu ze sudů s vodou (bez přečištění skrze aktivní uhlí). Po každém měření jednotlivých výstupů je nutné vyměnit skleněný váleček s aktivním uhlím, dále dobře popsat a dopravit do laboratoře k rozboru (konzultace Bultas; 2008).

zadní pohled na ventovací stanici



Obr. č.6: Ventovací stanice v areálu O EZ s.r.o.; zadní pohled (foto Pilný; 2007)



Obr. č.7: Pohled do otevřené ventovací stanice v areálu OEZ s.r.o. (foto Pilný; 2007)

5.3.3.4 Stripování (Stripping)

Hydrogeologické vrty, určené ke stripování - čištění čerpaných podzemních vod kontaminovaných těkavými látkami, jsou lokalizovány v ohniscích bývalá skládka uhlí I, lakovna a odmašťovna, galvanovna a šrotiště. V těchto ohniscích docházelo k vyšší kontaminaci popisovanými polutanty. Znečištěná voda je čerpána do kotelny, v níž je umístěna stripovací stanice (provzdušňovací věž). Provzdušňovací věž je stojatá nádoba čtvercového průřezu, sestávající z části patní, středových dílů s vestavbou a z části hlavové, ve které je umístěn demister pro záchyt vodních kapek. Uvedené části věže jsou spojeny přírubami. Shora do nádrže je veden přívod vody. Hrdlo pro připojení ventilátoru je umístěno v patní části pláště. Na patní části pláště je umístěn ventil pro odběr vzorků vody a odkalovací výpusť. Věž je dělena přepážkami (výplňovými tělisky), aby se zdokonalil styk mezi plynnou a kapalnou fází a zmenšilo se mísení kapaliny ve směru proudu. Ve stripovací stanici dochází k přečištění podzemních vod. Polutanty jsou zadychovány pomocí filtru s aktivním uhlím. Čisté vody jsou vypouštěny do kanalizace (konzultace Bultas; 2008).

6 Metodika

Při zpracování diplomové práce jsem základní činnosti rozdělila do následujících kroků:

Prvním krokem bylo obstarání dostupných archivních údajů a fotodokumentace o lokalitě, kde jsem měla možnost se podílet na monitorovacích pracích v rámci prázdninové praxe v roce 2007. Z archivu O EZ s.r.o. (dále pouze O EZ) jsem získala základní podklady o dosavadních průzkumných pracích, které jsou zde prováděny od roku 1996. Pracovníci O EZ mi poskytli zprávy, datové a grafické podklady a souhrnné informace o ekologické zátěži včetně výsledků monitorování za období 1996 do roku 2007. Významné jsou hlavně informace z analýzy rizik (Kubíková, Kozák a Gernt; 2004) a (Halamová, Kozák, Gernt; 2006 a 2007) hlavního závodu O EZ.

Druhým krokem bylo vytipování míst znečištění podzemních vod chlorovanými uhlovodíky v jednotlivých ohniscích (viz. tab.č.4) areálu O EZ.

Dalším důležitým krokem bylo zpracování dat koncentračních hodnot těchto těkavých polutantů, které se zde odebírají dynamickým způsobem pomocí vrtů, což znamená, že vrty jsou osazeny čerpadly a napojeny na elektrickou rozvodnou skříň s časovým spínačem. Tento spínač sepne čerpadlo, podzemní voda je čerpána a lze provést odběr vzorků. Po odčerpání určitého množství podzemní vody se čerpadlo spínačem vypne. Před odběrem vzorků vody dynamickým odběrem je nutné odčerpat z vrtu určitý objem vody (cca 3 objemy vrtů), aby naměřené hodnoty nebyly zkreslené. Vzorky podzemní vody se ventilem čerpají přímo do vzorkovnice. Odběr se většinou provádí jednou měsíčně po celý rok. Na odběru vzorků jsem měla možnost osobně se podílet, zúčastnila jsem se zde dvou odběrů. Souhrnné informace o množství vysanovaných chlorovaných uhlovodíků z podzemních vod jsem získala z rizikových analýz, které jsou zpracovány pro období od roku 1996 až po současnost.

Další krok spočíval ve vyhodnocení výše uvedených polutantů s využitím dostupných programů. Nejprve bylo třeba porovnat a zhodnotit vývoj koncentrací chlorovaných uhlovodíků ve všech kontaminovaných ohniscích s nařízenými sanačními limity, které pro tuto lokalitu vydala ČIŽP dne 30.12.1996 pod č.j. 5/OVHK/421/96/Pi-O 23/96.

Porovnávám vývoj znečištění od roku 1996 - 2007. Pro lepší zobrazení jsem z koncentračních hodnot Cl-U sestavila pro každý vrt tabulky, v nichž uvádím každoroční získané měsíční údaje. V tabulkách jsou uvedeny v $\mu\text{g/l}$ naměřené hodnoty kongenerů - DCE, TCE, PCE a pak celková suma Cl-U. Pro každý kongener v jednotlivých vrtech jsem sestavila grafy (viz.přílohy č. 4 – č.15). Z grafů z je patrná závislost koncentrací kongenerů v čase, nebo-li kolísání měsíčních koncentračních hodnot v jednotlivých letech.

Dalším ukazatelem, pomocí kterého posuzuji vývoj znečištění chlorovaných uhlovodíků, je koeficient stárnutí. Koeficient jsem sestavovala pomocí grafů (viz.obr. č. 8 – č.19) z hodnot koncentrací kongenerů DCE, TCE, PCE. Jedná se o vztah $(\text{PCE}+\text{TCE})/\text{DCE}$, což je poměr čerstvého (nového) a starého (původního) znečištění. Přibližným spojením jednotlivých bodů v grafu jsem orientačně vedla sanační křivku. Křivka vykazuje kolísání či pohyb těchto polutantů za pozorované období. Toto kolísání a jeho příčiny dále uvádím a blíže vysvětluji ve výsledcích.

Ohniska znečištění	realizované vrty
bývalá skládka uhlí I	OV 1, HV 7
bývalá skládka uhlí II	HV 2
lakovna a odmašťovna	HV 5, HV 6, OH 1
galvanovna	HV 3, HV 10, OV 5
šrotiště	HV 9, OV 9, LK 2

Tab. č.4: Hlavní ohniska znečištění v areálu OEZ s.r.o.



Obr.č. 7 Pohled do otevřeného hydrogeologického vrtu

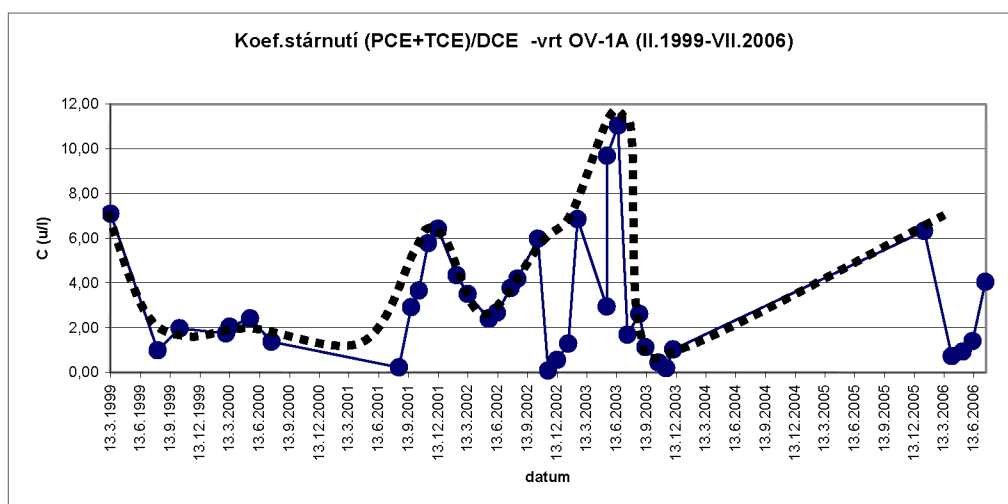
Všechny výsledky získané, resp. použité v rámci diplomové práce jsou uvedeny jak v textu, tak v příloze ve formě tabulek (přílohy č.16 - č.27).

7 Výsledky

K novým dotacím chlorovanými uhlovodíky přestalo docházet zhruba od roku 1994, v důsledku nahrazení tohoto procesu ekologicky nezávadnými odmašťovacími technologiemi. Přestože byly primární zdroje znečištění kontaminace sanačními pracemi v areálu odstraněny, přetrvává i dnes koncentrace polutantů v ohniscích znečištění, avšak ve výrazně nižších koncentracích.

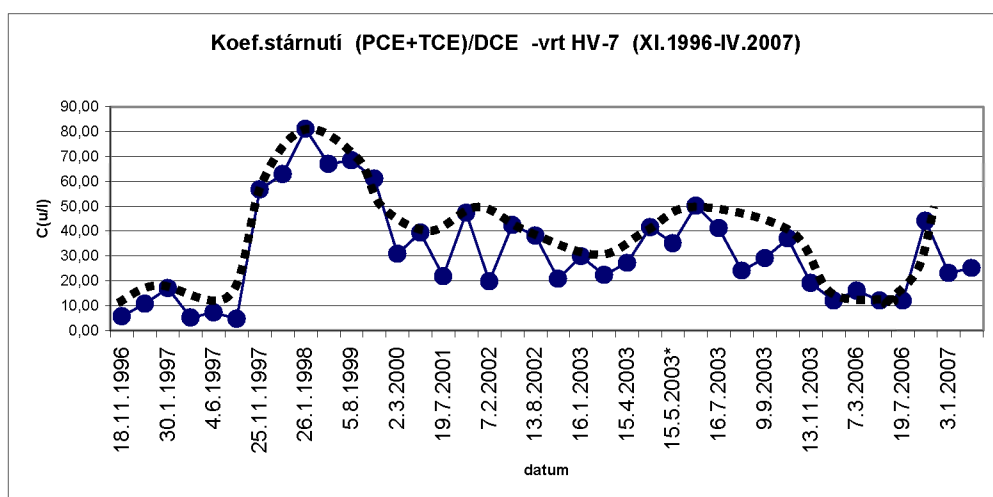
Ve své práci porovnávám a vyhodnocuji vývoj koncentrací chlorovaných uhlovodíků v každém ohnisku zvlášť. Pro každý vrt níže uvádím koeficient stárnutí, ze kterého zřejmé, jak se v jednotlivých měsících mění poměr koncentrací chlorovaných uhlovodíků v období od roku 1996 až po rok 2007.

Pro první ohnisko znečištění, jenž je vykazováno vrty OV 1A a HV 7, jsem vyhodnotila níže uvedené grafy:



Obr. č.8: Koeficient stárnutí pro vrt OV-1A

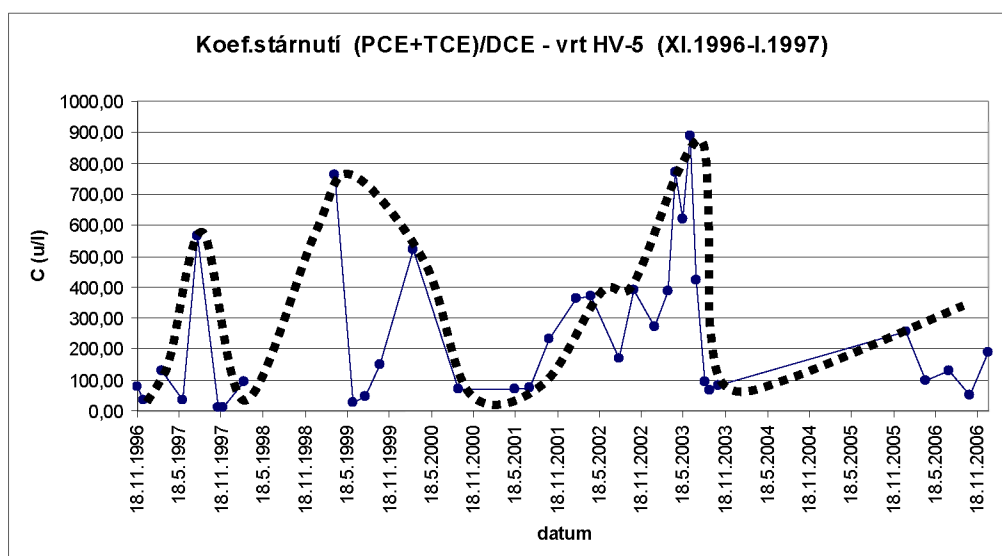
Vrt OV 1A, který se nachází v prostorách bývalé skládky uhlí I, byl s vyšší četností monitorován až v letech 2002 a 2003. V předchozím období, tj. v letech 1991 až 2001 kolísaly koncentrace Cl-U v podzemní vodě v řádu do prvních desítek $\mu\text{g/l}$, menší nárůst byl zaznamenán pouze v roce 2003. I vzhledem k přerušení sanačního čerpání v letech 2004 a 2005 byla při obnově sanací koncentrace polutantů v rozmezí desítek $\mu\text{g/l}$, což dokazuje, že zde podzemní vody nejsou kontaminací příliš zasaženy.



Obr. č.9: Koeficient stárnutí pro vrt HV 7

Z obrázku č.9 je zřejmé, že ve vrtu HV 7, který se nachází v prostorách bývalé skládky uhlí I, jsou dlouhodobě dokumentovány nízké koncentrace kontaminantů v průměru do 100 µg/l. Podzemní vody nejsou kontaminací příliš zasaženy. Tento vrt nereprezentuje směr šíření kontaminace, neboť v jeho místě byla zaznamenána hladinová anomálie, která může být způsobena rozdílným fatálním vývojem či tektonikou.

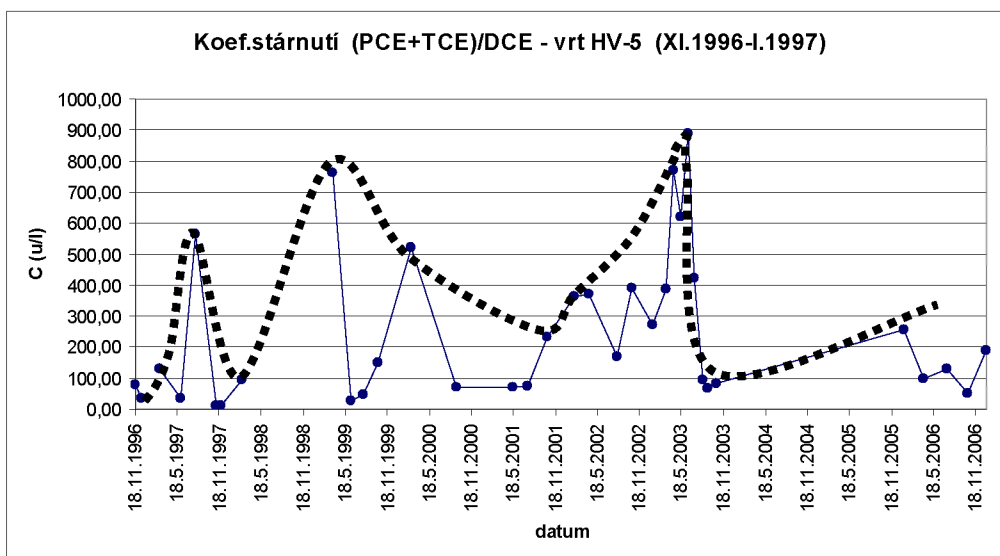
Pro druhé ohnisko znečištění, jenž je vykazováno vrtem HV 2, jsem vyhodnotila níže uvedený graf:



Obr. č.10: Koeficient stárnutí pro vrt HV 2

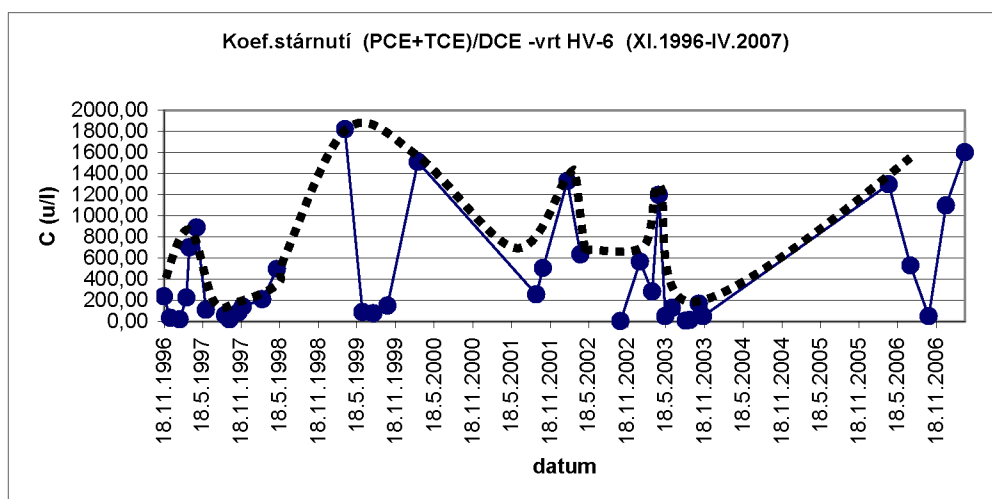
Z obrázku č.10 je zřejmé, že ve vrtu HV-2, který se nachází v prostorách bývalé skládky uhlí II, koncentrace Cl-U příliš nekolísá, pohybuje se v oblasti kolem 100 µg/l, s výjimkou nárůstu v září 2003, kdy stoupla zhruba o 30%. Podzemní vody vykazují v tomto ohnisku relativně nízký stupeň kontaminace.

Pro třetí ohnisko znečištění, jenž je vykazováno vrty HV 5 , HV 6 a OH 1 jsem vyhodnotila níže uvedené grafy:



Obr. č.11: Koeficient stárnutí pro vrt HV 5

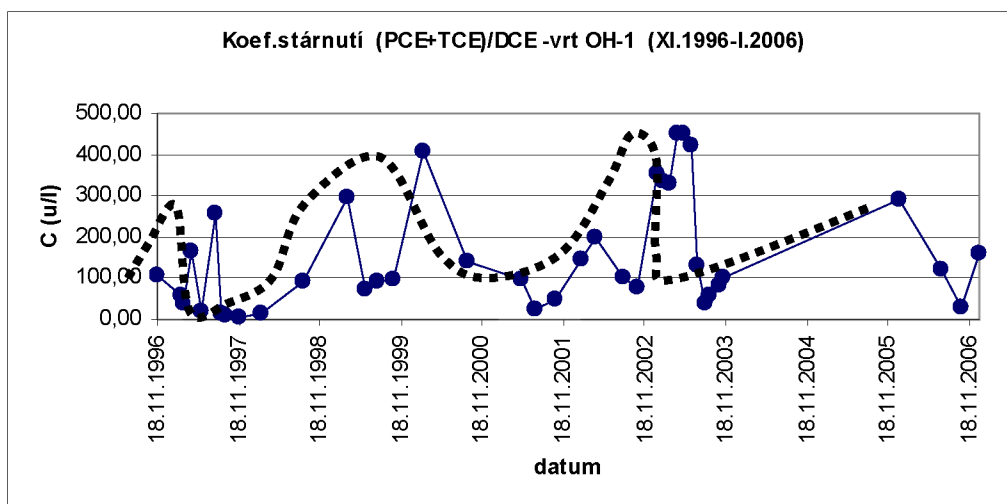
Z obr. č.11 je zřejmé, že ve vrtu HV 5, který se nachází v prostorách odmašťovny, neprevládá jeden kongener a že poměr se mění v relativně velkém rozsahu. V dubnu až červnu roku 2003 zde došlo k výraznému převýšení cílového limitu, hodnoty koncentrace chlorovaných uhlovodíků dosahovaly až 900 µg/l. Vysoké koncentrace byly vázány na období vyšších srážkových úhrnů a na období po jarním tání.



Obr. č.12: Koeficient stárnutí pro vrt HV 6

Z obr. č.12 je zřejmé, že ve vrtu HV-6, který se nachází v prostorách lakovny a odmašťovny, převládá více kongenerů, koncentrace polutantů výrazně kolísají. V případě tohoto vrtu překročily hodnoty limit několikanásobně, zejména v březnu 1999 a 2000 a

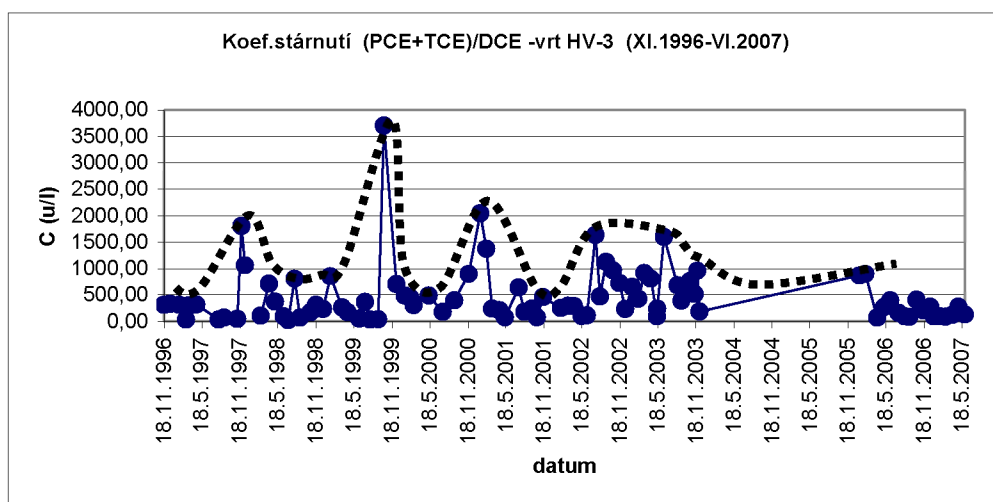
dubnu 2003. V důsledku přerušení sanačních prací se projevil zpětný nárůst i v letech 2006 a 2007. Kolísání koncentrací je také přičítáno součtu vlivů šíření kontaminace z ohnisek lakovna, odmašťovna, případně i galvanovna a významný vliv je rovněž přičítán klimatickým podmínkám.



Obr. č.13: Koeficient stárnutí pro vrt OH 1

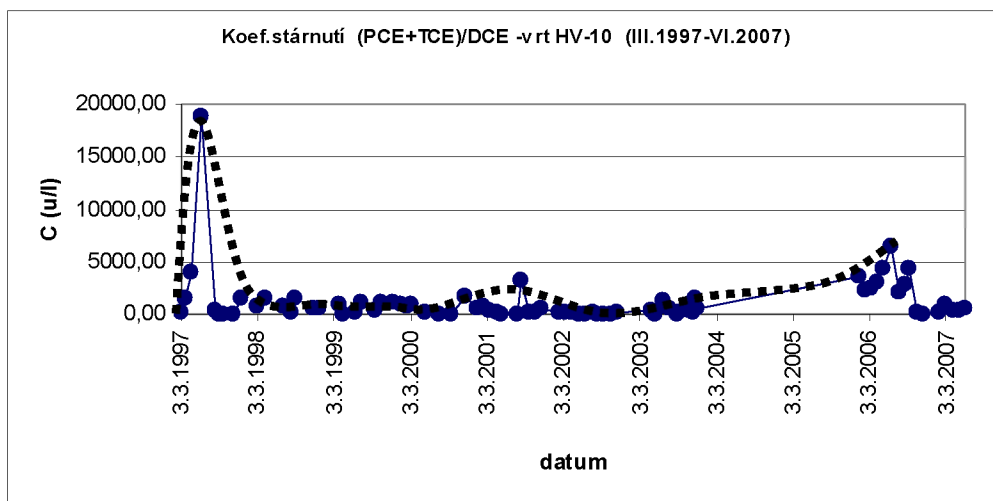
Z obr. č.13 je patrné, že ve vrtu OH-1, který se nachází v prostorách odmašťovny, nepřevládá jeden kongener a že koncentrace chlorovaných uhlovodíků výrazně kolísají. Nejvyšších hodnot dosahují a v první polovině 2003, avšak nepřekračují cílový sanační limit (500 µg/l).

Pro čtvrté ohnisko znečištění, jenž je vykazováno vrtvy HV 3 , HV 10 a OV 5 jsem vyhodnotila níže uvedené grafy:



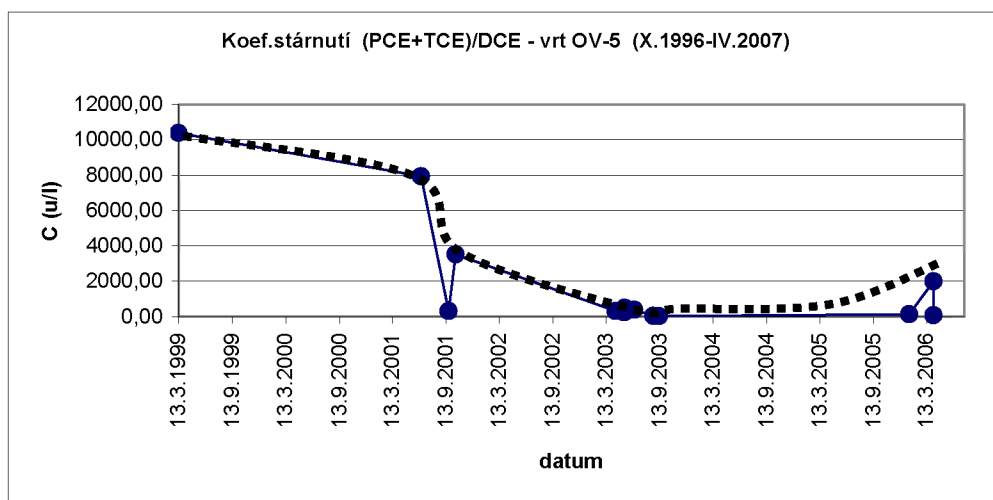
Obr. č.14: Koeficient stárnutí pro vrt HV 3

Z obrázku č. 14 vyplývá, že ve vrtu HV-3, který se nachází v prostorech galvanovny, koncentrace výrazně kolísá. Anomální koncentrace chlorovaných uhlovodíků byly dokumentovány v říjnu 1999, kdy dosahovaly hodnot téměř 4000 $\mu\text{g/l}$, což vysoce převyšuje cílový sanační limit (500 $\mu\text{g/l}$). Důvodem několikanásobného nárůstu koncentrace bylo omezení sanačního zásahu.



Obr. č.15: Koeficient stárnutí pro vrt HV 10

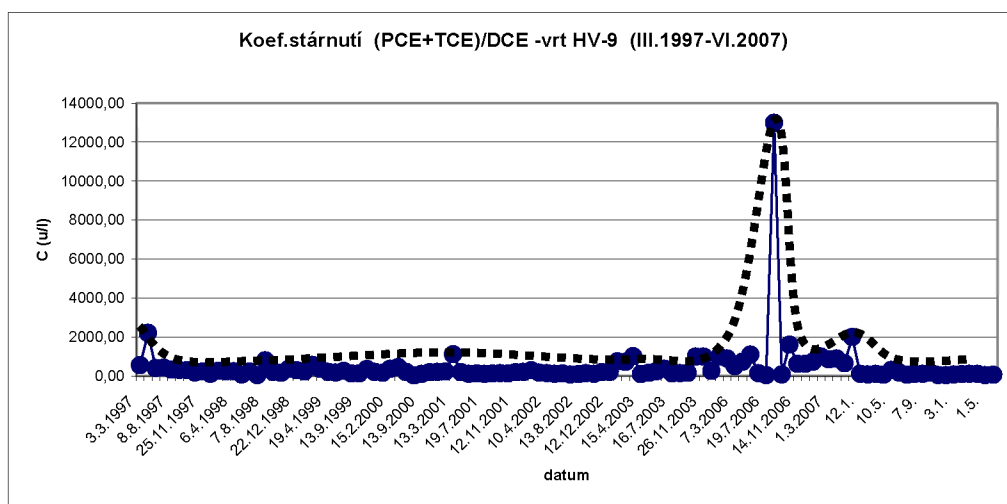
V případě vrtu HV-10, který se nachází v prostorech galvanovny, byly zaznamenány anomálně vysoké koncentrace chlorovaných uhlovodíků v roce 1997 (roku realizace), kdy hodnoty dosahovaly téměř 20 000 $\mu\text{g/l}$. Po zahájení sanačního čerpání došlo k výraznému poklesu, jehož následný vývoj lze charakterizovat jako dlouhodobě mírně sestupný. Občasné anomálie osahující koncentrací prvních tisíců $\mu\text{g/l}$ jsou způsobeny omezením sanačního zásahu a klimatickými jevy.



Obr. č.16: Koeficient stárnutí pro vrt OV 5

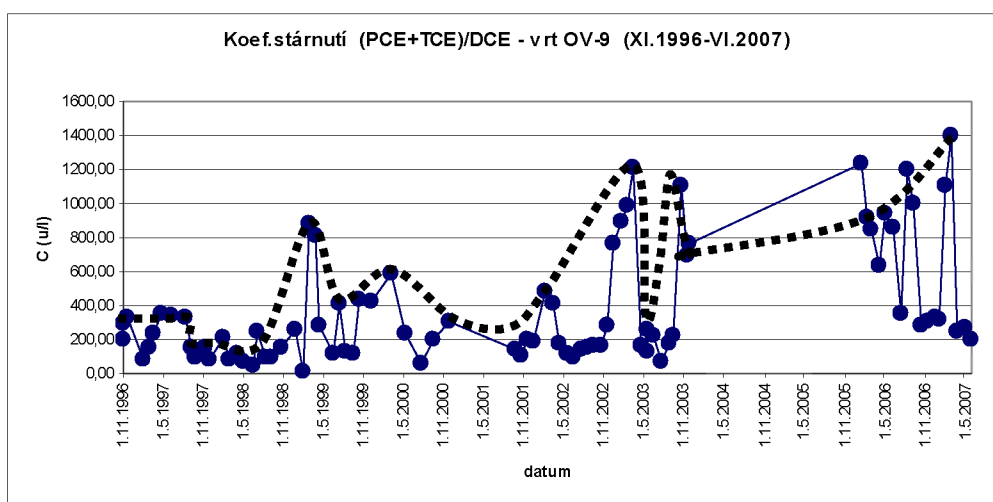
Vrtem OV-5 se vzorkuje občasná mělká zvodeň, která se sezónně vytváří v prostorech galvanovny. Z obrázku č.16 je patrné, že koncentrace chlorovaných uhlovodíků kolísají v širokém rozpětí od stovek až po tisíce $\mu\text{g/l}$, nejvyšších hodnot dosahuje v roce 1999. Tato koncentrační úroveň představuje v podstatě výluh z nenasurované zóny v daném ohnisku znečištění.

Pro páte ohnisko znečištění, jenž je vykazováno vrty HV 9 , OV 9 a LK 2 jsem vyhodnotila níže uvedené grafy:



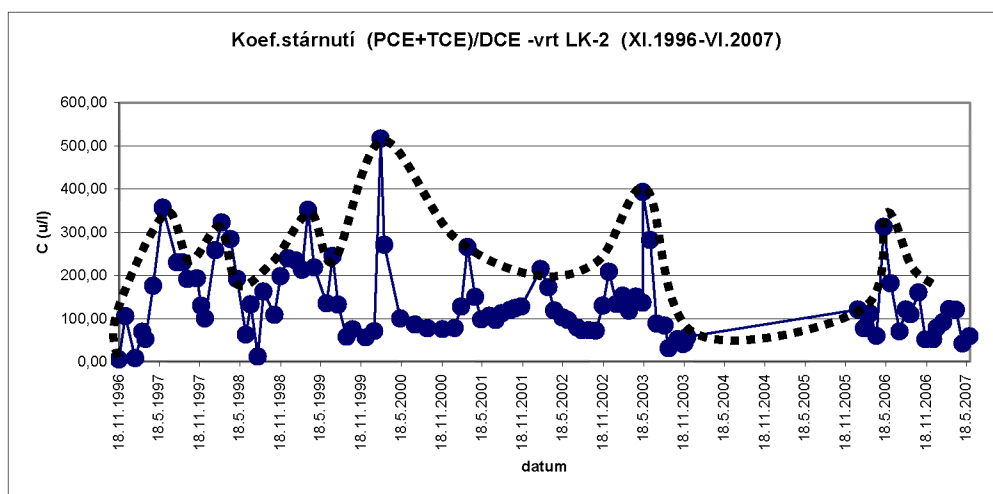
Obr. č.17: Koeficient stárnutí pro vrt HV 9

Vrt HV-9 se nachází v prostoru šrotiště, které vykazuje z celé lokality nejvyšší stupeň kontaminace. Z obrázku je patrné, že se koncentrace chlorovaných uhlovodíků ve vrtu HV-9 dlouhodobě pohybuje bez většího kolísání v rozmezí do 2 000 $\mu\text{g/l}$. Přerušením sanačních prací v letech 2004 a 2005 ovšem dochází v první polovině roku 2006 k výraznému nárůstu těchto polutantů, dosahující hodnot až 14 000 $\mu\text{g/l}$. Následným znovuoobnověním sanačních technologií v tomto ohnisku opět koncentrace klesá zpátky do hodnot pohybujících se kolem 2 000 $\mu\text{g/l}$.



Obr. č.18: Koeficient stárnutí pro vrt OV 9

Ve vrtu OV-9, který se nachází v prostoru šrotiště, je dlouhodobě dokumentována nejvyšší koncentrace chlorovaných uhlovodíků. Vysoký nárůst se projevuje v době omezení sanačního čerpání, což je v polovině roku 1999 a mezi lety 2002 a 2003. Nejvyšší koncentrace byla zaznamenána dlouhodobým přerušením čerpání od roku 2004 až 2005, hodnoty tak po obnovení sanačních prací v roce 2006 dosahovaly přes 14 000 $\mu\text{g/l}$. Dalším negativním důsledkem nárůstu chlorovaných uhlovodíků byly klimatické podmínky - vyšší srážkové úhrny, jenž měly za následek intenzivnější promývání nenasycené zóny.



Obr. č.19: Koeficient stárnutí pro vrt LK 2

Z obr.č. 19 je patrné, že ve vrtu LK-2, který se nachází v prostoru šrotiště, koncentrace chlorovaných uhlovodíků kolísají, výraznější kolísání je důvodem přerušení sanačních prací a intenzivnější dotací srážek, spojenou s jarním táním sněhové pokrývky. Hodnoty koncentrací v tomto ohnisku se pohybují v řádu stovek $\mu\text{g/l}$.

Průmyslový areál OEZ, na který jsem se v této práci zaměřila, změnil po roce 1990 strategii výroby a náhled na zhoršující se stav kvality podzemních vod v areálu a jeho okolí. Provedl monitoring a sanační opatření, které trvají dodnes. Díky ventování a sanačnímu čerpání se zlepšuje kvalita podzemních vod v lokalitě OEZ a jímacím území Letohradu, rozhodně nedochází ke zhoršení kvality podzemních vod.

8 Diskuse

Jak jsem již výše uvedla, v areálu je pět samostatných ohnisek kontaminace nenasycených zón a podzemních vod chlorovanými uhlovodíky – bývalá skládka uhlí I, bývalá skládka uhlí II, lakovna a odmašťovna, galvanovna a šrotiště. Úplně prvotní průzkum, dokumentující v základních rysech kontaminaci středněturonské zvodně, byl realizován sanačním čerpáním v letech 1992 – 1994. Omezený rozsah sanačních prací, které byly realizovány do doby schválení prováděcího projektu sanace nenasycených zón a podzemních vod, byly zahájeny v říjnu 1996. Samotné sanační práce dle prováděcího projektu byly zahájeny v říjnu 1996 a jsou realizovány i po současnou dobu.

8.1 Diskuse změn koncentrací Cl-U v jednotlivých ohniscích

Ve své práci jsem porovnávala a zhodnotila vývoj koncentrací chlorovaných uhlovodíků v jednotlivých ohniscích od roku 1996 až po současnost.

Z uvedených grafů a tabulek je patrné, že od roku 1996 došlo prakticky v celém areálu k výrazným změnám v procentuálním zastoupení Cl-U. V nejvíce kontaminovaném ohnisku – šrotiště, které je na grafech reprezentováno vrty OV 9, HV 9 a LK 2 je patrný výrazný posun. Od roku 1996 lze vysledovat postupný zvyšující se podíl zejména DCE. V témže roce dosahoval podíl DCE ve vrtech HV 9 a LK 2 pouze 21%, v roce 2003 dosahoval v případě vrtu LK 2 34% a v případě vrtu HV 9 dokonce 73%. Vrt OV 9 již v roce 1996 vykazoval relativně vysoký podíl DCE (47%), v průběhu sanace docházelo k výraznějšímu kolísání podílů jednotlivých Cl-U. Přerušením sanačních prací v letech 2004 a 2005 došlo v první polovině roku 2006 k výraznému nárůstu těchto polutantů. Ve vrtech HV 9 a OV9 dosahovaly koncentrační hodnoty až 14 000 µg/l, což byla nejvyšší zjištěná koncentrace po dobu sanačních prací v tomto ohnisku. Následným znovuoobnověním sanačních technologií opět koncentrace klesá zpátky do nižších hodnot, pohybujících se kolem 2 000 µg/l.

Ve vrtu HV 3, který spolu s vrtem HV 10 a OV 5 reprezentuje ohnisko galvanovna, bylo na počátku sanačního čerpání dokumentováno jednoznačně dominantní zastoupení PCE v podzemní vodě a to ve výši až 61%. Podíl TCE i PCE postupně klesal a naopak docházelo k výraznému nárůstu koncentrací DCE z původních 15% v roce 1996 na 58% v roce 2003, v současné době je koncentrace opět snížena na původních 15%. V vrtu HV 10 je vývoj poněkud odlišný. Dlouhodobě je dominantně zastoupen PCE, zvyšování podílu

TCE a DCE je velmi pozvolné a dnes níže chlorované uhlovodíky dosahují pouze 25% celkového obsahu Cl-U.

Ve vrtech OV 1A a HV 7 v prostoru skládky uhlí I probíhá dechlorace velmi intenzivně. V případě vrtu OV 1A byl zaznamenán pokles podílu PCE ze 72% v roce 2001 na stávajících 37%. Podíl DCE naopak vzrostl ze 22% na 46%. Ještě výrazněji se proces dechlorace projevuje ve vrtu HV 7, který je situován poblíž tohoto ohniska. Výrazné zastoupení PCE, které bylo dokumentováno v minulosti pokleslo téměř na nulové hodnoty. V polovině roku 2003 byly zjištěny vysoké koncentrace DCE, který dosahuje podílu 69% v zastoupení jednotlivých Cl-U. I po dvouletém přerušení sanací koncem roku 2003, byla při obnově sanačních prací koncentrace v rozmezí desítek $\mu\text{g/l}$, což dokazuje nízkou koncentraci Cl-U podzemních vod v tomto ohnisku.

Ve vrtu HV 2, který zastupuje ohnisko skládka uhlí II byla výrazná změna v zastoupení jednotlivých Cl-U zaznamenána zejména v roce 2003, kdy podíl PCE dosahoval 28% a DCE 53%. V roce 1996 dosahoval podíl DCE pouze 19%. V roce 1998 bylo dokumentováno jednoznačně dominantní zastoupení PCE (99%).

Vrt OH 1 situovaný v prostoru pod hlavní výrobní halou, kde se nachází ohnisko odmašťovna, vykazuje rovněž významný nárůst podílu DCE a pokles podílu PCE. Ve vrtech HV 5 a HV 6 situovaných též v ohnisku odmašťovna koncentrace Cl-U kolísala během sanačního období ve velkém rozmezí. Přičemž největší koncentrace byla zjištěna v polovině roku 2003 u vrtu HV 5. U vrtu HV 6 byly zaznamenány nejvyšší koncentrace v březnu 1999, 2000 a i v roce 2003. V důsledku dvouletého přerušení sanačních prací koncem roku 2003 byl zaznamenán i opětý nárůst Cl-U i v roce 2006 a 2007.

V současné době, kdy je znečištění nesaturované zóny vázáno z dominantní části na hlubší polohy (rozpukané a zvětralé křídové sedimenty), se neuvažuje významný vliv organického uhlíku v horninovém prostředí na probíhající procesy sorpce a desorpce polutantů. Tyto se mohou uplatňovat ve svrchních polohách nesaturované zóny, které jsou tvořeny nezpevněnými kvartérními sedimenty, u nichž se obsah organického uhlíku uvažuje menší než 0,2%. Z výše uvedených údajů je patrné, že na lokalitě probíhá intenzivní proces dechlorace, který je u většiny objektů patrný zvláště v posledních letech. Ve většině ohniscích bylo v letech průzkumných a sanačních prací dokumentováno dominantní zastoupení PCE, případně TCE (ohnisko šrotiště), v současné době jsou dominantně zastoupené níže chlorované uhlovodíky.

7.1 Diskuse parametrů pro podzemní vody

Dle zákona č.130/1974 Sb.(www.mozek.cz; 2008) je stanovený limit rozhodnutím ČIŽP pro areál závodu (ohniska znečištění) $500\mu\text{g/l}$. Tento limit je snadno dosažitelný pro podzemní vody v prostoru méně kontaminovaných ohnisek – skládka uhlí I, skládka uhlí II, případně lakovna a odmašťovna. Sezónně lze v těchto ohniscích očekávat nárůsty koncentrací nad sanační limit, ty však zpravidla rychle odeznívají. Odlišná situace je v prostoru dvou nejvýznamnějších ohnisek – galvanovna a šrotiště, kde je potvrzen mechanismus rychlého vymývání polutantu z nesaturované zóny. K velmi výraznému překročení sanačního limitu dochází po intenzivnějším promývání nesaturované zóny spolu s přerušením sanačního čerpání. Cestou omezení dotace polutantu z nesaturované zóny do podzemních vod je zamezení průniku srážkových vod. Vzhledem k úrovni kontaminace je však nutno nadále kalkulovat alespoň s intervalových sanačním čerpáním pro snížení časově omezeného výskytu anomálních koncentrací Cl-U v podzemních vodách.

8 Závěr

Na základě zhodnocení výsledků průzkumných a sanačních prací (viz příloha č.4 – č.27), které na lokalitě probíhají v souvislosti s průzkumem a sanací nesaturované zóny a podzemních vod lze shrnout tyto závěry:

1. Na lokalitě je dosud dokumentováno významné znečištění podzemních vod a nesaturované zóny chlorovanými uhlovodíky.
2. Kontaminace je v současné době lokalizována v areálu OEZ Letohrad, přičemž k významnému ovlivnění okolí nedochází a to díky realizaci aktivního sanačního zásahu (čerpání podzemní vody a ventování).
3. Kontaminace nesaturované zóny je v současné době vázána především na hlubší polohy nesaturované zóny.
4. Vývoj koncentrací Cl-U v podzemních vodách je do značné míry závislý na aktuálních klimatických podmínkách, vždy po období vyšších úhrnů srážek či po dotaci v důsledku jarního tání je zaznamenán prudký nárůst koncentrací Cl-U, který se projevuje zejména v ohnisku šrotiště. V případě ohniska galvanovna naopak při intenzivnějších srážkách vzniká v daném prostoru občasná mělká zvodeň, která po určitou dobu akumuluje kontaminant a vliv na úroveň znečištění střednoturonské zvodně v tomto ohnisku se projevuje až se zpožděním (v průměru dva měsíce).
5. Na lokalitě byl za dobu provozu sanace a monitoringu potvrzen proces dechlorace výše chlorovaných uhlovodíků, v některých vrtech se projevuje relativně významný podíl vysoce toxického vinylchloridu.
6. V případě ukončení aktivního sanačního zásahu byla potvrzena rychlá migrace kontaminantů za hranice areálu. Kontaminant je vymýván z nesaturované zóny a bude docházet k jeho kumulaci ve střednoturonské zvodni. Transport polutantu nelze zcela vyloučit po oslabených zónách, které se mohou v prostředí mezilehlého izolátoru vyskytovat. Kontaminace se bude dále šířit v prostředí střednoturonské zvodně směrem k toku Tiché Orlice, přičemž pravděpodobnost přímého průniku kontaminačního mraku do povrchových vod této vodoteče je velmi nízká a při současné koncepci ochranných opatření je fakticky vyloučena. Rychlost proudění byla potvrzena v řádu vyšších stovek metrů za rok.

7. Posouzením expozičních scénářů nebyla shledána významná akutní rizika pro obyvatelstvo a okolní ekosystémy. Vzhledem k charakteru daného prostředí a významu dané hydrogeologické struktury je však nutno posuzovat lokalitu z hlediska obecných zásad na ochranu vod, přihlédnout k prokázanému rychlému šíření kontaminace v puklinovém systému a k celkovému zatížení kyšperské synklinály více zdroji znečištění.
8. Stávající monitorovací systém by bylo vhodné ponechat.

9 Literatura

BLÁHA, K., KAČABOVÁ, P., TOPINKA, D. a kolektiv (2007): Metodická příručka MŽP pro použití reduktivních technologií in situ při sanaci kontaminovaných míst, MŽP.

DEMNEROVÁ, K., PAZLAROVÁ, J., PAZLAR, M. (2000): Biotechnologie životního prostředí, Vysoká škola Chemicko-Technologická v Praze.

HALAMOVÁ, I., KOZÁK, J., GERNT, M. (2006): O EZ Letohrad, Hlavní závod, Zpráva o výsledcích sanace v období 1. pololetí 2006. GEO group a.s., Praha.

HALAMOVÁ, I., KOZÁK, J., GERNT, M. (2007): O EZ Letohrad, Hlavní závod, Zpráva o výsledcích sanace v období 2. pololetí 2006. GEO group a.s., Praha.

HALAMOVÁ, I., KOZÁK, J., GERNT, M. (2007): O EZ Letohrad, Hlavní závod, Zpráva o výsledcích sanace v období 1. pololetí 2007. GEO group a.s., Praha.

KAŠPAR, J., VACEK, V., KUBÍČKOVÁ, J. a kol. (1996): Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě. Ministerstvo životního prostředí, Praha

KUBAL, M., BURKHARD, J., BŘEZINA, M. (2002): Dekontaminační technologie, Vysoká škola Chemicko-Technologická v Praze.

KUBÍKOVÁ, K., KOZÁK, J., GERNT, M. (2004): O EZ Letohrad, Hlavní závod, Aktualizace analýzy rizika. GEO group a.s., Praha. [1]

KUBÍKOVÁ, K., KOZÁK, J., GERNT, M. (2004): O EZ, s.r.o. Letohrad, Hlavní závod, Projekt technických a sanačních prací v období 2005 – 2015 a postsanačního monitoringu jakosti vod. GEO group a.s., Praha. [2]

O PLETAL, M. (1980): Geologie Orlických hor. 1. vydání, ÚÚG v Akademii, Praha.

PILNÝ, V. (2007): Rizika znečištění podzemních vod v Kyšperské synklinále, Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze.

PITTER, P. (1999): Hydrochemie, vydavatelství Vysoká škola Chemicko-Technologická v Praze.

RICHTER, M., SOHNEL, O. (1999): Průmyslové technologie I, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem.

ROČEK, Z. (1977): Příroda Orlických hor a Podorlicka. 1. vydání, Praha SZN

ŠEDA, S., MEISSNEROVÁ, L. (2004): Kyšperská synklinála – sever, dekontaminace vod 2004, závěrečná zpráva z regionálního monitoringu jakosti podzemních vod v roce 2004, Orlická hydrogeologická spol. s.r.o., Ústí nad Orlicí.

ŠEDA, S., FRIMLOVÁ, R., NOVOTNÁ, V. (2004): Kyšperská synklinála – sever, dekontaminace vod, souhrnná zpráva za období 1989 – 1994, Orlická hydrogeologická spol. s.r.o., Ústí nad Orlicí.

ŠIMEK, M. (2004): Půda 4: Degradace půdy, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

MZe (2000): Vyhláška č. 376/2000, Stanovení požadavků na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly

9.1 Legislativa

Dokumenty v elektronické podobě

URL:<<http://mozek.cz/info/vodni-zakon-4>> [30.3.2008]

URL:<http://nts5.cgu.cz/website/new_tisk/> [12.1.2008] mapa geolog. v přílohách

URL:<<http://www.clu-in.org/download/remed/protocol.pdf>> [24.3.2008]

URL:<<http://www.cz-industry.cz/produktcs/kl/40006.html>> [24.3.2008]

URL:<<http://www.g-servis.cz/geo-san-cerpani.html>> [24.3.2008]

URL:<<http://www.mapy.cz>> [12.1.2008]

URL:<<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=310>> [9.2.2008]

URL:<<http://www.vscht.cz/uchop/CDmartin/8-nejcasteji/1-1.html>> [24.3.2008]

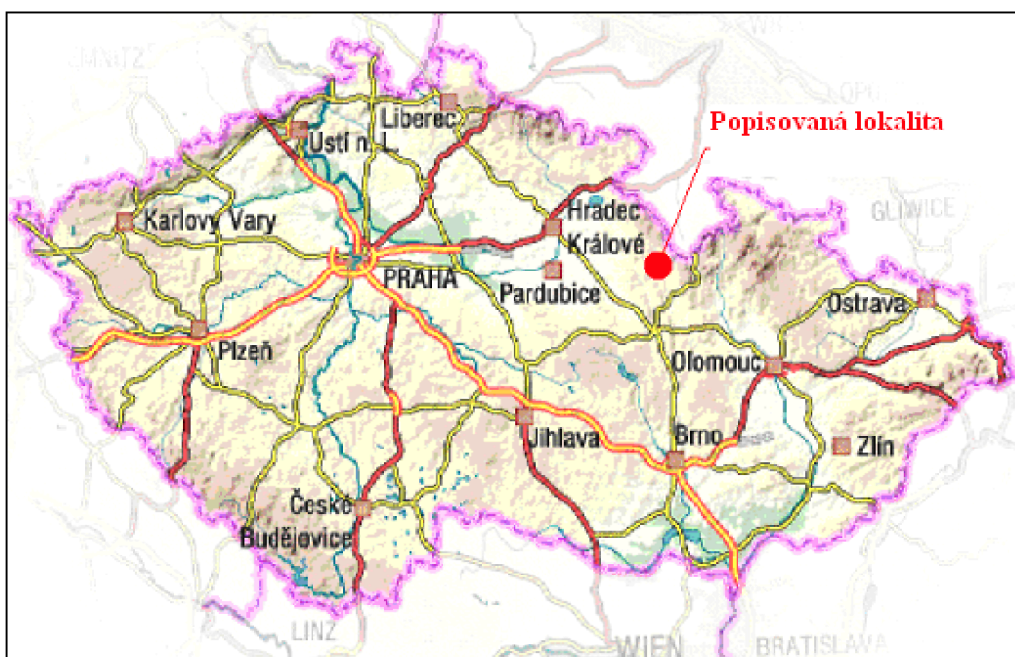
Ústní sdělení

Konzultace s Ing. Jaroslavou Havlovou a Čeňkem Suchomelem, pracovníky životního prostředí v areálu závodu OEZ s.r.o., (2007).

Konzultace s Ondřejem Bultasem, pracovníkem společnosti GEO Group a.s., (2008).

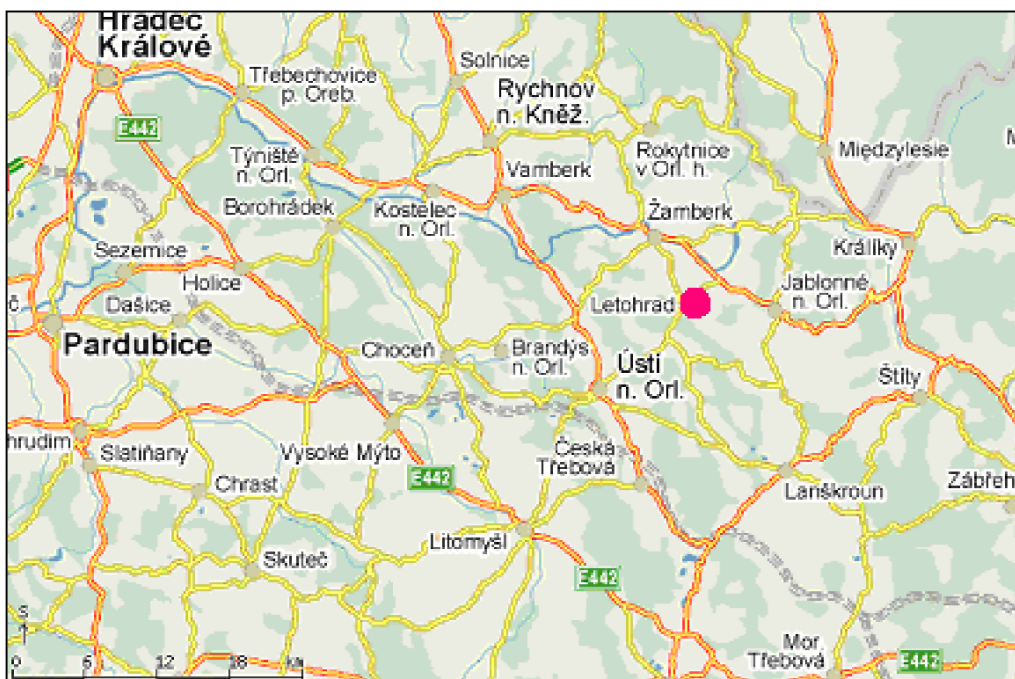
10 Přílohy

Příloha č. 1: Geografická mapa ČR s vyznačením popisované lokality



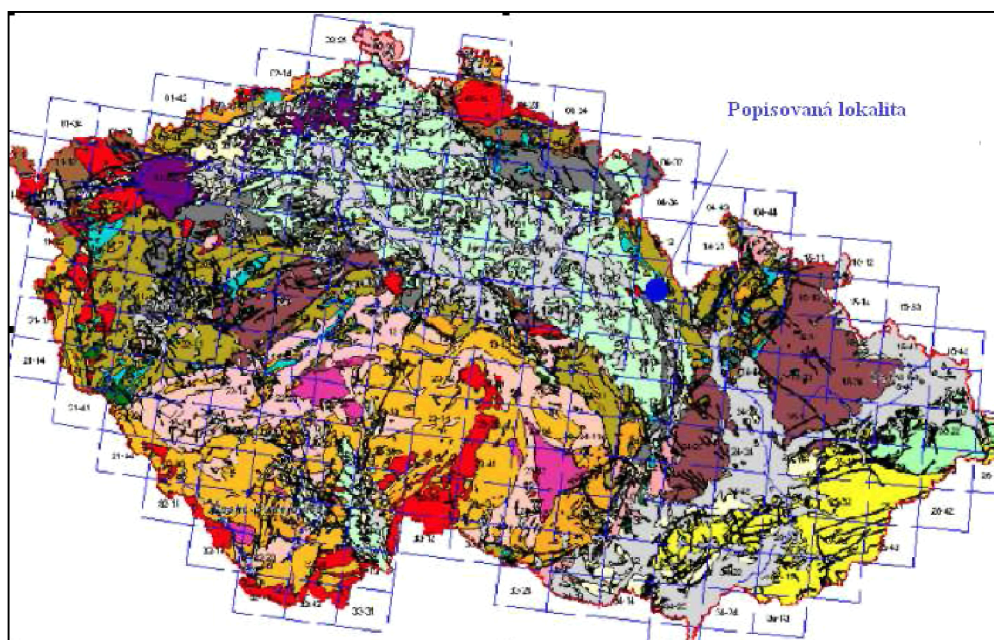
(www.mapy.cz,2008)

Příloha č. 2: Základní mapa Pardubického kraje s vyznačením popisované lokality



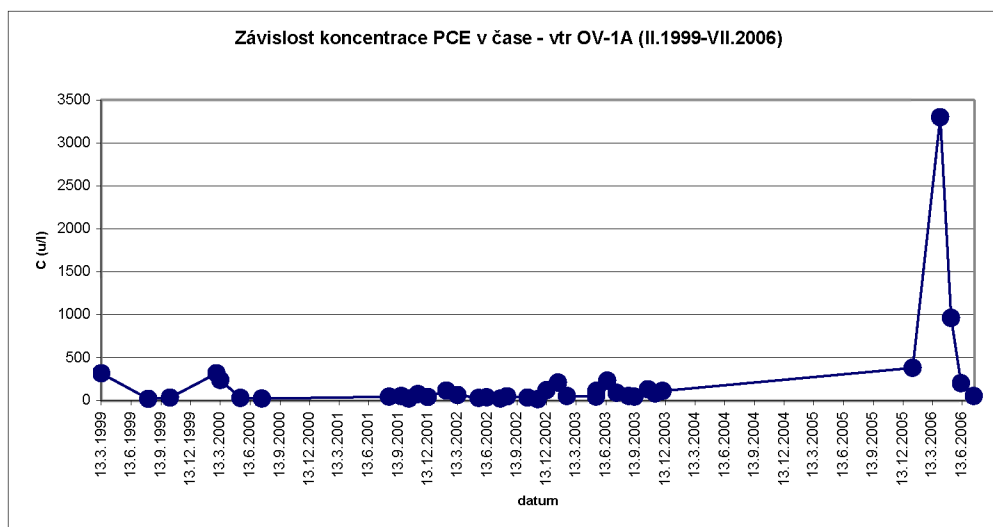
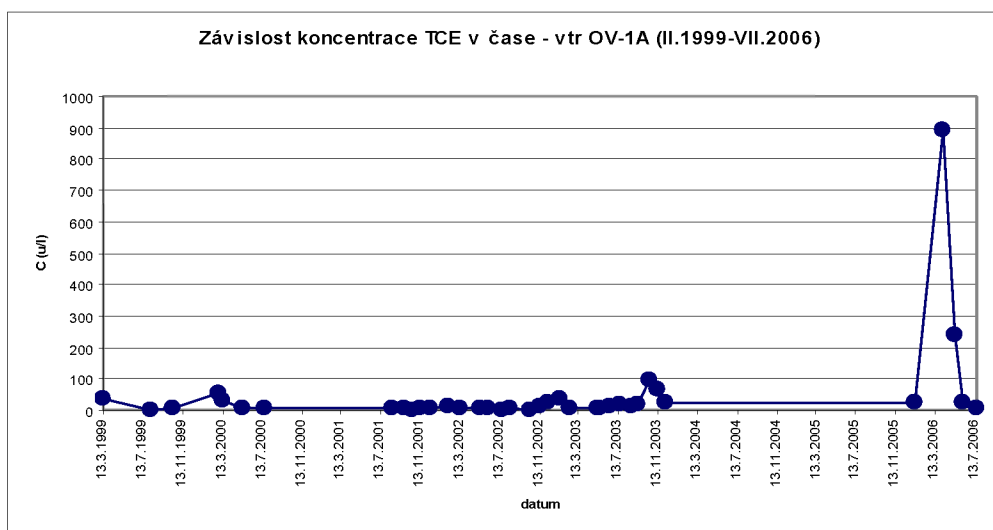
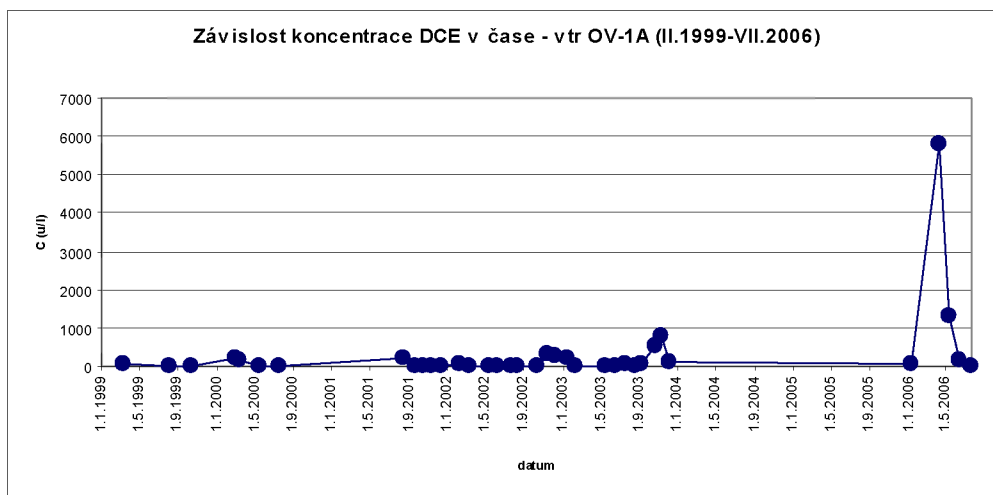
(www.mapy.cz, 2008)

Příloha č. 3: Geologická mapa ČR s vyznačením popisované lokality

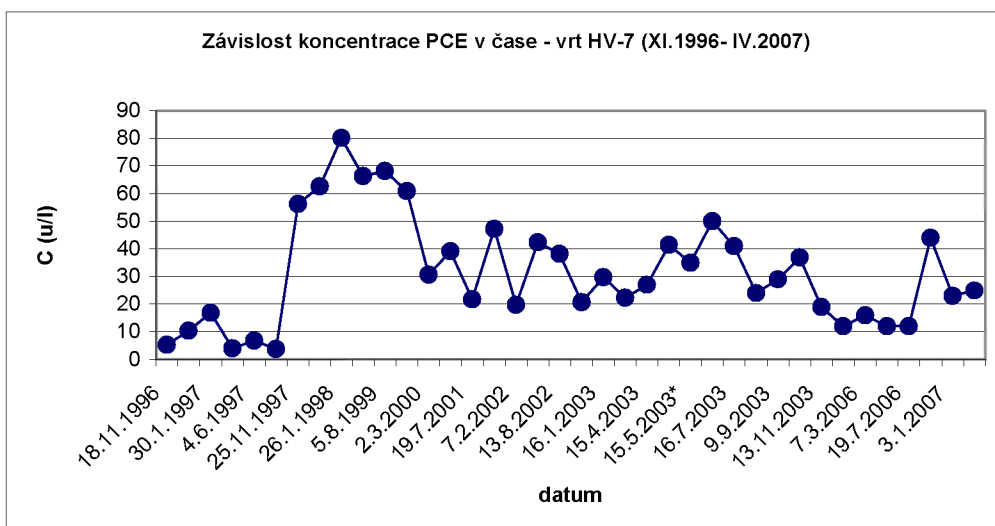
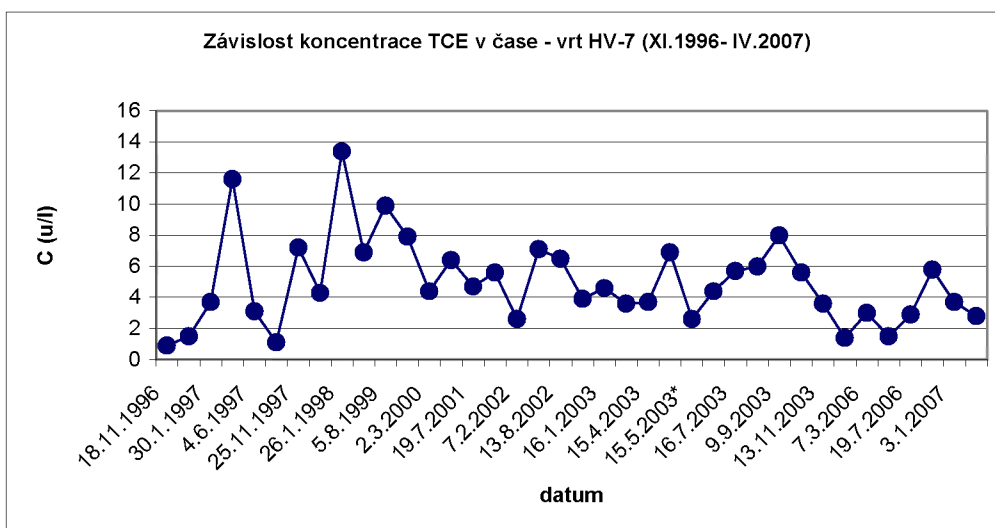
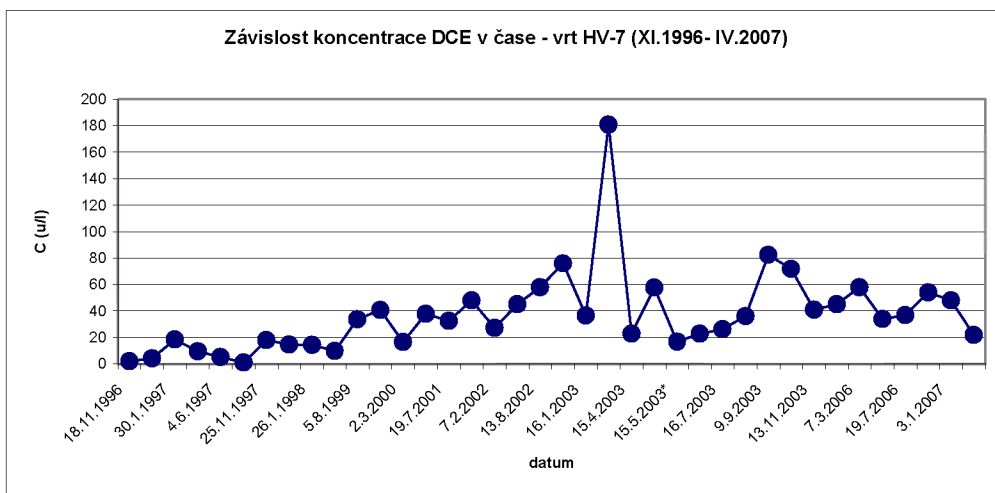


(www.nts5.cgu.cz; 2008)

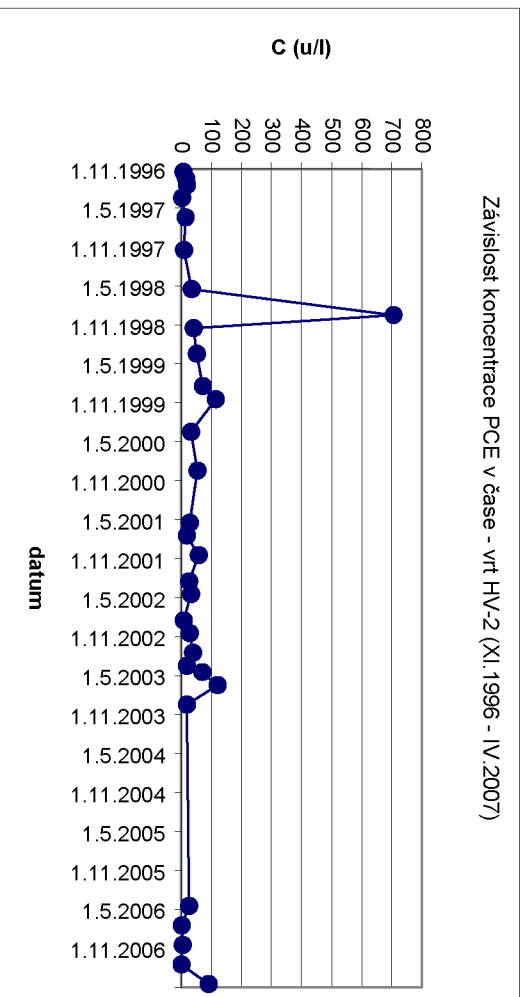
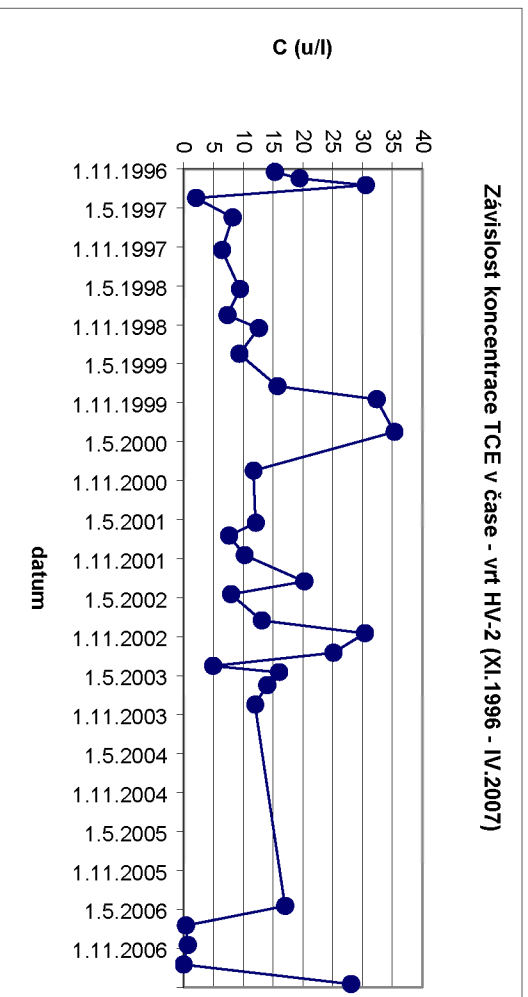
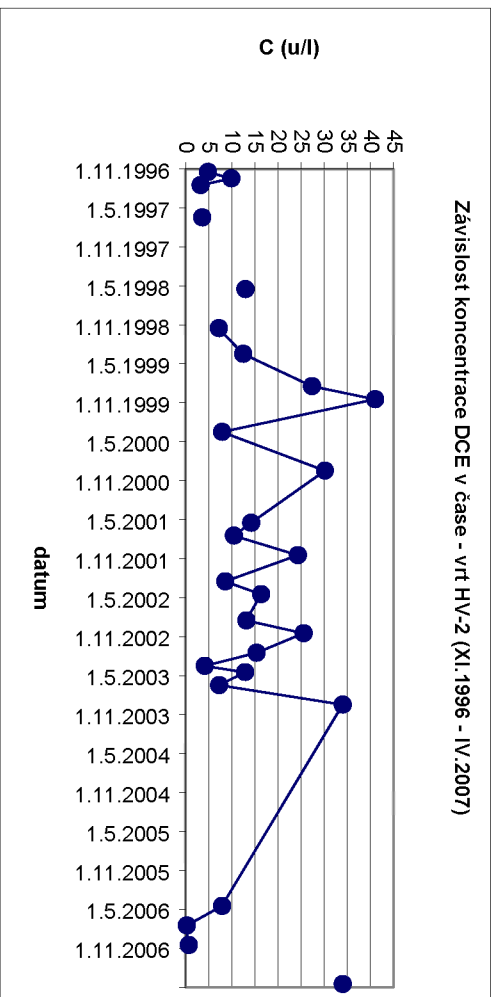
Příloha č. 4: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu OV 1A



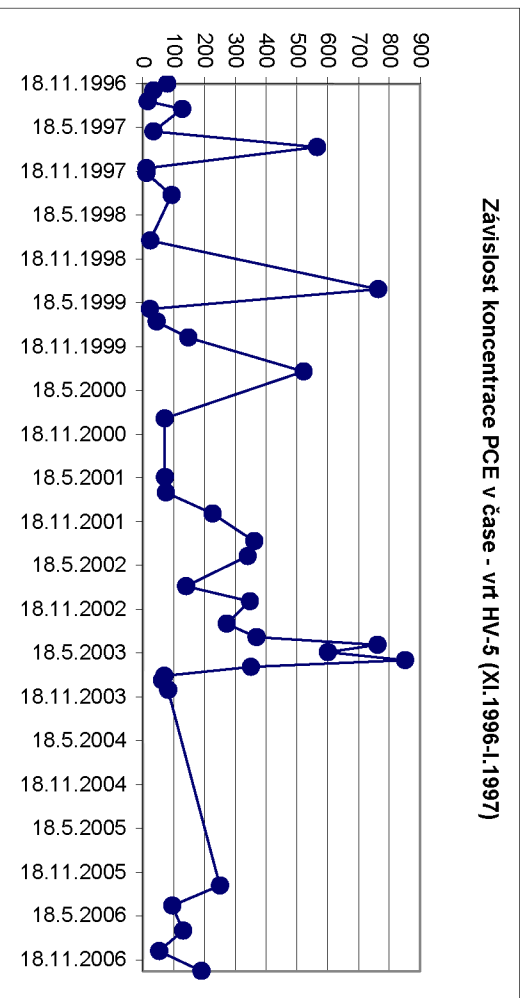
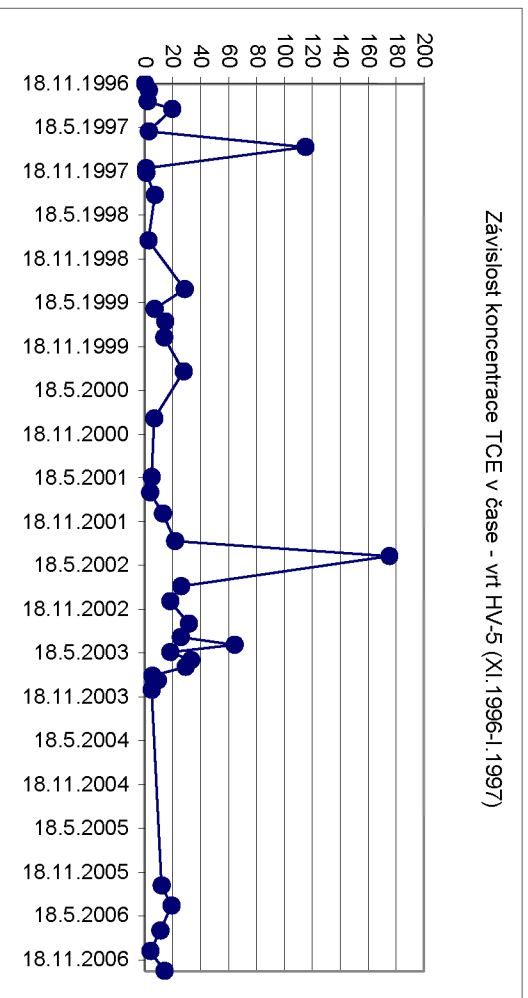
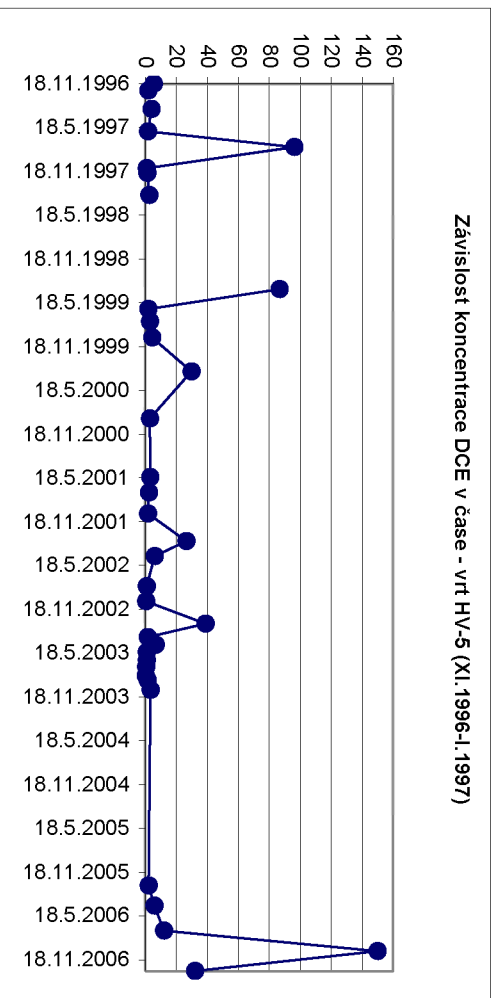
Příloha č. 5: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 7



Příloha č. 6: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 2

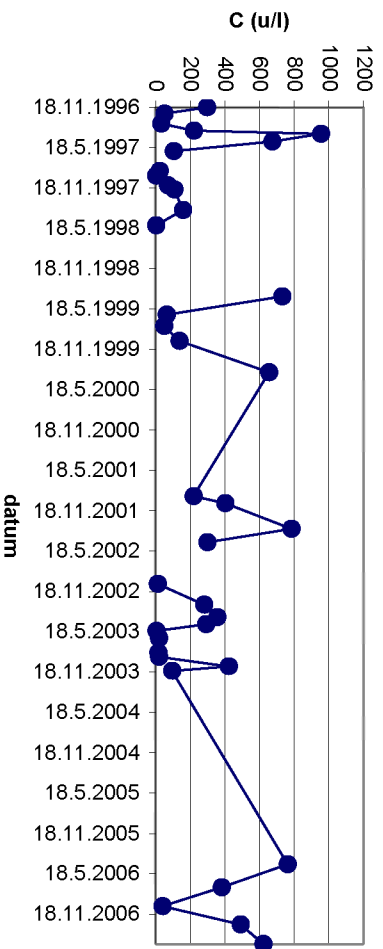


Příloha č. 7: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 5

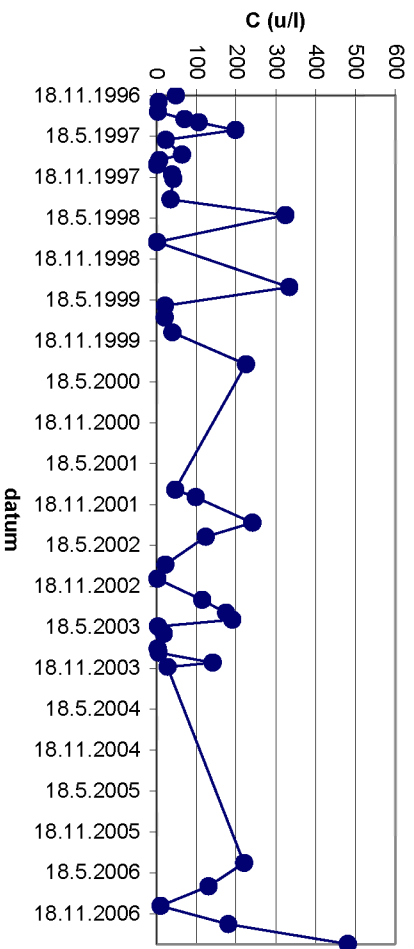


Príloha č. 8: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 6

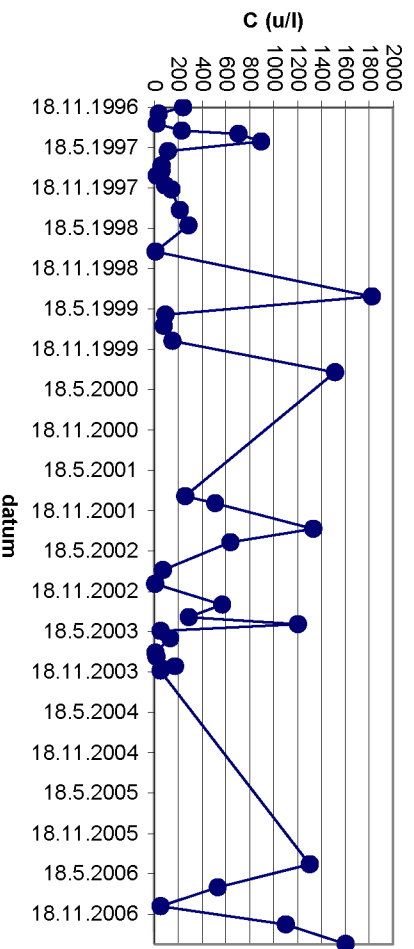
Závislost koncentrace DCE v čase - vrt HV-6 (XI.1996- IV.2007)



Závislost koncentrace TCE v čase - vrt HV-6 (XI.1996- IV.2007)

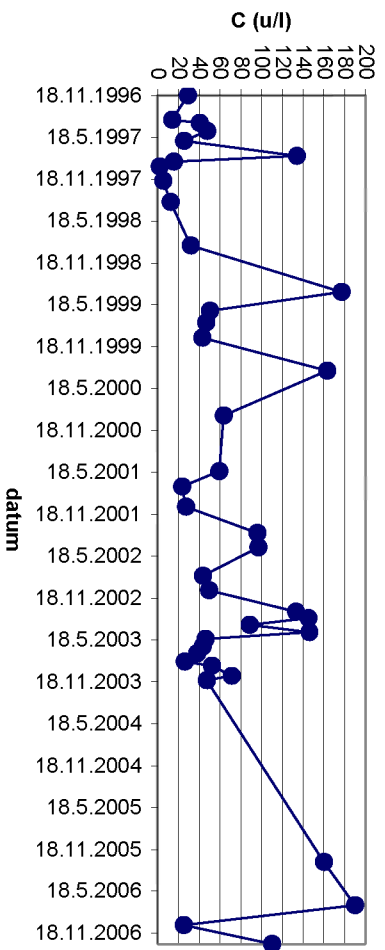


Závislost koncentrace PCE v čase - vrt HV-6 (XI.1996- IV.2007)

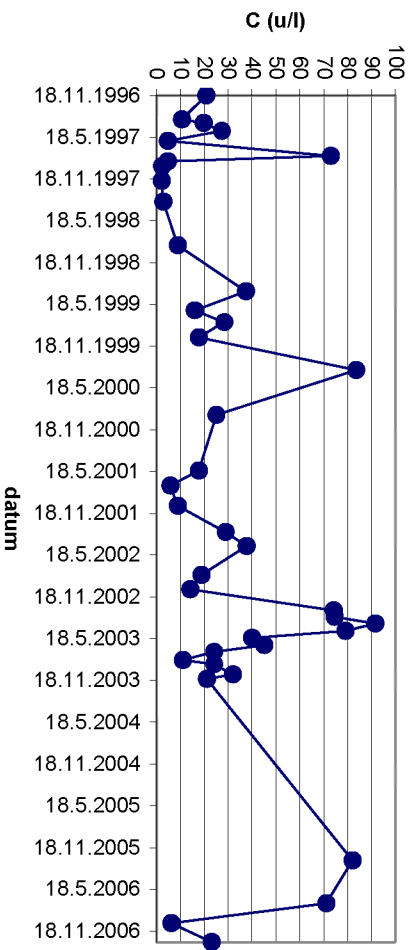


Příloha č. 9: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu OH 1

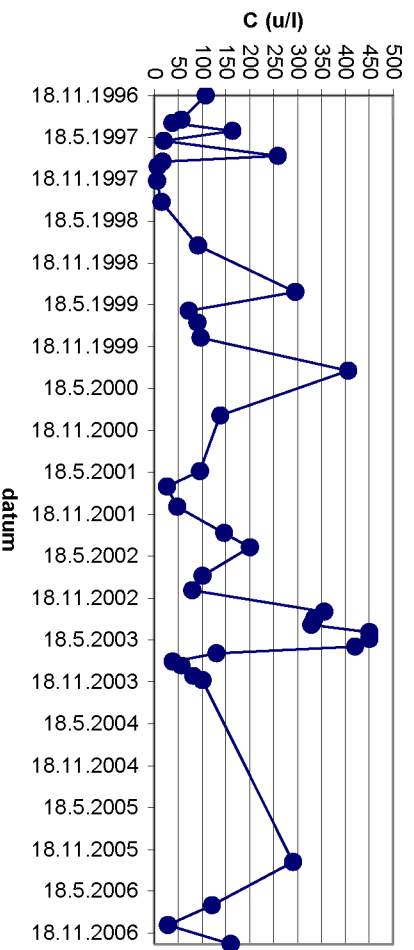
Závislost koncentrace DCE v čase - vrt OH-1 (XI.1996- I.2006)



Závislost koncentrace TCE v čase - vrt OH-1 (XI.1996- I.2006)

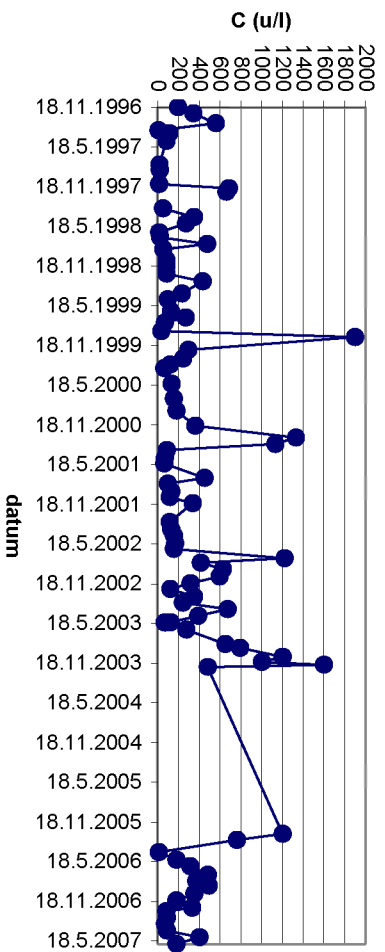


Závislost koncentrace PCE v čase - vrt OH-1 (XI.1996- I.2006)

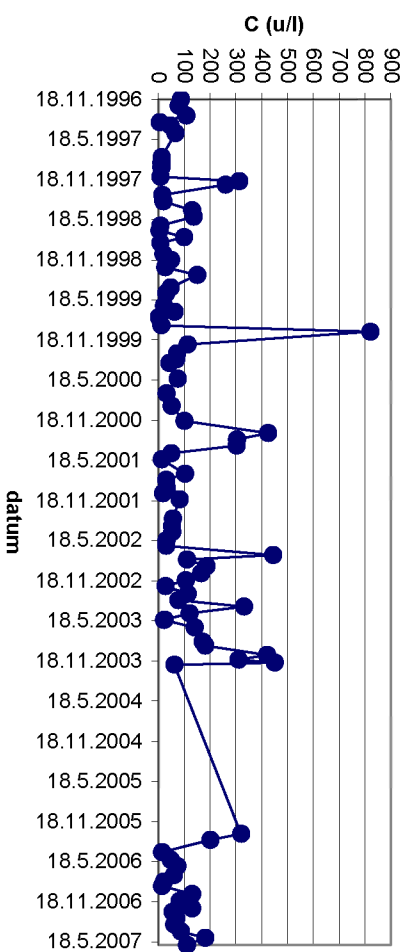


Příloha č. 10: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 3

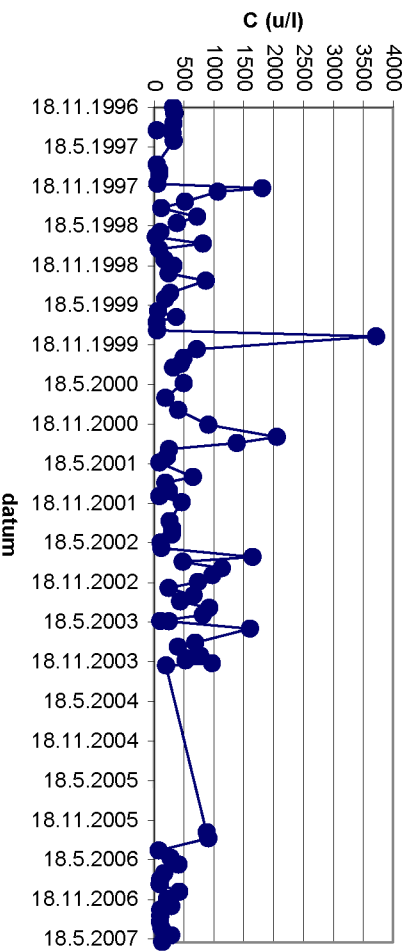
Závislost koncentrace DCE v čase - vrt HV-3 (XI.1996-VI.2007)



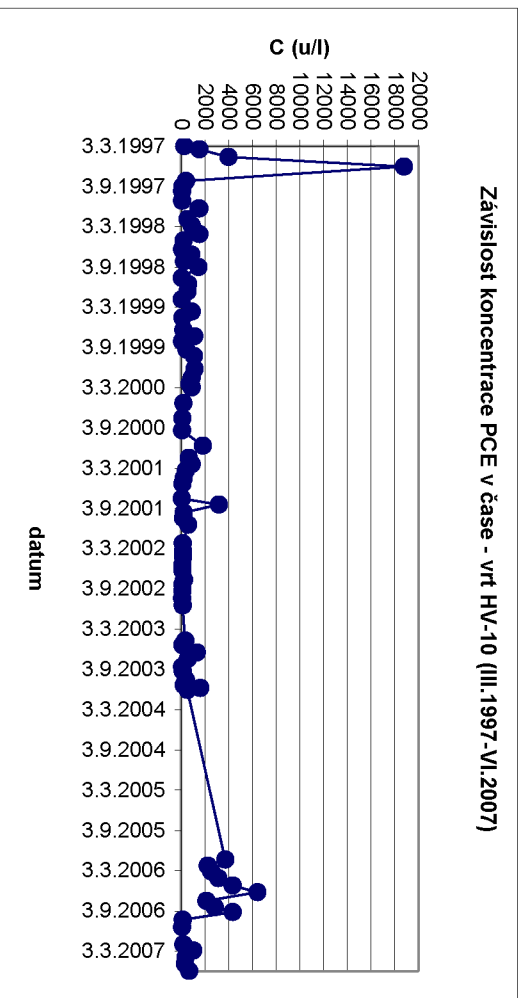
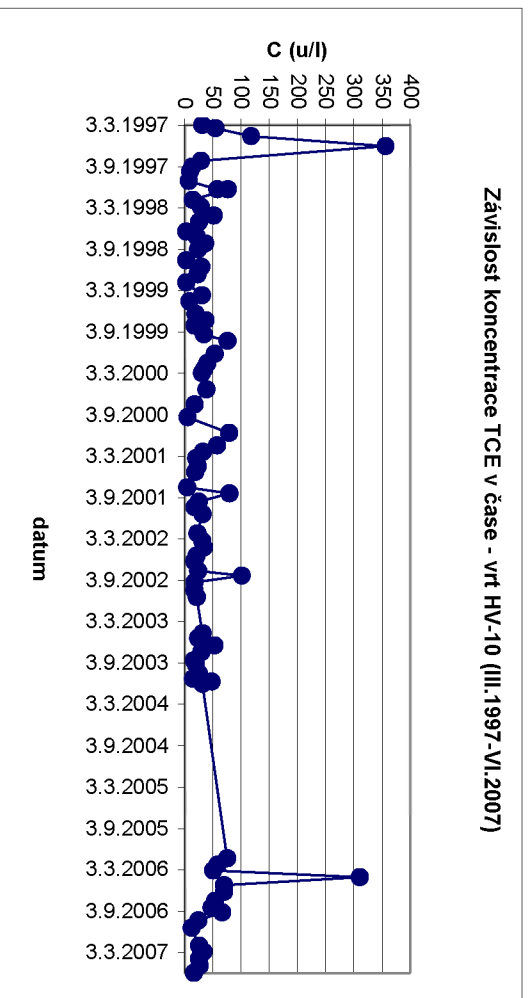
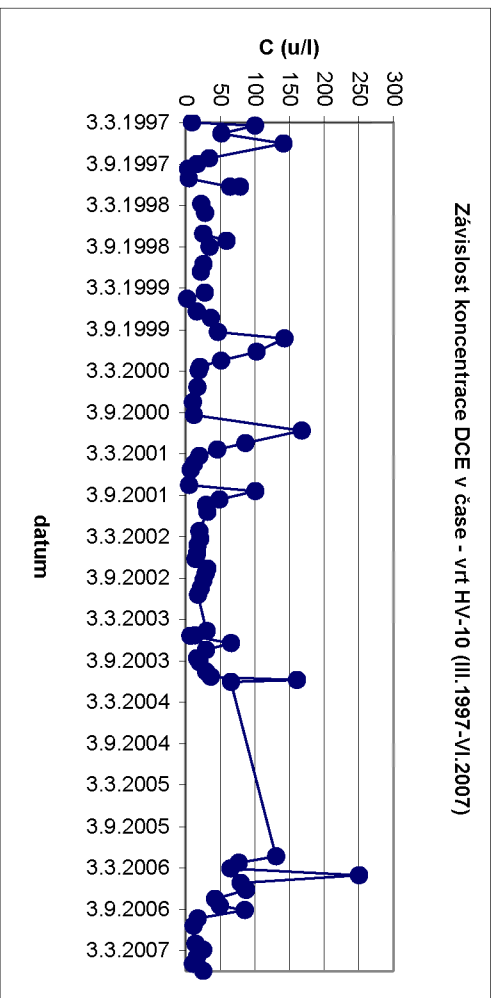
Závislost koncentrace TCE v čase - vrt HV-3 (XI.1996-VI.2007)



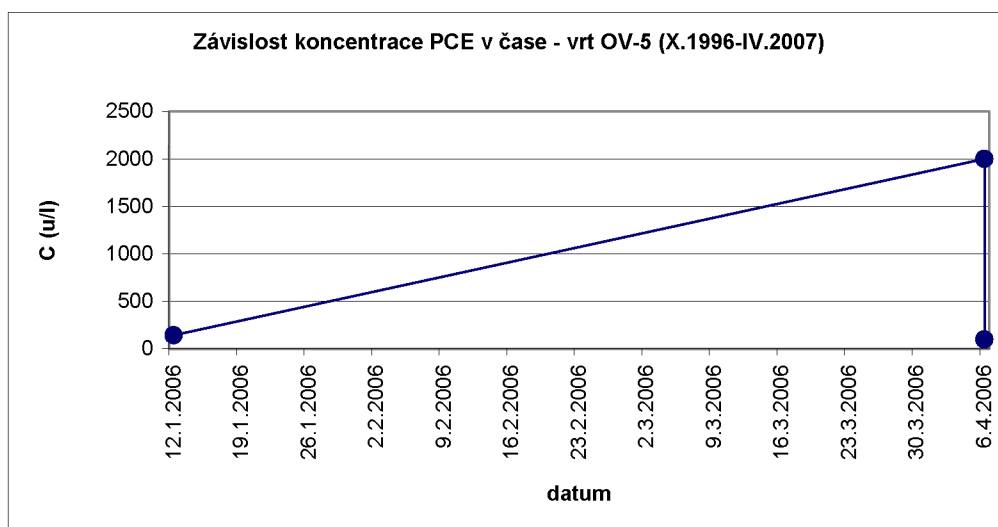
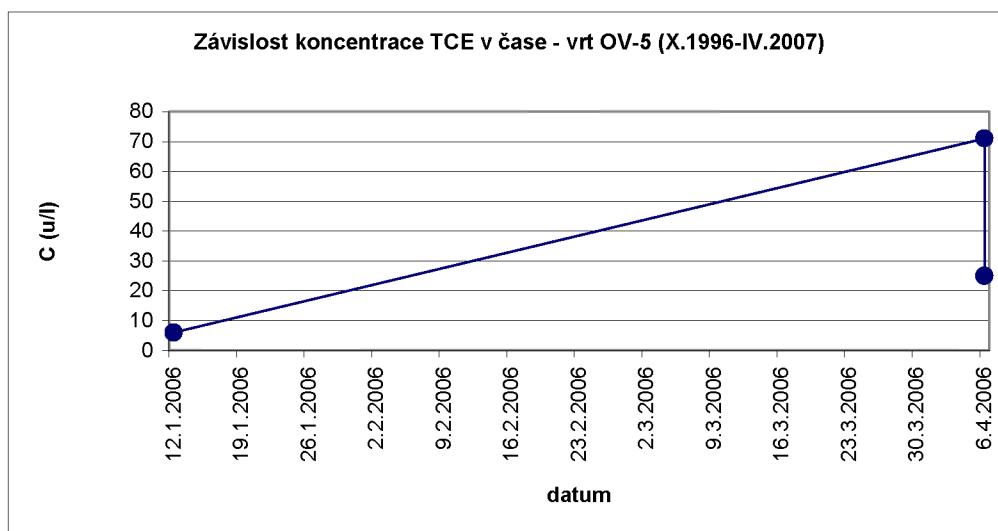
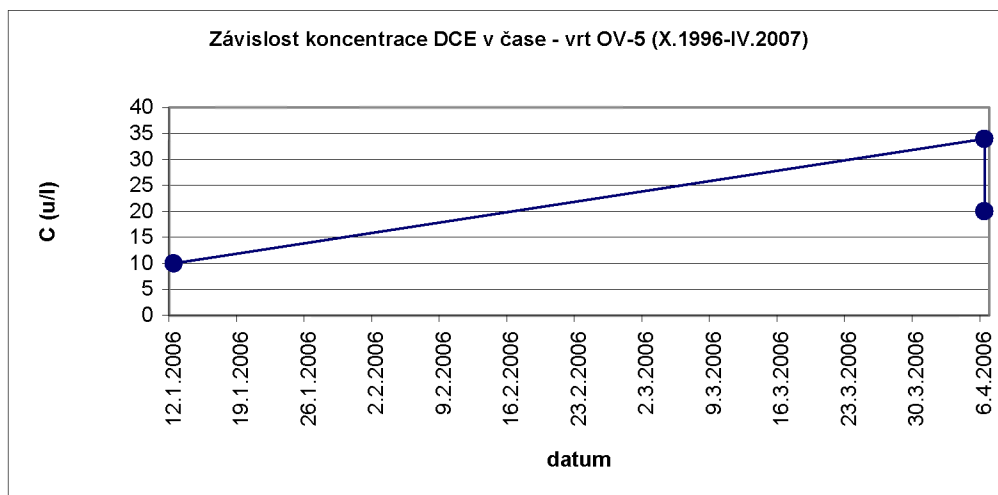
Závislost koncentrace PCE v čase - vrt HV-3 (XI.1996-VI.2007)



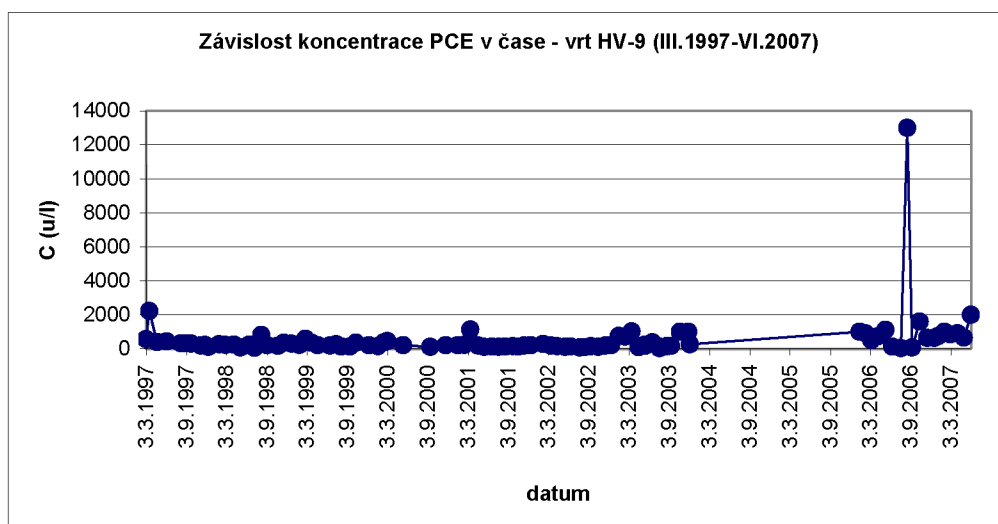
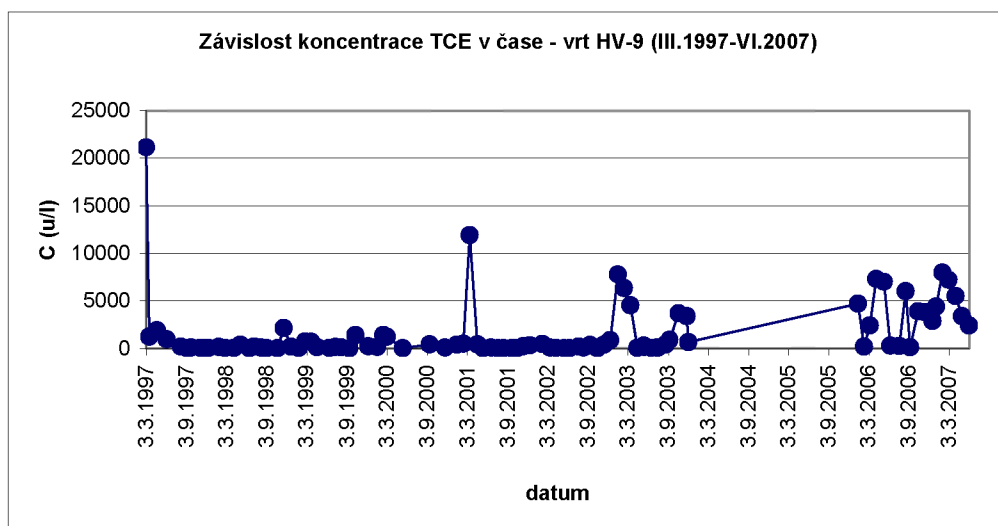
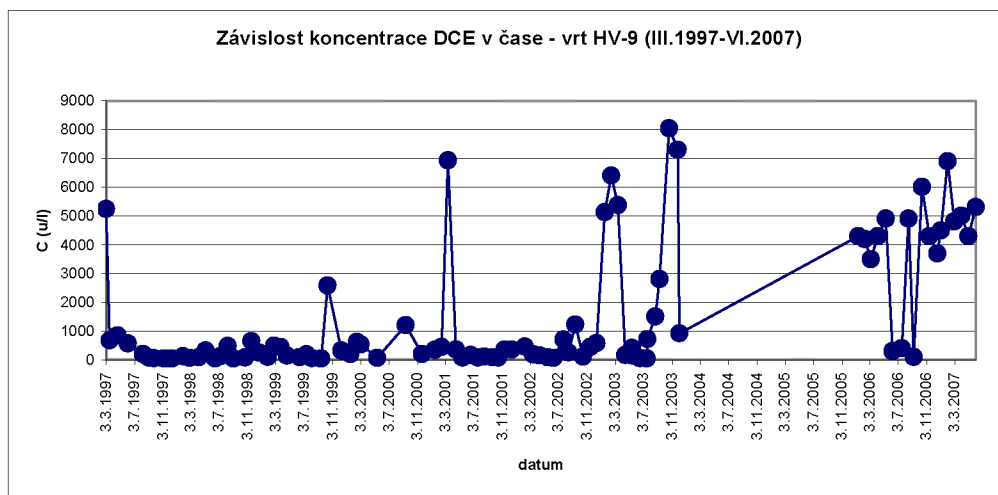
Příloha č. 11: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 10



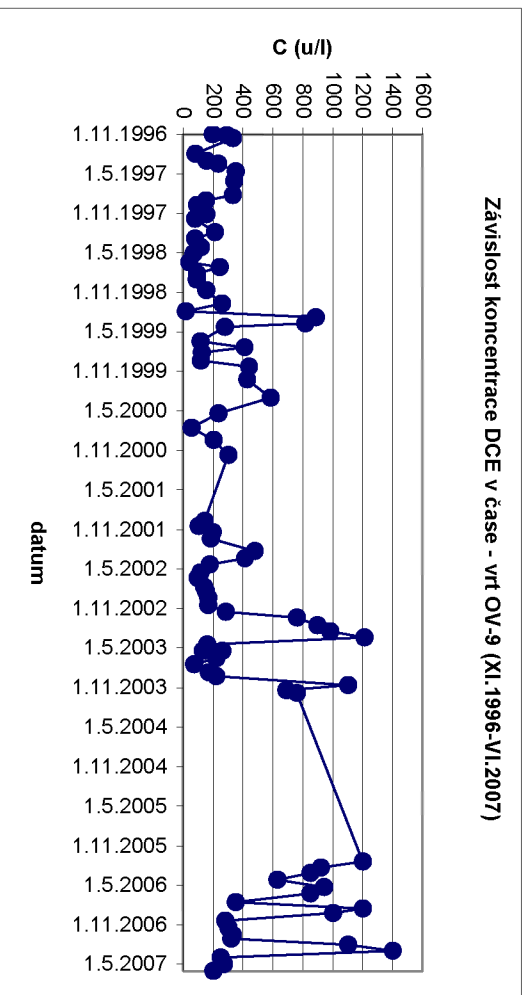
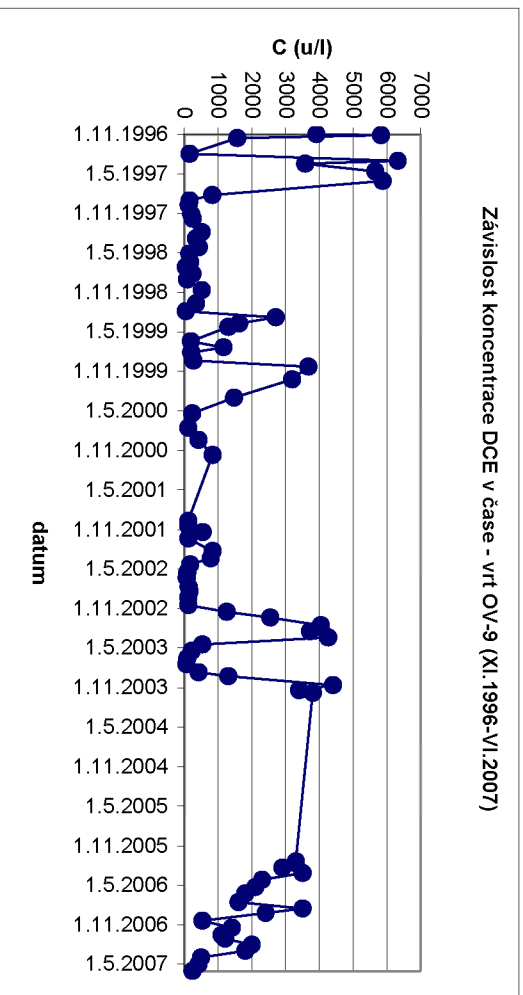
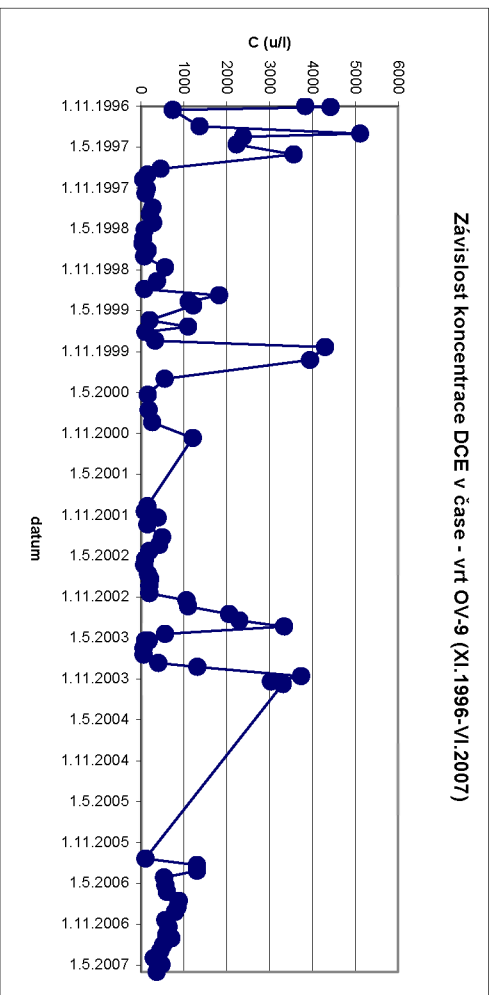
Příloha č.12: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu OV 5



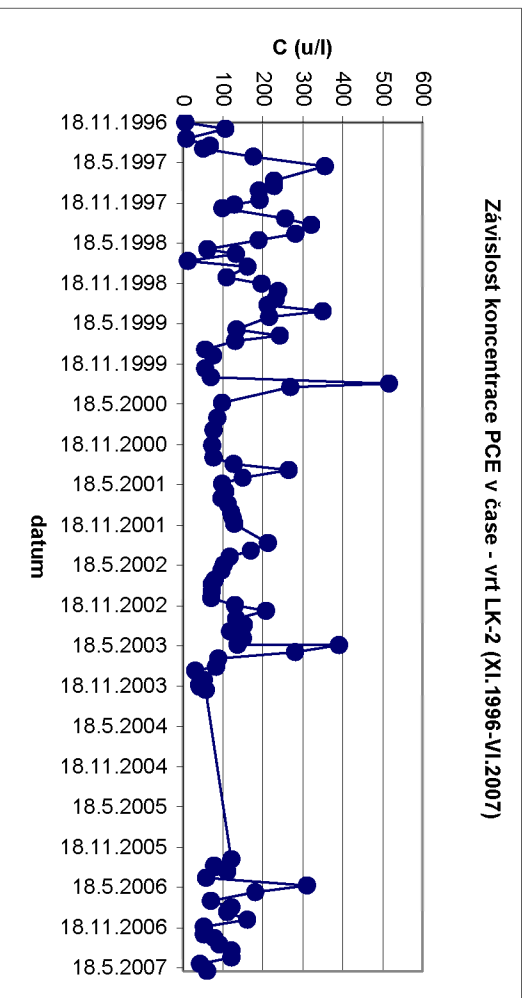
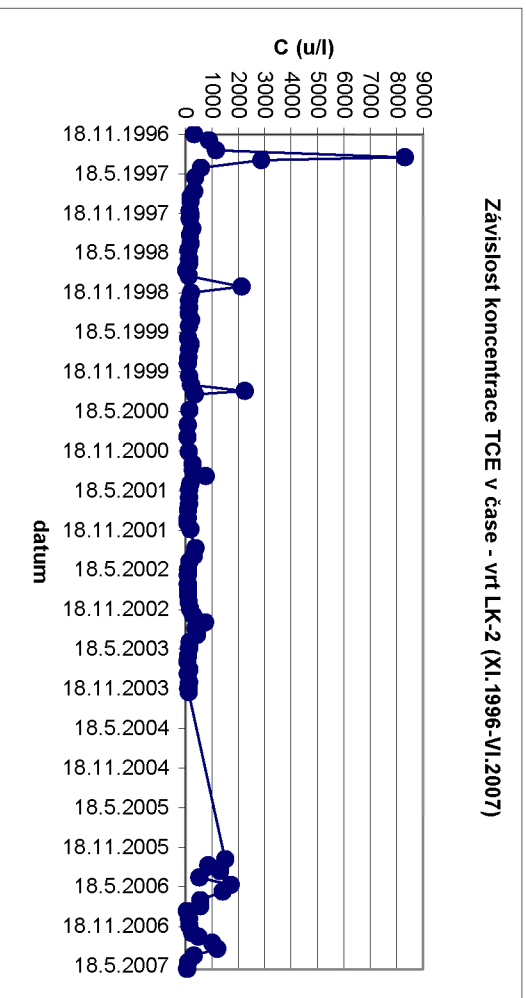
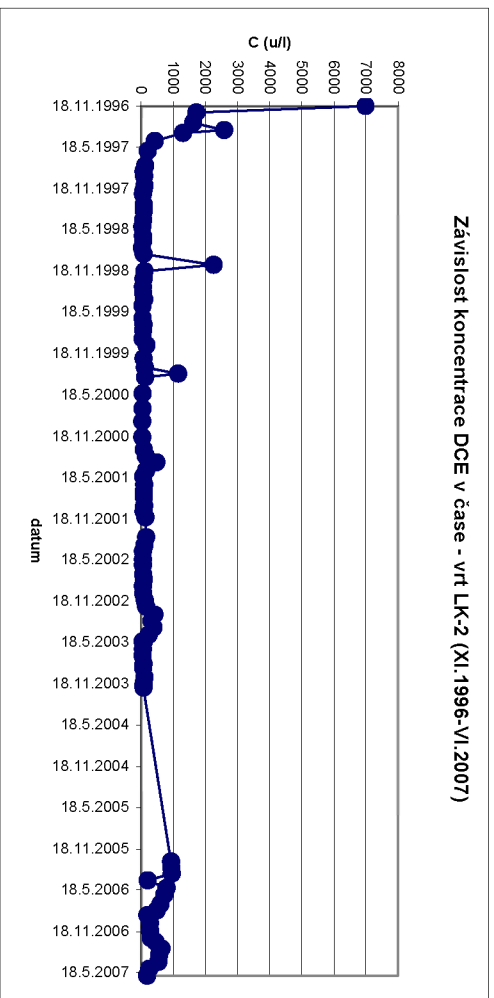
Příloha č.13: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu HV 9



Příloha č. 14: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu OV 9



Příloha č. 15: Vývoj koncentrace DCE, TCE a PCE ve vrtu LK 2



Příloha č. 16: Vývoj koncentrací Cl-U v podzemní vodě ve vrtu OV 1A (µg/l)

	1999			2000	2001							
	13.3.1999	5.8.1999	11.10.1999	2.3.2000	13.3.2000	14.5.2000	19.7.2000	15.8.2001	21.9.2001	15.10.2001	12.11.2001	12.12.2001
DCE	49,5	20	18,7	213	131	14,3	20,3	196	19	6,3	13,7	7,1
TCE	34,2	2,2	4,3	53,2	29,3	4,4	3,9	3,4	4,2	1,9	6	4,1
PCE	317	17,6	32,5	318	239	30,2	23,9	42,8	51,3	21,1	73,3	41,5
suma Cl-U	400,7	39,8	55,5	584,2	399,3	48,9	48,1	242,2	74,5	29,3	93	52,7
koef.stárnutí	7,09	0,99	1,97	1,74	2,05	2,42	1,37	0,24	2,92	3,65	5,79	6,42
	2002											
	7.2.2002	14.3.2002	17.5.2002	11.6.2002	23.7.2002	13.8.2002	15.10.2002	15.11.2002	12.12.2002			
DCE	29	19,5	14,1	16,2	6,6	13,7	6,3	319	255			
TCE	11,1	6,3	4,1	5,1	2,3	7,1	2,7	11,5	25,7			
PCE	115	62	29,6	38,2	22,6	50,2	35	14,1	118			
suma Cl-U	155,1	87,8	47,8	59,5	31,5	71	44	344,6	398,7			
koef.stárnutí	4,35	3,50	2,39	2,67	3,77	4,18	5,98	0,08	0,56			
	2003											
	16.1.2003	13.2.2003	14.5.2003	15.5.2003	17.6.2003	16.7.2003	22.8.2003	9.9.2003	20.10.2003	12.11.2003	4.12.2003	
DCE	189	8,7	17,7	12	22	64	23	57	501,3	760	130	
TCE	34,9	5,8	6,6	6,3	13	20	9,2	19	93	63	24	
PCE	207	53,8	45,4	110	230	88	51	45	130	80	110	
suma Cl-U	430,9	68,3	69,7	128,3	265	172	83,2	121	724,3	903	264	
koef.stárnutí	1,28	6,85	2,94	9,69	11,05	1,69	2,62	1,12	0,44	0,19	1,03	
	2006											
	12.1.2006	6.4.2006	10.5.2006	9.6.2006	19.7.2006							
DCE	64	5800	1300	160	14							
TCE	25	890	240	23	5,7							
PCE	380	3300	960	200	51							
suma Cl-U	469	10024	2507	383	70,7							
koef.stárnutí	6,33	0,72	0,92	1,39	4,05							

Příloha č. 17: Vývoj koncentrací Cl-U v podzemní vodě ve vrtu HV 7 (µg/l)

	1996		1997				1998		1999			
	18.11.1996	16.12.1996	30.1.1997	3.3.1997	4.6.1997	8.8.1997	25.11.1997	2.9.1998	26.1.1998	23.3.1999	5.8.1999	11.10.1999
DCE	2,1	4,4	18,5	9,7	5,4	1,2	18,2	14,7	14,5	10	33,8	40,7
TCE	0,9	1,5	3,7	11,6	3,1	1,1	7,2	4,3	13,4	6,9	9,9	7,9
PCE	5,3	10,4	16,9	4,1	6,8	3,8	56,3	62,6	80,2	66,3	68,2	60,9
suma Cl-U	8,3	16,3	39,1	25,4	15,3	6,1	81,7	81,6	108	83,2	112	110
koef.stárnutí	5,73	10,74	17,10	5,30	7,37	4,72	56,70	62,89	81,12	66,99	68,49	61,09
	1999		2000		2001			2002				
	23.3.1999	5.8.1999	11.10.1999	2.3.2000	13.9.2001	19.7.2001	15.10.2001	7.2.2002	10.4.2002	13.8.2002	15.10.2002	
DCE	10	33,8	40,7	16,7	37,8	32,6	48	27,2	45,1	57,9	76	
TCE	6,9	9,9	7,9	4,4	6,4	4,7	5,6	2,6	7,1	6,5	3,9	
PCE	66,3	68,2	60,9	30,7	39,2	21,7	47,3	19,7	42,4	38,2	20,7	
suma Cl-U	83,2	112	110	51,8	83,4	59	101	49,5	94,6	103	101	
koef.stárnutí	66,99	68,49	61,09	30,96	39,37	21,84	47,42	19,80	42,56	38,31	20,75	
2003												
	16.1.2003	14.3.2003	15.4.2003	14.5.2003	15.5.2003*	17.6.2003	16.7.2003	22.8.2003	9.9.2003	20.10.2003	13.11.2003	
DCE	36,6	181	22,9	57,6	17	23	26,2	36,2	82,5	72	41	
TCE	4,6	3,6	3,7	6,9	2,6	4,4	5,7	6	8	5,6	3,6	
PCE	29,8	22,3	27	41,5	35	50	41	24	29	37	19	
suma Cl-U	71	207	53,6	106	54,6	77,4	72,9	66,2	120	115	63,6	
koef.stárnutí	29,93	22,32	27,16	41,62	35,15	50,19	41,22	24,17	29,10	37,08	19,09	
	2006			2007								
	12.1.2006	7.3.2006	6.4.2006	19.7.2006	13.10.2006	3.1.2007	1.4.2007					
DCE	45	58	34	37	54	48	22					
TCE	1,4	3	1,5	2,9	5,8	3,7	2,8					
PCE	12	16	12	12	44	23	25					
suma Cl-U	58,4	77,5	47,5	51,9	104	74,7	49,8					
koef.stárnutí	12,03	16,05	12,04	12,08	44,11	23,08	25,13					

* kontrolní odběr

Příloha č. 18: Vývoj koncentrací Cl-U v podzemní vodě ve vrtu HV 2 (µg/l)

	1996		1997				1998			1999		
	18.11.1996	16.12.1996	30.1.1997	3.3.1997	4.6.1997	25.11.1997	5.5.1998	2.9.1998	18.11.1998	23.3.1999	5.8.1999	11.10.1999
DCE	4,8	9,8	3,2	-----	3,5	-----	12,9	-----	7,1	12,4	27,3	41
TCE	15,3	19,4	30,5	2,1	8,2	6,4	9,4	7,3	12,6	9,3	15,7	32,3
PCE	6,8	15,3	18	2,6	14,1	8,7	33,6	705	40,9	50,9	71,5	114
sumaCl-U	25,1	44,5	51,7	4,7	25,8	15,1	55,9	712,3	60,6	72,6	114,5	187,3
koef.stárnutí	4,60	3,54	15,16	-----	6,37	-----	3,33	-----	7,54	4,85	3,19	3,57
	2001			2002				2003				
	14.5.2001	19.7.2001	15.10.2001	7.2.2002	10.4.2002	13.8.2002	15.10.2002	16.1.2003	14.3.2003	15.4.2003	17.6.2003	9.9.2003
DCE	14,1	10,4	24,2	8,5	16,3	13,1	25,5	15,3	4,1	12,8	7,2	34
TCE	12,1	7,6	10,2	20,2	7,9	13,1	30,3	25,1	4,9	16	14	12
PCE	27,7	17,6	57,1	25,4	31,9	7,5	27,1	38,2	18,3	69	120	18
sumaCl-U	53,9	35,6	91,5	54,1	56,1	33,7	82,6	78,6	27,3	97,8	141,2	64
koef.stárnutí	2,82	2,42	2,78	5,36	2,44	1,57	2,25	4,14	5,66	6,64	18,61	0,88
	2006			2007								
	6.4.2006	19.7.2006	13.10.2006	3.1.2007	1.4.2007							
DCE	7,8	0,2	0,6	-----	34							
TCE	17	0,4	0,7	0	28							
PCE	26	1,5	4,3	0,5	90							
sumaCl-U	50,8	2,1	5,6	0,5	150							
koef.stárnutí	5,51	9,50	8,33	-----	3,47							

Příloha č. 19: Vývoj koncentrací CI-U v podzemní vodě ve vrtu HV 3 (µg/l)

	18.11.1996	16.12.1996	30.1.1997	3.3.1997	17.3.1997	21.4.1997	8.8.1997	2.9.1997	23.9.1997	5.11.1997	25.11.1997	11.12.1997
DCE	193,1	341,9	556,1	6,6	111,1	83	16,1	19,4	-----	13,5	682,1	658,4
TCE	86,5	77,8	108	5,5	45,8	65	12,4	10,7	11,3	7,6	312,4	260
PCE	311,1	332	313,4	34,8	299,2	321	34,9	74,1	79,1	47,6	1804	1061
sumaCI-U	591	752	976	46,9	456	469	63,4	104	90,4	68,7	2799	1980
koef.stárnutí	311,55	332,23	313,59	35,63	299,61	321,78	35,67	74,65	-----	48,16	1804,46	1061,39
	27.1.1998	25.2.1998	6.4.1998	5.5.1998	15.6.1998	7.7.1998	7.8.1998	2.9.1998	21.10.1998	18.11.1998	22.12.1998	
DCE		50,5	347	272	13	22,2	474,2	50,8	84,3	82,3	82,9	
TCE	15	18,2	130	136	7,3	3,1	98,8	7,8	18,8	47,6	25,7	
PCE	505,8	111	710	377	95,4	22,1	809	75	166	313	237	
sumaCI-U	521	180	1187	785	116	47,4	1382	134	265	443	346	
koef.stárnutí		111,36	710,37	377,50	95,96	22,24	809,21	75,15	166,22	313,58	237,31	
	26.1.1999	23.3.1999	19.4.1999	14.6.1999	12.7.1999	5.8.1999	13.9.1999	11.10.1999	9.12.1999			
DCE	431	230	95,2	125	267	66,6	33,2	1900	293			
TCE	150	47,2	30	20,7	62,4	1,1	10,9	821	112			
PCE	855	264	176	56,3	366	39,1	42,7	3710	704			
sumaCI-U	1436	541	301	202	695	107	86,8	6431	1109			
koef.stárnutí	855,35	264,21	176,32	56,47	366,23	39,12	43,03	3710,43	704,38			
	18.1.2000	15.2.2000	2.3.2000	13.5.2000	19.7.2000	13.9.2000	21.11.2000					
DCE	244	116	61,4	133,6	153	178	359					
TCE	71,5	67,7	41,6	74,6	31,2	51	100					
PCE	488	439	308	489	180	398	899					
sumaCI-U	804	623	411	697	364	627	1358					
koef.stárnutí	488,29	439,58	308,68	489,56	180,20	398,29	899,28					
	15.1.2001	13.2.2001	13.3.2001	17.4.2001	14.5.2001	19.7.2001	15.8.2001	21.9.2001	15.10.2001	12.11.2001		
DCE	1330	1130	85,4	68,4	62,6	449	95,3	129	115	334		
TCE	424	304	303	49,3	12,1	102	29,2	31,8	17,2	82		
PCE	2050	1380	239	208	80,9	642	181	240	79	457		
sumaCI-U	3804	2814	627	326	156	1193	306	401	211	873		
koef.stárnutí	2050,32	1380,27	242,55	208,72	81,09	642,23	181,31	240,25	79,15	457,25		

	7.2.2002	14.3.2002	10.4.2002	17.5.2002	11.6.2002	23.7.2002	13.8.2002	12.9.2002	15.10.2002	15.11.2002	12.12.2002
DCE	113	130	155	167	155	1220	413	625	593	314	121
TCE	55,3	52	53,6	30,3	30	444	110	185	165	105	26,9
PCE	253	294	290	104	112	1640	469	1130	969	725	234
sumaCI-U	421	476	499	301	297	3304	992	1940	1727	1144	382
koef.stárnutí	253,49	294,40	290,35	104,18	112,19	1640,36	469,27	1130,30	969,28	725,33	234,22
	16.1.2003	13.2.2003	14.3.2003	15.4.2003	14.5.2003	15.5.2003	17.6.2003	22.8.2003	9.9.2003	20.10.2003	12.11.2003
DCE	349	240	670	387	123	65	272,5	650	790	1200	1000
TCE	113	76,8	331	120	23,1	21	140	170	180	420	310
PCE	652	428	916	810	98	240	1600	680	390	760	520
sumaCI-U	1114	745	1917	1317	244	326	2013	1500	1360	2380	1830
koef.stárnutí	652,32	428,32	916,49	810,31	98,19	240,32	1600,51	680,26	390,23	760,35	520,31
	25.11.2003	5.12.2003									
DCE	1600	480									
TCE	450	62									
PCE	960	190									
sumaCI-U	3010	732									
koef.stárnutí	960,28	190,13									
	12.1.2006	9.2.2006	6.4.2006	10.5.2006	9.6.2006	19.7.2006	17.8.2006	7.9.2006	13.10.2006	14.11.2006	18.12.2006
DCE	1200	760	8,6	180	310	480	370	490	350	180	330
TCE	320	200	14	47	73	59	21	14	130	81	130
PCE	870	900	72	270	400	160	98	87	410	210	280
sumaCI-U	2390	1860	94,6	498,2	785,1	699	489	591	890	471	742,3
koef.stárnutí	870,27	900,26	73,63	270,26	400,24	160,12	98,06	87,03	410,37	210,45	280,39
	3.1.2007	1.2.2007	1.3.2007	1.4.2007	1.5.2007	1.6.2007					
DCE	81	86	69	86	400	180					
TCE	55	69	61	86	180	110					
PCE	95	94	89	120	280	130					
sumaCI-U	231	249	219	292	860	420					
koef.stárnutí	95,68	94,80	89,88	121,00	280,45	130,61					

Příloha č. 20: Vývoj koncentrací CI-U v podzemní vodě ve vrtu HV 10 (µg/l)

	3.3.1997	17.3.1997	21.4.1997	4.6.1997	8.8.1997	2.9.1997	23.9.1997	5.11.1997	11.12.1997	11.12.1997	
DCE	8,9	99,5	51,4	141	33,6	16	3,1	4	63,5	77,8	
TCE	30,8	53,8	117,2	355,9	28,5	13	9,2	6,8	57,3	76	
PCE	238	1502	3965	18765	369,9	88	67,2	47	1511	1442	
sumaCI-U	278	1655	4133	19262	432	117	79,5	57,8	1631	1595	
koef.stárnutí	241,46	1502,54	3967,28	18767,52	370,75	88,81	70,17	48,70	1511,90	1442,98	
	27.1.1998	25.2.1998	6.4.1998	5.5.1998	15.6.1998	7.7.1998	7.8.1998	2.9.1998	21.10.1998	18.11.1998	22.12.1998
DCE		22,1	27,5			24,7	58,4	34		25,6	21,9
TCE	13,8	27,7	51,2	24,7	2,5	20,6	35,7	23	2,2	29,1	22,3
PCE	501,3	854	1520	189	40,4	835	204	1430	23,4	576	512
sumaCI-U	515	904	1599	214	42,9	880	298	1487	25,6	631	556
koef.stárnutí		855,25	1521,86			835,83	204,61	1430,68		577,14	513,02
	26.1.1999	23.3.1999	19.4.1999	14.6.1999	12.7.1999	5.8.1999	13.9.1999	11.10.1999	9.12.1999		
DCE		27,3	2	15,9	35,9		46,2	142	102		
TCE	2,5	29,9	7,7	18,6	36,1	16,9	33,2	75,6	52,6		
PCE	22,5	869	76,8	162	1070	63	425	1050	1110		
sumaCI-U	25	926	86,5	197	1142	79,9	504	1268	1265		
koef.stárnutí		870,10	80,65	163,17	1071,01		425,72	1050,53	1110,52		
	18.1	15.2.2000	2.3.2000	13.5.2000	19.7.2000	13.9.2000	21.11.2000				
DCE	50,7	20,2	18,4	16,8	10	11,4	167				
TCE	39,7	33,4	29,9	38,1	17,1	4,3	78,4				
PCE	865	680	863	173	90,2	40,9	1800				
sumaCI-U	955	734	911	228	117	56,6	2045				
koef.stárnutí	865,78	681,65	864,63	175,27	91,91	41,28	1800,47				
	15.1.2001	13.2.2001	13.3.2001	17.4.2001	13.5.2001	19.7.2001	15.8.2001	21.9.2001	15.10.2001	15.11.2001	
DCE	85,9	45,2	19,5	11,7	6,8	4,7	100	48,5	28,9	30,7	
TCE	56,8	32	20,1	22,5	18,2	3,9	78,9	24,4	16,9	31,1	
PCE	619	855	388	200	80,7	18,8	3150	192	123	568	
sumaCI-U	762	932	428	234	106	27,4	3329	265	169	630	
koef.stárnutí	619,66	855,71	389,03	201,92	83,38	19,63	3150,79	192,50	123,58	569,01	

	7.2.2002	14.3.2002	10.4.2002	17.5.2002	11.6.2002	23.7.2002	13.8.2002	12.9.2002	15.10.2002	15.11.2002	
DCE	19,6	20,6	17,1	16,2	13,9	30,8	28,5	25,4	21,5	17,7	
TCE	22,3	30,6	33,7	20,3	16,2	23,5	101	17,2	16,3	20,9	
PCE	105	131	139	83,8	75,6	202	70,9	73,4	64,9	94,5	
sumaCI-U	147	182	190	120	106	256	200	116	103	133	
koef.stárnutí	106,14	132,49	140,97	85,05	76,77	202,76	74,44	74,08	65,66	95,68	
	24.4.2003	14.5.2003	15.5.2003	17.6.2003	16.7.2003	22.8.2003	9.9.2003	20.10.2003	12.11.2003	25.11.2003	4.12.2003
DCE	30	12,8	6,6	65	29	16	20	29	36	160	65
TCE	31	23,9	23	52	29	16	19	25	14	47	31
PCE	330	91,7	270	1300	540	60	120	380	200	1600	510
sumaCI-U	391	128	300	1417	598	92	159	434	250	1807	606
koef.stárnutí	331,03	93,57	273,48	1300,80	541,00	61,00	120,95	380,86	200,39	1600,29	510,48
	12.1.2006	9.2.2006	7.3.2006	6.4.2006	10.5.2006	9.6.2006	19.7.2006	17.8.2006	7.9.2006	13.10.2006	14.11.2006
DCE	130	76	64	250	79	87	42	49	85	17	11
TCE	75	58	50	310	69	69	53	47	66	24	12
PCE	3700	2200	2500	3100	4300	6400	2100	2800	4300	110	56
sumaCI-U	3905	2334	2614	3660	4448	6556	2195	2896	4451	151	79
koef.stárnutí	3700,58	2200,76	2500,78	3101,24	4300,87	6400,79	2101,26	2800,96	4300,78	111,41	57,09
	1.2.2007	1.3.2007	1.4.2007	1.5.2007	1.6.2007						
DCE	14	25	16	10	25						
TCE	25	33	25	26	16						
PCE	170	1000	350	300	640						
sumaCI-U	209	1058	391	336	681						
koef.stárnutí	171,79	1001,32	351,56	302,60	640,64						

Příloha č. 21: Vývoj koncentrací Cl-U v podzemní vodě ve vrtu OV 5 (µg/l)

	OV- 5A	OV- 5B			OV- 5C					
	2001	1999	2001	2001	2003					
	15.10.2001	13.3.1999	19.6.2001	21.9.2001	15.4.2003	14.5.2003	15.5.2003	17.6.2003	22.8.2003	9.9.2003
DCE	13,4	37,9	212	74,4	31,9	30,6	13	31	15	13
TCE	17,1	79,6	147	16,3	16	23,3	16	21	14	12
PCE	3530	10400	7940	321	320	253	510	400	50	27
sumaCl-U	3561	10518	8326	412	368	307	359	452	79	52
koef.stárnutí	3531,28	10402,10	7940,69	321,22	320,50	253,76	511,23	400,68	50,93	27,92
	OV- 5A	OV- 5B	OV- 5C							
	2006	2006	2006							
	19.7.2006	6.4.2006	12.1.2006	6.4.2006						
DCE	-----	34	10	20						
TCE	49	71	6	25						
PCE	4000	2000	140	97						
sumaCl-U	4049	2107	156	142						
koef.stárnutí	-----	2002,09	140,60	98,25						

Příloha č. 22: Vývoj koncentrací Cl-U v podzemní vodě ve vrtu HV 5 (µg/l)

	18.11.1996	16.12.1996	30.1.1997	3.3.1997	4.6.1997	8.8.1997	5.11.1997	25.11.1997	25.2.1998	2.9.1998
DCE	5,4	1,8	-----	4	1,7	96,1	0,9	1,2	2,4	-----
TCE	0	2,8	1,9	19,5	2,8	114,8	0,8	1	7,1	2,6
PCE	78,5	34,5	15,5	127	34,4	564,1	11	11	93,3	24,1
sumaCl-U	83,9	39,1	17,4	151	38,9	775	11,8	12	103	26,7
koef.stárnutí	78,50	36,06	-----	131,88	36,05	565,29	11,89	11,83	96,26	-----
	23.3.1999	14.6.1999	5.8.1999	11.10.1999	2.3.2000	13.9.2000	15.5.2001	19.7.2001	15.10.2001	
DCE	86,7	1,9	2,9	4,3	29,6	2,9	3,1	2,2	1,6	
TCE	28,4	6,9	14,4	13,8	27,8	6,6	4,7	3,6	12,9	
PCE	762	22,6	44,2	147	521	70,8	71,1	74,4	226	
sumaCl-U	877	31,4	61,5	165	578	77,4	76,4	78	239	
koef.stárnutí	762,33	26,23	49,17	150,21	521,94	73,08	72,62	76,04	234,06	
	7.2.2002	10.4.2002	13.8.2002	15.10.2002						
DCE	26,4	5,9	0,9	0,4						
TCE	21,4	175	25,9	18,1						
PCE	361	340	140	347						
sumaCl-U	709	521	166	365						
koef.stárnutí	361,81	369,66	168,78	392,25						
	16.1.2003	14.3.2003	15.4.2003	15.5.2003	17.6.2003	16.7.2003	22.8.2003	9.9.2003	20.10.2003	
DCE	38,7	1,5	6,7	0,9	0,8	0,4	0,2	1,5	3,3	
TCE	31,4	25,6	64	18	33	29	5,3	9,2	4,7	
PCE	271	369	760	600	850	350	69	62	82	
sumaCl-U	341	359	831	618	884	379	74,3	72,7	90	
koef.stárnutí	271,81	386,07	769,55	620,00	891,25	422,50	95,50	68,13	83,42	
	12.1.2006	6.4.2006	19.7.2006	13.10.2006	3.1.2007					
DCE	2	5,7	12	150	32					
TCE	12	19	11	3,9	14					
PCE	250	95	130	53	190					
sumaCl-U	262	119,7	153	206,9	236					
koef.stárnutí	256,00	98,33	130,92	53,03	190,44					

Příloha č. 23: Vývoj koncentrací Cl-U v podzemní vodě ve vrtu OH 1 (µg/l)

	18.11.1996	3.3.1997	17.3.1997	21.4.1997	4.6.1997	8.8.1997	2.9.1997	23.9.1997	25.11.1997	25.2.1998	2.9.1998
DCE	28,8	13,8	40,3	47,3	25,2	133,9	15,3	1,9	5,1	12,4	31,8
TCE	20,7	10,5	19,6	27,3	4,7	72,8	4,7	2,3	2,1	2,8	8,8
PCE	106,9	56,3	37,1	162,8	19,2	257,8	16,6	6,6	5,4	14,6	91,1
sumaCl-U	156	80,6	97	237	49,1	456	36,6	10,8	12,6	29,8	132
koef.stárnutí	107,62	57,06	37,59	163,38	19,39	258,34	16,91	7,81	5,81	14,83	91,38
	23.3.1999	14.6.1999	5.8.1999	11.10.1999	2.3.2000	13.9.2000	14.5.2001	19.7.2001	15.10.2001		
DCE	177	50,2	46,4	42,9	163	63,5	59,2	23,3	27,2		
TCE	37,4	15,9	28,4	17,7	83,6	25	17,6	5,7	8,8		
PCE	295	71,2	89,4	96,2	405	138	94,8	26	47,3		
sumaCl-U	509	137	164	157	652	227	172	55	83,3		
koef.stárnutí	295,21	71,52	90,01	96,61	405,51	138,39	95,10	26,24	47,62		
	7.2.2002	10.4.2002	13.8.2002	15.10.2002							
DCE	95,6	96,6	43,4	49,2							
TCE	28,9	37,7	18,7	14,1							
PCE	146	200	100	78,6							
sumaCl-U	271	334	162	142							
koef.stárnutí	146,30	200,39	100,43	78,89							
	16.1.2003	13.2.2003	14.3.2003	15.4.2003	15.5.2003	17.6.2003	16.7.2003	22.8.2003	9.9.2003	23.10.2003	12.11.2003
DCE	133	145	88,4	146	46	43	38	26	52	71	47
TCE	74,1	74,4	91,6	79	40	45	24	11	24	32	21
PCE	355	335	328	450	450	420	130	38	56	81	100
sumaCl-U	562	554	418	675	536	508	192	75	132	184	168
koef.stárnutí	355,56	335,51	329,04	450,54	450,87	421,05	130,63	38,42	56,46	81,45	100,45
	12.1.2006	19.7.2006	13.10.2006	3.1.2007							
DCE	160	190	25	110							
TCE	82	71	6,1	23							
PCE	290	120	28	160							
sumaCl-U	532	381	59,1	293							
koef.stárnutí	290,51	120,37	28,24	160,21							

Příloha č. 24: Vývoj koncentrací CI-U v podzemní vodě ve vrtu HV 6 (µg/l)

	18.11.1996	16.12.1996	30.1.1997	3.3.1997	17.3.1997	21.4.1997	4.6.1997	8.8.1997	2.9.1997	23.9.1997	5.11.1997	25.11.1997
DCE	295,5	49,7	31,4	220,5	954,1	672	103,4		21,8	1,3	71	107,4
TCE	48,5	4,7	3,3	70	104,9	198	22,7	63	6,8	1,1	38,8	41,6
PCE	237,8	35,3	19,8	226,2	704	892	111,4	57,5	59,7	19,7	88,2	141,4
sumaCI-U	581,8	89,7	54,5	516,7	1754	1762	237,5	120,5	88,3	22,1	198	290,4
koef.stárnutí	237,96	35,39	19,91	226,52	704,11	892,29	111,62		60,01	20,55	88,75	141,79
	25.2.1998	5.5.1998	2.9.1998	23.3.1999	14.6.1999	5.8.1999	11.10.1999	2.3.2000	13.9.2001	15.10.2001		
DCE	157	1,5		729,3	63,1	48,4	137	653	218	401		
TCE	34,7	323	1	333	20,8	20,4	39,1	225	46,8	97,7		
PCE	211	283	6,7	1820	90,4	78	151	1510	258	508		
sumaCI-U	402,7	607,5	7,7	2882	174,3	146,8	327,1	2388	522,8	1007		
koef.stárnutí	211,22	498,33		1820,46	90,73	78,42	151,29	1510,34	258,21	508,24		
	7.2.2002	10.4.2002	13.8.2002	15.10.2002								
DCE	782	298		10,5								
TCE	241	123	21,8	1,6								
PCE	1330	637	69,5	6,5								
sumaCI-U	2353	1058	91,3	18,6								
koef.stárnutí	1330,31	637,41		6,65								
	16.1.2003	14.3.2003	15.4.2003	15.5.2003	17.6.2003	22.8.2003	9.9.2003	23.10.2003	12.11.2003			
DCE	279	355	289,6	3	19	14,4	19	421,5	94			
TCE	114	174	190	3,3	18	2,3	5	140	27			
PCE	568	285	1200	51	130	9,2	15	170	51			
sumaCI-U	961	914	1680	57,3	167	25,9	39	731,5	172			
koef.stárnutí	568,41	285,49	1200,66	52,10	130,95	9,36	15,26	170,33	51,29			
	6.4.2006	19.7.2006	13.10.2006	3.1.2007	1.4.2007							
DCE	760	380	38	490	620							
TCE	220	130	9,7	180	480							
PCE	1300	530	51	1100	1600							
sumaCI-U	2280	1040	98,7	1770	2700							
koef.stárnutí	1300,29	530,34	51,26	1100,37	1600,77							

Příloha č. 25: Vývoj koncentrací CI-U v podzemní vodě ve vrtu OV 9 (µg/l)

	1.11.1996	5.11.1996	18.11.1996	30.1.1997	3.3.1997	17.3.1997	21.4.1997	4.6.1997	8.8.1997	2.9.1997	23.9.1997	5.11.1997
DCE	3824	4412	727,9	1354	5108	2370	2221	3558	446,9	139	45,8	127,1
TCE	3904	5815	1557	151	6315	3576	5651	5868	818,9	147	126,8	202,5
PCE	196	291	330,5	81	156	231,5	350	339	331,7	151	90,7	153,9
sumaCI-U	7924	10518	2615	1586	11579	6177	8222	9765	1597	437	263,3	483,5
koef.stárnutí	197,02	292,32	332,64	81,11	157,24	233,01	352,54	340,65	333,53	152,06	93,47	155,49
	25.11.1997	27.1.1998	25.2.1998	6.4.1998	5.5.1998	15.6.1998	7.7.1998	7.8.1998	2.9.1998	21.10.1998	22.12.1998	
DCE	93,6	260,5	203	273	82,3	45,2	33,3	152	70,1	550	364	
TCE	246,9	514	339	421	144	169	36,6	239	80,2	509	336	
PCE	80	211	78,2	118	69	39,5	243	92,8	90,6	153	259	
sumaCI-U	420,5	985,5	620,2	812	295,3	253,7	312,9	483,8	240,9	1212	959	
koef.stárnutí	82,64	212,97	79,87	119,54	70,75	43,24	244,10	94,37	91,74	153,93	259,92	
	26.1.1999	23.II	23.3.1999	9.4.1999	14.6.1999	12.7.1999	5.8.1999	13.9.1999	11.10.1999	9.12.1999		
DCE	70,4	1810	1100	1211	190,7	1091	95	322	4282	3934		
TCE	33,6	2710	1620	1300	189	1150	196	268	3670	3190		
PCE	16,7	885	815	277	115	409	124	117	440	427		
sumaCI-U	120,7	5405	3535	2788	494,7	2650	415	707	8392	7551		
koef.stárnutí	17,18	886,50	816,47	278,07	115,99	410,05	126,06	117,83	440,86	427,81		
	2.3.2000	13.5.2000	19.7.2000	13.9.2000	21.11.2000	21.9.2001	15.10.2001	12.11.2001	12.12.2001			
DCE	545	146,7	173	252	1200	144	83	378	140			
TCE	1470	226	116	412	836	115	111	541	112			
PCE	584	235	55,4	203	300	143	103	196	183			
sumaCI-U	2599	607,7	344,4	867	2336	402	297	1115	435			
koef.stárnutí	586,70	236,54	56,07	204,63	300,70	143,80	104,34	197,43	183,80			
	7.2.2002	14.3.2002	10.4.2002	17.5.2002	11.6.2002	23.7.2002	13.8.2002	12.9.2002	15.10.2002	15.11.2002	12.12.2002	
DCE	483	418	185	86,6	65,3	155	211	185	186	1050	1090	
TCE	832	778	166	88,7	63,5	119	151	113	114	1250	2540	
PCE	477	411	177	115	95	138	151	166	167	283	760	
sumaCI-U	1792	1607	528	290,3	223,8	412	513	464	467	2583	4390	
koef.stárnutí	478,72	412,86	177,90	116,02	95,97	138,77	151,72	166,61	167,61	284,19	762,33	

	16.1.2003	13.2.2003	13.3.2003	15.4.2003	14.5.2003	15.5.2003	17.6.2003	16.7.2003	22.8.2003	9.9.2003	20.10.2003	
DCE	2040	2290	3330	550	170	90	54	51	392,1	1306	3724	
TCE	4040	3720	4260	530	218	220	83	61	420	1300	4400	
PCE	897	981	1210	160	131	260	220	73	170	220	1100	
sumaCI-U	6977	6991	8800	1240	519	570	357	185	982,1	2826	9224	
koef.stárnutí	898,98	982,62	1211,28	160,96	132,28	262,44	221,54	74,20	171,07	221,00	1101,18	
	13.11.2003	25.11.2003										
DCE	3024	3300										
TCE	3400	3800										
PCE	690	760										
sumaCI-U	7114	7860										
koef.stárnutí	691,12	761,15										
	12.1.2006	9.2.2006	7.3.2006	6.4.2006	10.5.2006	9.6.2006	19.7.2006	17.8.2006	7.9.2006	13.10.2006	14.11.2006	18.12.2006
DCE	100	1300	1300	530	560	600	870	840	780	560	630	580
TCE	3300	2900	3500	2300	2100	1800	1600	3500	2400	530	1400	1100
PCE	1200	920	850	630	940	850	350	1200	1000	280	300	330
sumaCI-U	4600	5120	5650	3460	3600	3250	2820	5540	4180	1370	2334,4	2010
koef.stárnutí	1233,00	922,23	852,69	634,34	943,75	853,00	351,84	1204,17	1003,08	280,95	302,22	331,90
	3.1.2007	1.2.2007	1.3.2007	1.4.2007	1.5.2007	1.6.2007						
DCE	700	510	440	290	470	360						
TCE	1200	2000	1800	490	420	240						
PCE	320	1100	1400	250	270	200						
sumaCI-U	2220	3610	3640	1030	1160	800						
koef.stárnutí	321,71	1103,92	1404,09	251,69	270,89	200,67						

Příloha č. 26: Vývoj koncentrací CI-U v podzemní vodě ve vrtu HV 9 (µg/l)

	3.3.1997	17.3.1997	21.4.1997	4.6.1997	8.8.1997	2.9.1997	23.9.1997	5.11.1997	25.11.1997	11.12.1997		
DCE	5235	671,6	857	570,8	194,3	78	53,7	48,9	44	40,7		
TCE	21126	1239	1918	972,4	192,4	59	88,9	72,6	66,2	55,3		
PCE	561	2217	400	432,6	321,3	318	296,1	184	226,3	119		
sumaCI-U	26922	4128	3175	1976	708	455	438,7	305,5	336,5	215		
koef.stárnutí	565,04	2218,84	402,24	434,30	322,29	318,76	297,76	185,48	227,80	120,36		
	27.1.1998	25.2.1998	6.4.1998	5.5.1998	15.6.1998	7.7.1998	7.8.1998	2.9.1998	21.10.1998	18.11.1998	22.12.1998	
DCE	127,5	62,3	87,3	324	39,7	117,3	474,2	49,6	80,3	653	239	
TCE	183,7	66,7	81,4	388	24,5	202	98,8	30,2	18,8	2150	189	
PCE	257,8	228	242	84,1	236	48,2	809	213	166	360	301	
sumaCI-U	569	357	410,7	796,1	300,2	367,5	1382	292,8	265,1	3145	729	
koef.stárnutí	259,24	229,07	242,93	85,30	236,62	49,92	809,21	213,61	166,23	363,29	301,79	
	26.1.1999	23.2.1999	23.3.1999	19.4.1999	14.6.1999	12.7.1999	5.8.1999	13.9.1999	11.10.1999	9.12.1999		
DCE	105	490	449	149	84,9	187	59,4	47,3	2590	317		
TCE	66,2	737	693	141	51,8	153	134	30,2	1400	223		
PCE	230	579	356	208	182	257	130	134	354	206		
sumaCI-U	401,2	1806	1498	498	318,7	597	323,4	211,5	4344	746		
koef.stárnutí	230,63	580,50	357,54	208,95	182,61	257,82	132,26	134,64	354,54	206,70		
	18.1.2000	15.2.2000	2.3.2000	13.5.2000	19.7.2003	13.9.2000	21.11.2000					
DCE	201	628	532	69,1	717	1210	201,6					
TCE	159	1420	1230	44,2	151	438	105					
PCE	155	379	454	206	28,5	109	200					
sumaCI-U	515	2427	2216	319,3	896,5	1757	506,6					
koef.stárnutí	155,79	381,26	456,31	206,64	28,71	109,36	200,52					
	15.1.2001	13.2.2001	13.3.2001	17.4.2001	14.5.2001	19.6.2001	19.7.2001	15.8.2001	21.9.2001	15.10.2001	12.11.2001	12.12.2001
DCE	343,4	448	6940	356	82,1	170	79,6	113	87,1	74,7	360	350
TCE	389	505	11900	433	38,3	86,1	40,6	39,2	31,2	31,2	226	326
PCE	206	225	1120	188	118	133	121	127	143	135	193	206
sumaCI-U	938,4	1178	19960	986	238,4	389,1	241,2	279,2	261,3	240,9	779	882
koef.stárnutí	207,13	226,13	1121,71	189,22	118,47	133,51	121,51	127,35	143,36	135,42	193,63	206,93

	7.2.2002	14.3.2002	10.4.2002	17.5.2002	11.6.2002	23.7.2002	13.8.2002	12.9.2002	15.10.2002	15.11.2002	12.12.2002
DCE	483	418	185	86,6	65,3	155	211	185	186	1050	1090
TCE	832	778	166	88,7	63,5	119	151	113	114	1250	2540
PCE	477	411	177	115	95	138	151	166	167	283	760
sumaCI-U	1792	1607	528	290,3	223,8	412	513	464	467	2583	4390
koef.stárnutí	478,72	412,86	177,90	116,02	95,97	138,77	151,72	166,61	167,61	284,19	762,33
	16.1.2003	13.2.2003	14.3.2003	15.4.2003	14.5.2003	15.V	17.6.2003	16.7.2003	22.8.2003	9.9.2003	20.10.2003
DCE	5130	6400	5370	170	407	140	56	43	1504	2811	8044
TCE	7800	6350	4530	81	291	170	63	52	440	900	3700
PCE	747	714	1010	100	171	250	370	130	150	160	1000
sumaCI-U	13677	13464	10910	351	869	560	489	225	2094	1060	4700
koef.stárnutí	748,52	714,99	1010,84	100,48	171,71	251,21	371,13	131,21	150,29	160,32	1000,46
	26.11.2003	4.12.2003	12.1.2006	9.2.2006	7.3.2006	6.4.2006	10.5.2006	9.6.2006	19.7.2006		
DCE	7300	920	4300	4200	3500	4300	4900	300	400		
TCE	3400	660	4700	200	2400	7300	7000	310	270		
PCE	1000	260	1000	900	510	730	1100	140	46		
sumaCI-U	11700	1840	10000	5100	6410	12330	13000	750	718		
koef.stárnutí	1000,47	260,72	1001,09	900,05	510,69	731,70	1101,43	141,03	46,68		
	17.8.2006	7.9.2006	13.10.2006	14.11.2006	18.12.2006						
DCE	4900	99	6000	4300	3700						
TCE	6000	120	3900	3800	2900						
PCE	13000	76	1600	630	630						
sumaCI-U	23971	295	11557	8730	7230						
koef.stárnutí	13001,22	77,21	1600,65	630,88	630,78						
	3.1.2007	1.2.2007	1.3.2007	1.4.2007	1.5.2007	1.6.2007					
DCE	4500	6900	4800	5000	4300	5300					
TCE	4400	8000	7200	5500	3400	2400					
PCE	730	1000	850	900	650	2000					
sumaCI-U	9630	15900	12850	11400	8350	9700					
koef.stárnutí	730,98	1001,16	851,50	901,10	650,79	2000,45					

Příloha č. 27: Vývoj koncentrací Cl-U v podzemní vodě ve vrtu LK 2 (µg/l)

	18.11.1996	16.12.1996	30.1.1997	3.3.1997	17.3.1997	21.4.1997	4.6.1997	8.8.1997	2.9.1997	23.9.1997	5.11.1997	11.12.1997
DCE	6977	1713	1609	2574	1296	413	202,2	115,1	69	88,2	99,3	53,9
TCE	326,1	878	1143	8301	2862	576	356,9	324,6	190	193,8	157,6	160
PCE	4,8	105,2	7,6	66,3	50	175	354,8	226,9	227	189,6	191,5	97,3
sumaCl-U	7308	2689	2759	10942	4208	1164	913,9	666,6	486	471,6	448,4	311,2
koef.stárnutí	4,85	105,71	8,31	69,52	52,21	176,39	356,57	229,72	229,75	191,80	193,09	100,27
	27.1.1998	25.2.1998	6.4.1998	5.5.1998	15.6.1998	7.7.1998	7.8.1998	2.9.1998	21.10.1998	18.11.1998	22.12.1998	
DCE	75,3	77,9	61,8	29,9	49,3	58,8	21	74,2	2244	99,1	71,1	
TCE	255	174	195	110	134	138	19	120	2120	210	137	
PCE	255	320	281	189	59,9	131	11,2	161	108	196	238	
sumaCl-U	585,3	571,9	537,8	337,9	243,2	327,9	51,2	355,2	4472	505,1	446,1	
koef.stárnutí	258,39	322,23	284,16	192,68	62,62	133,35	12,10	162,62	108,94	198,12	239,93	
	26.1.1999	23.2.1999	23.3.1999	19.4.1999	14.6.1999	12.7.1999	5.8.1999	13.9.1999	11.10.1999	9.12.1999		
DCE	47,8	58,2	88,6	38,7	42,2	72,5	59,4	37,1	157	68		
TCE	138	121	200	129	91,3	189	134	114	86	127		
PCE	232	211	349	215	133	242	130	54,3	74,6	54,1		
sumaCl-U	417,8	390,2	637,6	382,7	266,5	503,5	523,4	205,4	317,6	249,1		
koef.stárnutí	234,89	213,08	351,26	218,33	135,16	244,61	132,26	57,37	75,15	55,97		
	18.1.2000	15.2.2000	2.3.2000	13.5.2000	19.7.2000	13.9.2000	21.11.2000					
DCE	105,3	1140	123	40,3	39,7	29,2	32,7					
TCE	204	2230	350	145	81,3	72,9	115					
PCE	69,1	515	268	97,1	84,8	75,2	72,3					
sumaCl-U	378,4	3885	741	282,4	205,8	177,3	220					
koef.stárnutí	71,04	516,96	270,85	100,70	86,85	77,70	75,82					
	15.1.2001	13.2.2001	13.3.2001	17.4.2001	14.5.2001	19.6.2001	19.7.2001	15.8.2001	21.9.2001	15.10.2001	12.11.2001	
DCE	75	138	469	154	60,7	93,7	77,8	77,6	86,1	72,3	134	
TCE	263	276	760	179	129	138	129	101	81,9	77,8	176	
PCE	75	126	264	149	96,5	105	95,5	111	119	123	127	
sumaCl-U	416	540	1493	482	286,2	336,7	302,3	289,6	287	273,1	437	
koef.stárnutí	78,51	128,00	265,62	150,16	98,63	106,47	97,16	112,30	119,95	124,08	128,31	

	7.2.2002	14.3.2002	10.4.2002	17.5.2002	11.6.2002	23.7.2002	13.8.2002	12.9.2002	15.10.2002	15.11.2002	12.12.2002	
DCE	147	97,3	49,8	51,4	54,4	55,6	79,6	54	59,6	112	154	
TCE	369	312	143	96	83,9	82,3	101	101	115	175	279	
PCE	212	169	116	101	95,6	78,3	70,9	71,4	69,8	129	207	
sumaCI-U	727	578,3	299,8	248,4	233,9	216,2	251,5	226,4	244,4	416	640	
koef.stárnutí	214,51	172,21	118,87	102,87	97,14	79,78	72,17	73,27	71,73	130,56	208,81	
	16.1.2003	13.2.2003	14.3.2003	15.4.2003	14.5.2003	15.5.2003	17.6.2003	16.7.2003	22.8.2003	9.9.2003	20.10.2003	
DCE	405	314	380	226	77,2	42	52	40	72	61	100	
TCE	739	377	437	160	130	130	96	68	150	88	130	
PCE	132	152	117	150	135	390	280	87	82	30	51	
sumaCI-U	1276	843	934	536	342,2	562	428	195	304	179	281	
koef.stárnutí	133,82	153,20	118,15	150,71	136,68	393,10	281,85	88,70	84,08	31,44	52,30	
	13.11.2003	20.11.2003	4.12.2003									
DCE	83	69	67									
TCE	110	110	120									
PCE	39	41	56									
sumaCI-U	232	220	243									
koef.stárnutí	40,33	42,59	57,79									
	12.1.2006	9.2.2006	7.3.2006	6.4.2006	10.5.2006	9.6.2006	19.7.2006	17.8.2006	7.9.2006	13.10.2006	14.11.2006	18.12.2006
DCE	920	930	940	200	790	720	600	480	190	270	270	300
TCE	1500	860	1300	520	1700	1400	560	560	51	130	150	250
PCE	120	77	110	57	310	180	69	120	110	160	51	51
sumaCI-U	2540	1867	2350	777	2806	2300	1229	1160	351	560	471	601
koef.stárnutí	121,63	77,92	111,38	59,60	312,15	181,94	69,93	121,17	110,27	160,48	51,56	51,83
	3.1.2007	1.2.2007	1.3.2007	1.4.2007	1.5.2007	1.6.2007						
DCE	440	630	560	530	250	180						
TCE	480	1000	1200	320	100	62						
PCE	77	90	120	120	42	59						
sumaCI-U	997	1720	1880	970	392	301						
koef.stárnutí	78,09	91,59	122,14	120,60	42,40	59,34						

