



Doplněk aktualizace analýzy rizik ve společnosti FARMAK, a. s.

Zakázkové číslo: 6207 14 013



Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.
červenec 2015, doplnění listopad 2015

Základní údaje:

Zakázkové číslo objednatele: 06405-2014-4502-S-0210/01-003-B00165
Zakázkové číslo zhotovitele: 6207 14 013

Název akce:

**Doplněk aktualizace analýzy rizik
ve společnosti FARMAK, a.s.**

Objednatel:

Ministerstvo financí České republiky
Letenská 15, 100 00 Praha 1

IČO:

00006947

DIČ:

CZ00006947

Ředitelka odboru 45:

Mgr. Monika Zbořilová

Telefonní spojení:

257 041 111

E-mail:

podatelna@mfc.cz

Zhotovitel:

Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.
se sídlem Píšťovy 820, 537 01 Chrudim
zapsaná v obchodním rejstříku ve vložce C č. 1036
Krajského soudu v Hradci Králové, pobočka Pardubice

IČO:

15053695

DIČ:

CZ15053695

Bankovní spojení:

ČSOB Chrudim

Číslo účtu:

272199033/0300

Statutární zástupci:

Ing. Jiří Vala, jednatel společnosti
Mgr. Pavel Vančura, jednatel společnosti
Ing. Josef Drahokoupil, jednatel společnosti

Řešitelé:

Ing. Dagmar Bartošová
Ing. Michal Kořínek
Mgr. Zdeněk Sedláček
Mgr. Jana Sedláčková

Telefonní spojení:

469 682 303-05, 469 681 644

Faxové spojení:

469 682 310

E-mail:

ekomonitor@ekomonitor.cz

Datum:

30.11.2015

Podpisy - razítko:

.....
Ing. Dagmar Bartošová
odborná způsobilost v hydrogeologii
a sanační geologii č. 1750/2003

.....
Mgr. Pavel Vančura
statutární zástupce

ÚVOD	7
1. ÚDAJE O ÚZEMÍ.....	8
1.1 VŠEOBECNÉ ÚDAJE	8
1.1.1 Geografické vymezení území	8
1.1.2 Přehled stávajícího využití kontaminovaného území a přilehlého okolí	8
1.1.3 Plánované změny využití lokality	11
1.1.4 Ochrana vodních zdrojů, nerostných surovin a technických objektů.....	11
1.1.5 Ochranná pásma technických objektů.....	12
1.2 PŘÍRODNÍ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	12
1.2.1 Geomorfologické poměry	12
1.2.2 Klimatické poměry.....	13
1.2.3 Geologické poměry.....	13
1.2.4 Hydrogeologické poměry	14
1.2.5 Hydrologické poměry	15
1.2.6 Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě	15
1.2.7 Ochrana přírody a krajiny, střety zájmů.....	16
2. PRŮZKUMNÉ PRÁCE	17
2.1 DOSAVADNÍ PROZKOUMANOST ÚZEMÍ.....	17
2.1.1 Základní výsledky dřívějších průzkumných a sanačních prací na lokalitě	17
2.1.2 Přehled zdrojů znečištění	32
2.1.3 Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů.....	33
2.1.4 Předběžný koncepční model znečištění	35
2.2 AKTUÁLNÍ PRŮZKUMNÉ PRÁCE.....	36
2.2.1 Metodika a rozsah průzkumných a analytických prací	36
2.2.2 Výsledky průzkumných prací.....	38
2.2.3 Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění.....	61
2.2.4 Posouzení šíření znečištění.....	65
2.2.5 Shrnutí šíření a vývoje znečištění	70
2.2.6 Omezení a nejistoty	72
3. HODNOCENÍ RIZIKA	73
3.1 IDENTIFIKACE RIZIK	73
3.1.1 Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů	73
3.1.2 Základní charakteristika příjemců rizik	81
3.1.3 Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice.....	84
3.2 HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK	94
3.2.1 Hodnocení expozice.....	94
3.2.2 Odhad zdravotních rizik.....	99
3.3 HODNOCENÍ EKOLOGICKÝCH RIZIK.....	103
3.4 SHRUTÍ CELKOVÉHO RIZIKA	105
3.5 OMEZENÍ A NEJISTOTY	107
4. DOPORUČENÍ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ.....	107
4.1 DOPORUČENÍ CÍLOVÝCH PARAMETRŮ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ	107
4.1.1 Doporučení cílových parametrů pro podzemní vodu	107

4.1.2	Doporučení cílových parametrů pro půdní vzduch.....	117
4.1.3	Doporučení cílových parametrů pro zeminy a stavební konstrukce	117
4.2	DOPORUČENÍ POSTUPU NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ.....	119
5.	ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ.....	125
6.	POUŽITÁ LITERATURA	128

PŘÍLOHOVÁ ČÁST

Příloha č. 1:	Situace širšího zájmového území
Příloha č. 2:	Geologické poměry
Příloha č. 3:	Vodohospodářské poměry
Příloha č. 4:	Situace areálu společnosti FARMAK, a.s. a okolních subjektů
Příloha č. 5:	Situace zájmového území s vyznačením prvků ÚSES a OP vodního zdroje Olomouc – Černovír
Příloha č. 6:	Mapa areálu společnosti FARMAK, a.s. s vyznačením JÚ Černovír a umístěním hydrogeologických objektů
Příloha č. 7:	Mapa areálu společnosti FARMAK, a.s. s vyznačením umístění podzemních objektů
Příloha č. 8:	Schema sanace saturované zóny
Příloha č. 9:	Schema sanace nesaturované zóny ventingem
Příloha č. 10:	Izolinie báze kvartérního kolektoru
Příloha č. 11:	Vyznačení potenciálních příjemců zdravotních rizik
Příloha č. 12:	Celková situace stávajících hydrogeologických objektů a nově provedených vrtů
Příloha č. 13:	Celková situace provedených nevystrojených sond
Příloha č. 14:	Situace vrtných prací – detail SV část, okolí vrtu AT-104 nový
Příloha č. 15:	Situace vrtných prací – detail oblast mezi stávajícími vrty P-32 a P-56
Příloha č. 16:	Situace vrtných prací – detail oblast mezi stávajícími vrty SM-9, FAR-2 a SM-10
Příloha č. 17:	Situace vrtných prací – detail oblast mezi stávajícími vrty SM-64, AT-103 a FAR-10
Příloha č. 18:	Geologická dokumentace provedených vrtů a sond
Příloha č. 19:	Znázornění znečištění zemin
<i>Příloha č. 19.1:</i>	<i>Znázornění znečištění zemin v ukazateli benzen</i>
<i>Příloha č. 19.2:</i>	<i>Znázornění znečištění zemin v ukazateli toluen</i>
<i>Příloha č. 19.3:</i>	<i>Znázornění znečištění zemin v ukazateli chlorbenzen</i>
<i>Příloha č. 19.4:</i>	<i>Znázornění znečištění zemin v ukazateli NEL</i>
<i>Příloha č. 19.5:</i>	<i>Znázornění znečištění zemin v ukazateli kresoly</i>
Příloha č. 20:	Znázornění znečištění podzemní vody na základě výsledků 1. monitorovacího cyklu
<i>Příloha č. 20.1:</i>	<i>Znázornění znečištění podzemní vody v ukazateli vinylchlorid</i>
<i>Příloha č. 20.2:</i>	<i>Znázornění znečištění podzemní vody v ukazateli cis 1,2-DCE</i>
<i>Příloha č. 20.3:</i>	<i>Znázornění znečištění podzemní vody v ukazateli TCE</i>
<i>Příloha č. 20.4:</i>	<i>Znázornění znečištění podzemní vody v ukazateli PCE</i>
<i>Příloha č. 20.5:</i>	<i>Znázornění znečištění podzemní vody v ukazateli benzen</i>
<i>Příloha č. 20.6:</i>	<i>Znázornění znečištění podzemní vody v ukazateli toluen</i>
<i>Příloha č. 20.7:</i>	<i>Znázornění znečištění podzemní vody v ukazateli chlorbenzen</i>
Příloha č. 21:	Znázornění znečištění podzemní vody na základě výsledků 2 monitorovacího kola
<i>Příloha č. 21.Xa:</i>	<i>Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli X 2. monitorovací cyklus 06/2015</i>
<i>Příloha č. 21.Xb:</i>	<i>Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli X v roce 2004</i>
<i>Příloha č. 21.Xc:</i>	<i>Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli X v říjnu 2011</i>

- Příloha č. 21.1: Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli vinylchlorid*
Příloha č. 21.2: Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli cis 1,2-DCE
Příloha č. 21.3: Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli TCE
Příloha č. 21.4: Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli PCE
Příloha č. 21.5: Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli benzen
Příloha č. 21.6: Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli toluen
Příloha č. 21.7: Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli chlorbenzen
Příloha č. 21.8: Izolinie znečištění podzemní vody v ukazateli amonné ionty
Příloha č. 22: Hydroizohypsy hladin podzemní vody
Příloha č. 23: Výsledky analýz vzorků zemin
Příloha č. 24: Výsledky analýz vzorků podzemní vody v rámci 1. monitorovacího cyklu
Příloha č. 24.1: Výsledky analýz vzorků podzemní vody – anorganické a organické polutanty
Příloha č. 24.2: Výsledky analýz vzorků podzemní vody – produkty oxidace a psychofarmaka
Příloha č. 25: Výsledky analýz vzorků podzemní vody v rámci 2. monitorovacího cyklu
Příloha č. 25.1: Výsledky analýz vzorků podzemní vody – anorganické a organické polutanty
Příloha č. 25.2: Výsledky analýz vzorků podzemní vody – psychofarmaka
Příloha č. 26: Geodetické zaměření provedených vrtů a sond
Příloha č. 27: Situace míst ověření stavu chemické kanalizace
Příloha č. 28: Záznam z kamerové prohlídky kanalizace
Příloha č. 28.1: Úsekové protokoly
Příloha č. 28.2: Záznam na dvd
Příloha č. 29: Fotodokumentace
Příloha č. 30: Záznamy o odběru vzorků
Příloha č. 30.1: Záznamy o odběru vzorků zemin
Příloha č. 30.2: Záznamy o odběru vzorků podzemních vod – 1. monitorovací cyklus
Příloha č. 30.3: Záznamy o odběru vzorků podzemních vod – 2. monitorovací cyklus
Příloha č. 30.4: Záznamy o odběru vzorků sedimentů
Příloha č. 30.5: Záznam o odběru opakovaných vzorků podzemní vody SM-8, SMS-8, DF-6
Příloha č. 31: Protokoly o laboratorních zkouškách
Příloha č. 31.1: Protokoly o laboratorních zkouškách zemin
Příloha č. 31.2: Protokoly o laboratorních zkouškách podzemní vody – 1. monitorovací cyklus
Příloha č. 31.3: Protokoly o laboratorních zkouškách podzemní vody – 2. monitorovací cyklus
Příloha č. 31.4: Protokoly o laboratorních zkouškách – sedimenty
Příloha č. 31.5: Protokol o zkoušce – laboratoř mechaniky zemin
Příloha č. 32: Rozhodnutí ČIŽP OI Olomouc, oddělení ochrany vod č.j. 08/OV/03761/03/Sn ze dne 2.5.2003
Příloha č. 33: Evidenční list geologických prací
Příloha č. 35: Znázornění znečištění podzemní vody v ukazatelích se stanovenými sanačními limity v souvislosti s bází kvarterního kolektoru
Příloha č. 36: Hodnocení rizika - vstupní koncentrace, výpočty rizik
Příloha č. 37: Návrh monitoringu do doby pokračování sanačních prací
Příloha č. 38: Souhrnný formulář SEKM

Přehled použitých zkratk

APCL	konečná cílová koncentrace sanace
AR	analýza rizik
AAR	aktualizace analýzy rizik
BTEX	monocyklické aromatické uhlovodíky
Cl-U	chlorované uhlovodíky
Cl-Eth	chlorované ethyleny
CSF	faktor směrnice karcinogenního rizika
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČIŽP OI	Česká inspekce životního prostředí, oblastní inspektorát
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČSN	česká státní norma
ČSÚ	Český statistický úřad
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
1,2-cis-DCE (DCE)	1,2-cis-dichlorethylen
EL	extrahovatelné látky
ELCR	zvýšené celoživotní riziko vzniku rakoviny
EN	norma Evropské komise pro normalizaci
Farmak	společnost FARMAK, a.s.
FNM ČR	Fond národního majetku České republiky
HI	index nebezpečnosti (hazard index)
HQ	kvocient nebezpečnosti
CHKO	chráněná krajinná oblast
CHLÚ	chráněné ložiskové území
CHOPAV	chráněná oblast přirozené akumulace vod
IARC	Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny
ISO	označení mezinárodní normy vydané International Organization for Standardization
IUR	riziko inhalační jednotky
JÚ	jímací území
K	součinitel hydraulické vodivosti
KD	kontrolní den
K _{oc}	distribuční koeficient oktanol / organický uhlík
k.ú.	katastrální území
KÚ	krajský úřad
LBC	lokální biocentrum
LBK	lokální biokoridor
MěÚ	Městský úřad
MLE	nejpravděpodobnější expozice (most likely exposure)
MmOl	Magistrát města Olomouce
MP MŽP	Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí
MZE ČR	Ministerstvo zemědělství České republiky
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NEL	nepolární extrahovatelné látky
OkÚ	okresní úřad
ONV	okresní národní výbor
OP	ochranná pásma
OS	školství (základní, střední školy)
OVLHZ	odbor vodního a lesního hospodářství a zemědělství

OŽP	odbor životního prostředí
OŽPaZ	odbor životního prostředí a zemědělství
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenylly
PCE	1,1,2,2-tetrachlorethylen
PP	prováděcí projekt
PR	přírodní rezervace
PTS	podzemní těsnicí stěna
PZP	podzemní zásobník plynu
RBC	regionální biocentrum
RfC	referenční koncentrace
RfD	referenční dávka
RP	realizační projekt
ROL	rozpuštěné organické látky
RU	ropné uhlovodíky
RŽP	referát životního prostředí
SF	faktor směrnice karcinogenity
SOP	standardní operační postup
SŠZ	Střední škola zemědělská
STP	sanačně-technické práce
TCE	1,1,2-trichlorethylen
TOC	celkový organicky vázaný uhlík
U.S. EPA	U.S. Environmental Protection Agency
ÚCHR	úplný fyzikálně chemický rozbor
ÚP	územní plán
ÚSES	územní systém ekologické stability
VCE	vinylchlorid
VKP	významný krajinný prvek
VN	vysoké napětí
VOC	těkavé organické látky
VP	výrobní plochy
ZÚ	Zdravotní ústav
Σ	suma

pro světové strany jsou použity zkratky:

J - jih, apod.

jz. - jihozápadní, apod.

Rozdělovník:

Výtisk č. 1:	FARMAK, a.s.
Výtisk č. 2:	ČR - Ministerstvo financí
Výtisk č. 3:	Ministerstvo životního prostředí
Výtisk č. 4:	VPGEO, s.r.o. Žďár nad Sázavou
Výtisk č. 5:	ČIŽP Olomouc
Výtisk č. 6:	KÚ Olomouckého kraje, odbor životního prostředí a zemědělství
Výtisk č. 7:	Magistrát města Olomouc, odbor životního prostředí
Výtisk č. 8:	Moravská vodárenská, a.s.
Výtisk č. 9:	Vodohospodářská společnost Olomouc, a.s.
Výtisk č. 10:	Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. Chrudim
Výtisk č. 11:	ČGS – Geofond Praha

ÚVOD

Na základě smlouvy o dílo ze dne 1.12.2014 mezi objednatelem, Českou republikou – Ministerstvem financí a zhotovitelem, společností Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., na zpracování projektu: „Zpracování doplňku aktualizace analýzy rizik ve společnosti FARMAK, a.s.“ zpracoval jmenovaný zhotovitel výše zmíněný Doplňek.

Práce byly provedeny v souladu s realizačním projektem (prosinec 2014), resp. jeho aktualizovanou verzí (březen 2015).

Předkládaná verze (říjen 2015) reaguje na připomínky vzešlé z oponentního projednání.

Předmětem prací je aktualizace stavu znečištění již sanované lokality, a zpracování doplňku aktualizace analýzy rizik se zaměřením především na SV část areálu společnosti, prostor podél všech větví staré chemické kanalizace, území podél přívodního potrubí mezi objekty č. 31d a č. 32a a na průzkum okolí a podloží všech dosud existujících, avšak nevyužívaných podzemních jímek a nádrží.

Doplňek aktualizované analýzy rizik byl vypracován ve smyslu Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí České republiky č. 3 z března 2011 (Metodický pokyn MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území). Průzkumné práce probíhaly v souladu s Metodickým pokynem MŽP č. 13/2005.

Veškeré práce budou proběhly v souladu s vyhláškou MŽP č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupech při výpočtu zásob výhradních ložisek.

Realizační tým zhotovitele, přehled subdodavatelů

Vodní zdroje Ekomonitor spol. spol. s r.o.

Odpovědní (statutární) zástupci: Mgr. Pavel Vančura
 Ing. Jiří Vala
 Ing. Josef Drahekoupil

Řešitelé: Ing. Dagmar Bartošová
 Mgr. Zdeněk Sedláček
 Mgr. Jana Sedláčková
 Ing. Michal Kořínek

Odborná způsobilost projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oborech hydrogeologie a sanační geologie: Ing. Dagmar Bartošová

Vzorkovací, vrtné a měřičské práce: kolektiv pracovníků pod vedením p. Jaromíra Hrachoviny – vedoucího vzorkovací skupiny

Subdodavatelé

BIOANALYTIKA CZ s.r.o.	laboratorní analýzy
Josef Kroutil	vrtné práce
GEODEZIE JEHLIČKA s.r.o.	geodetické práce
WALTR Stroje s.r.o.	zemní práce, čištění a prohlídka kanalizace

Akce byla zaevidována u České geologické služby – Geofondu pod č. 2131/2015 (příloha č. 33). Rovněž byla doplněna databáze SEKM.

1. ÚDAJE O ÚZEMÍ

1.1 VŠEOBECNÉ ÚDAJE

1.1.1 Geografické vymezení území

Areál FARMAK, a.s. se nachází na severním okraji města Olomouce, v městské části Klášterní Hradisko. Probíhá zde chemická a farmaceutická výroba. Administrativně náleží FARMAK, a.s. do okresu Olomouc v Olomouckém kraji. Situování lokality je znázorněno v příloze č. 1.

1.1.2 Přehled stávajícího využití kontaminovaného území a přilehlého okolí

V současnosti působí v areálu FARMAKU, a.s. další subjekty (různé firmy, lékařské ordinace, společnost provozující telekomunikační zařízení, atd.). Ty, které by mohly negativně ovlivnit životní prostředí, uvádíme v tabulce č. 1. Protože některé z podniků manipulují při své činnosti se závadnými látkami, jsou kontrolovány odpovědnými zástupci FARMAKU, a.s. K únikům závadných látek do horninového prostředí v důsledku výrobní činnosti těchto firem v minulosti nedošlo.

Tabulka č. 1: Přehled subjektů, které působí v areálu společnosti FARMAK, a.s. a mohou mít vliv na životní prostředí

Název společnosti	Sídlo	Předmět podnikání, činnost, poznámka
Jiří Doleček	U Botanické zahrady 859/2, 779 00 Olomouc - N. Sady	výroba, instalace, opravy elektrických strojů, přístrojů a zařízení
Radovan Venský	Horní Úlehla 36, Olomouc - Droždín	truhlářství a zpracování dřeva
FARMAK MORAVIA, a.s.	Na Vlčinci 16/3, 779 00 Olomouc - Klášterní Hradisko	výroba nebezpečných chemických látek a nebezpečných chemických přípravků a prodej chemických látek a chemických přípravků klasifikovaných jako vysoce toxické a toxické, výroba a skladování dezinfekčních prostředků
UNIVIT s.r.o.	Na Vlčinci 16/3, 779 00 Olomouc - Klášterní Hradisko tř. T. Bati 1635, 795 82 Otrokovice	Výroba krmných směsí a veterinárních doplňků zahraniční i domácí obchod se zemědělskými komoditami

Název společnosti	Sídlo	Předmět podnikání, činnost, poznámka
Veronika Egerová	Trnkova 22, 779 00 Olomouc - N. Sady	pronájem pozemku za účelem chovu koní (do konce r. 2012)
Miroslav Jůna	Kožušany 70, 783 75 Kožušany - Tážaly	provoz zámečnické dílny

V okolí FARMAKU, a.s. se nachází několik dalších subjektů, které mohly nebo mohou mít negativní vliv na životní prostředí v zájmovém území. Přehled těchto subjektů a jejich zaměření je uveden v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2: Přehled subjektů v nejbližším okolí zájmového území, které mohou mít vliv na životní prostředí

Označení na obr. č. 3	Název/Obchodní firma	Sídlo	Předmět podnikání, činnost, poznámka
1	Areál bývalého školního statku zemědělské školy	Na Sezníku 4, Olomouc - Černovír	soubor jednotlivých firem v nájmu: viz další odkazy a) – g)
1a)	C. B. K. - STAPLER, s.r.o.	dtto	výroba a prodej vysokozdvížných vozíků
1b)	GLOBAL Building, s.r.o.	dtto	stavebnictví, autodoprava a mechanizované práce (v likvidaci)
1c)	PEVYAUTO	dtto	autoservis, autopůjčovna a doprava
1d)	Kovovýroba KODOS s.r.o.	dtto	kovovýroba, zámečnické práce, svařování
1e)	VEDAG - ČR, spol. s r.o.	dtto	výroba a zpracování modifikovaných, oxidovaných, svařovacích a samolepicích asfaltových hydroizolačních pásů
1f)	Školagro, s.r.o.	Na Sezníku 309/4, 779 00 Olomouc - Černovír	zemědělská výroba a činnosti s ní související
1g)	Graphic Art s.r.o.	Baarova 309/4, Olomouc - Chomoutov	velkoplošný tisk, výroba samolepek, polepů na automobily a 3D etiket
2	zemědělská půda v majetku jednotlivých vlastníků	Na Sezníku 104/6, Olomouc - Černovír	obhospodařuje Školagro, s.r.o. - zemědělská výroba a činnosti s ní související
4	České dráhy, a.s.	nábř. Ludvíka Svobody 1222/12, Praha, 110 15	zajištění železničních přepravních služeb na celostátních i regionálních tratích
7	Vojenská nemocnice Olomouc	Sušilovo nám. 5, Olomouc - Klášterní Hradisko	nemocnice včetně LDN a střediska komplexní péče pro válečné veterány

Po dobu provádění sanačních prací v letech 2006 až 2015 nebyly evidovány žádné havárie nebo úniky závadných látek ve výše uvedených podnicích, které by mohly mít vliv na kontaminaci horninového prostředí v areálu FARMAKU, a.s.

Společnost spadá do režimu zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, ve znění pozdějších předpisů. V současné době je výroba provozována v objektech č. 13, 21, 22, 31, 33 a 34. Objekt č. 15 je mimo provoz, v objektu č. 32 je ukončena výroba, v případě potřeby je omezeně využíván jako mezisklad náhradních dílů. Ve výrobních objektech se nacházejí

jednotlivá výrobní zařízení a příruční sklady surovin a meziproduktů. Části objektů, ve kterých se nakládá s látkami závadnými vodám, jsou napojeny pouze na chemickou odpadní kanalizaci. Podlahy těchto objektů jsou odolné vůči používaným chemickým látkám. Podlahy objektu č. 33 jsou svedeny do havarijní jímky. Sklady surovin (objekty č. 23, č. 31c – centrální úložiště kapalin a č. 401 – centrální sklad kapalin v obalech) a výrobků (objekt č. 24) jsou zabezpečeny proti úniku závadných látek havarijními jímkami. Podrobně je nakládání se závadnými látkami (podle vodního zákona) popsáno v havarijním plánu. V současnosti jsou ve výrobě používány především žíraviny (kyseliny, amoniak, hydroxidy) a rozpouštědla. Roční průměrná spotřeba chemických látek v kapalném skupenství, které jsou používány v množství větším jak 1 tuna, je uvedena včetně jejich klasifikace a R-vět v následujícím přehledu (údaje poskytl FARMAK, a.s.).

Tabulka č. 3: Přehled hlavních surovin používaných při výrobě ve společnosti FARMAK, a.s. v letech 2012 až 2014

Popis položky	Roční spotřeba (kg)	Klasifikace*	R-věty*
ACETON TECHNICKÝ	135 153	F, Xi	R 11-36-66-67
AMONIAK VODNÝ ROZTOK ČISTÝ	11 681	C, N	R 34-50
AMONIAK VODNÝ ROZTOK TECHNICKÝ	32 012	C, N	R 34-50
BENZIN TECHNICKÝ	3 874	Karc. kat. 2, F, T, Xn, Xi, N	R 11-36/38-45-48/23/24/25-51/53-65-67
BENZYLCHLORID TECHNICKÝ	5 040	Karc. kat. 2, T, Xn, Xi	R 45-22-23-37/38-41-48/22
CHLORID THIONYLU	5 277	C, Xn	R 14-20/22-29-35
DAPCH HYDROCHLORID 65PROC. VODNÝ	25 600	C, Xn, Xi	R 34-22-37
DIMETHYLFORMAMID	1 467	repr. kat. 2, Xn, Xi	R 61-20/21-36
ETANOL BEZVODÝ NEDENATUROVANÝ	135 995	F	R 11
ETHER	42 510	F+, Xn	R 12-19-22-66-67
ETHER PETROLEJOVÝ	60 398	F, Xn, Xi, N, repr. kat. 3	R 11-38-51/53-65-67
GLYOXAL 40 PROC.	9 581	Xn, Xi, mut. kat.3	R 20-36/38-43-68
HYDROXID SODNÝ TECHNICKÝ KAPAL.	48 522	C	R 35
ISOPROPYLALKOHOL ČISTÝ	47 868	F, Xi	R 11-36-67
KYSELINA CHLOROVODÍKOVÁ ČISTÁ	32 751	C, Xi	R 34-37
KYSELINA L-(+)-MLÉČNÁ 90 PROC.	13 200	Xi	R 41-38
KYSELINA OCTOVÁ TECHNICKÁ	16 120	C	R 10-35
KYSELINA SÍROVÁ VYSOKOPROC. 98 %	298 148	C	R 35
KYSELINA SÍROVÁ ČISTÁ	7 000	C	R 35
METANOL SYNTETICKÝ	275 035	F, T	R 11-39/23/24/25-23/24/25
MONOBROMBENZEN	11 000	Xi, N	R 10-38-51/53
MONOCHLORBENZEN TECHNICKÝ	33 551	Xn, N	R 10-20-51/53
N-METHYLPYRROLIDON	2 730	Xi	R 36/38
OCTAN ETHYLNATÝ TECHNICKÝ	64 686	F, Xi	R 11-36-66-67
OXYCHLORID FOSFOREČNÝ	11 136	T+, C, Xn	R 14-22-26--29-35-48/23
TOLUEN	503 939	F, repr. kat. 3, Xn, Xi	R 11-38-48/20-63-65-67
TOLUEN ČISTÝ	16 435	F, repr. kat. 3, Xn, Xi	R 11-38-48/20-63-65-67
XYLEN	5 695	Xn, Xi, R10	R 10-20/21-38

*Poznámka: * náležitosti označování nebezpečných látek a nebezpečných přípravků jsou uvedeny ve vyhlášce č. 232/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů*

1.1.3 Plánované změny využití lokality

Podle územního plánu je areál FARMAKU, a.s. klasifikován jako:

- Význam : plochy stabilizované v zastavěném území
- Využití : plochy smíšené výrobní

Plochy stabilizované v zastavěném území, které se vymezují pro zajištění stabilizované struktury zástavby nebo jejich stávajícího vhodného využití.

Plochy smíšené obytné - na těchto plochách je podmíněně přípustné umístění staveb pro nerušící výrobu, výrobní služby a sklady v měřítku úměrném potenciálu území a v souladu s jeho charakterem.

1.1.4 Ochrana vodních zdrojů, nerostných surovin a technických objektů

Prameniště Olomouc-Černovír

V bezprostředním okolí zájmového území se nachází významné jímací území Černovír, které slouží k veřejnému zásobování pitnou vodou. Vlastníkem jímacího území je Vodohospodářská společnost Olomouc, a.s., provozovatelem je MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s. Ochrana jímacího území je dána ochranným pásmem vodního zdroje I. a II. stupně. Vzhledem k blízkosti areálu FARMAKU, a.s. by mohlo být prameniště ohroženo starou ekologickou zátěží.

Tabulka č. 4: Odběr podzemní vody z jímacího území v roce 2014

MOVO Olomouc - Černovír	
Zdroj	h14
Identifikační číslo	530070
Horní maticové číslo úseku toku	4042601
Číslo polohy na úseku toku	853
Číslo hydrologického pořadí	4-10-03-1124-0-00
Hydrogeologický rajon	1621
Kraj	Olomoucký
Okres	Olomouc
Obec	Olomouc
Katastrální území	Černovír
Původ odebírané vody	mělká
Způsob zachycení vody - jímka	ne / -
Způsob zachycení vody - štola, zářez	ne / -
Způsob zachycení vody - studna	ne / -
Způsob zachycení vody - vrt	ano / 40
Počet rozborů celkem	-
Způsob úpravy vody	jiná
Způsob stanovení množství	měření
Rozhodnutí o povolení k odběru podzemní vody	

Typ a sídlo VP úřadu	Magistrát města Olomouc
Číslo jednací VP povolení	ŽP/1605/03/Ha +SMOI/ŽP/55/2552/2012/Ko
Datum vydání VP povolení	2003-04-07
Datum platnosti VP povolení	2022-12-31
Povolené množství - tis.m ³ /rok	5 991,840
Povolené množství - tis.m ³ /měsíc	499,20
Povolené množství - max. l/s	250,00



© Povodí Moravy, s.p., 2015

1.1.5 Ochranná pásma technických objektů

Východním směrem od areálu FARMAKU, a.s. je vede vzdálenosti 140 m rychlostní železniční trať č. 270 Praha-Česká Třebová-Přerov-Bohumín. Ochranné pásmo dráhy (železnice), které podle zákona č. 266/1994 Sb. o drahách, (§ 8) tvoří prostor po obou stranách dráhy, jehož hranice jsou vymezeny souvislou plochou vedenou u dráhy celostátní, vybudované pro rychlost větší než 160 km/hod, 100 m od osy krajní koleje, nejméně však 30 m od hranic obvodu dráhy. Přímo v areálu FARMAKU, a.s. je v současnosti neprovozovaná železniční vlečka, která má ochranné pásmo ve vzdálenosti 1,5 m od osy krajní koleje.

Přímo v areálu FARMAKU, a.s. se nachází podzemní venkovní vedení elektrické sítě VN 22 kV, jehož ochranné pásmo je vymezeno zákonem č. 458/2000 Sb. (energetický zákon) na 1 m po obou stranách krajního kabelu. V areálu se nachází dvě zděné elektrické stanice (transformátorové stanice - objekt č. 4 a objekt č. 43), jejichž ochranné pásmo je dle energetického zákona vymezeno svislými rovinami vedenými ve vodorovné vzdálenosti u zděných elektrických stanic s převodem napětí z úrovně nad 1 kV a menší než 52 kV na úroveň nízkého napětí 2 m od vnějšího pláště stanice ve všech směrech.

Vysokotlaký plynovod z vnějšího prostoru areálu je přiveden do plynové stanice (objekt č. 38), v současné době však není využíván. V celém areálu se nachází hustá podzemní síť rozvodů požární a pitné vody, které vedou většinou společně. Ochranným pásmem se rozumí prostor 2 m od půdorysu potrubí na obě strany. Také se v celém areálu nachází hustá síť lokálních vedení podzemních (kanalizace, elektrické kabely) i nadzemních (parovod, chladicí voda, elektrické kabely), která nemají ochranná pásma stanovena.

1.2 PŘÍRODNÍ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

1.2.1 Geomorfologické poměry

Dle geomorfologického členění lokalita náleží do podcelku Středomoravská niva (VIII A-3B), celku Hornomoravský úval (VIII A-3), oblasti Západní vněkarpatské sníženiny (VIII A), subprovincii Vněkarpatské sníženiny (VIII), provincii Západní Karpaty (Národní geoportál INSPIRE, <http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>).

Středomoravská niva je střední část Hornomoravského úvalu, akumulární rovina podél řeky Moravy a dolní Bečvy o ploše 415 km² se střední výškou 206,1 m a středním sklonem 0° 22' (Demek a kol., 1987).

1.2.2 Klimatické poměry

Z hlediska podnebí zařazujeme zájmovou oblast podle klasifikace Quitta (1971) do teplé klimatické oblasti T2 (dlouhé léto, teplé a suché, velmi krátké přechodné období s teplým až mírně teplým jarem i podzimem, krátkou, mírně teplou, suchou až velmi suchou zimou, s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky) s průměrným počtem letních dnů 50-60 a průměrným počtem mrazových dnů 100-110. Průměrná teplota vzduchu v lednu dosahuje -2 až -3 °C, průměrná teplota v červenci 18 až 19 °C. Roční úhrny atmosférických srážek představují v průměru 550 - 700 mm, z toho větší část (350 - 400 mm) připadá na vegetační období. Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více se pohybuje v rozmezí 160-170 dní. Počet dnů se sněhovou pokrývkou odpovídá v průměru kolem 40 – 50.

Na doplňování zásob podzemní vody, a tedy i na kolísání její hladiny, mají v zájmovém území významný podíl atmosférické srážky.

1.2.3 Geologické poměry

Z regionálně geologického hlediska náleží lokalita do Vnějších Západních Karpat, konkrétněji do karpatské předhlubně. Karpatská předhlubeň je systémem vzájemně paralelních podélných předhlubní, které jsou vyplněny mořskými molasovými sedimenty egeru až badenu a leží na krystaliniku, paleozoiku a mezozoiku Českého masívu, na brunovistuliku a jeho paleozoickém, mezozoickém a paleogenním sedimentárním pokryvu. Spodnomiocenní sedimenty (egeru až karpátu), na severovýchodní Moravě částečně i spodního badenu, se noří v jv. části předhlubně pod přesunuté příkrovy flyšového pásma, nebo jsou začleněny do jeho příkrovové stavby. Předhlubeň je ve střední části porušena mladší příčnou příkopovou strukturou - Hornomoravského úvalu a Mohelnické brázdy, které jsou vyplněny pliocenními a patrně i svrchnomiocenními fluvioakustinními a kontinentálními sedimenty (Čtyrský, P., Stráník, Z., 1995).

Podrobně byly geologické a hydrogeologické poměry lokality popsány a hodnoceny v předchozích etapách průzkumných a sanačních prací, zde jsou popsány informace, které přinesly práce realizované v této etapě.

Na lokalitě byly vrtnými pracemi zastiženy tyto horniny, jejichž přehled a popis je uveden dále. Stratigraficky lze zařadit zastižené vrstvy v rozmezí kvartér – karbon.

Navážky (antropogenní sediment) - nejsvrchnější část geologického profilu v areálu, které jsou tvořeny směsí materiálů – hlíny, cihel, úlomků kamene, betonu, šterku, dřeva, kovu, písku, sutě, popele. Mocnost navážek se pohybuje od 0,4 do 4 m.

Povodňové hlíny - svrchní souvrství údolní nivy tvořené fluvialními sedimenty tvořené komplexem jílovitých, prachovitých až jemně písčitých hornin, které jsou omezeně zvodněné a plní funkci „poloizolátoru. Mocnost těchto jemnozrnných zemin značně kolísá a pohybuje se 0,6 m do 2,8 m. V závěru fluvialního sedimentačního cyklu kvartéru vznikly v místech s dlouhodobějším zadržením vod jako vod stojatých (slepá mělká ramena, jezírka) podmínky pro vývoj vegetace, která je v geologickém profilu zastižena jako rašelina. Tato vrstva byla zastižena u železniční vlečky v areálu.

Šterkopísčité fluvialní sedimenty jsou bazálním souvrstvím údolní nivy, které je tvořeno průlinově propustnými písky a šterky, které jsou výrazně zvodněné, tvoří hlavní terasu řeky Moravy. Tyto uloženiny jsou popsány jako písčité šterky. Šterková zrna jsou tvořena dobře opracovaným, valounovým materiálem hornin krystalinika s podstatným zastoupením křemene. Mocnost této vrstvy se pohybuje od 2,5 m do 8,5 m. Šterková zrna jsou převážně velikosti kolem 0,1 – 3,0 cm, ojediněle, zejména při bázi vrstvy jsou zrna valounů do velikosti kolem 8 cm.

Pod těmito kvartérními sedimenty jsou na lokalitě zachovány dvě různě staré a litologicky odlišné horniny – neogenní jíly a karbonské (kulmské) horniny.

Neogenní sedimenty v mořském, popř. brakickém a lakustrinním vývoji. Geneticky a litologicky lze tyto sedimenty popsat takto:

- starší mořské sedimenty (miocén) – vápnité jíly, písčité jíly, tmavě šedé, zelenošedé, šedozelené barvy
- mladší lakustrinní sedimenty (pliocén) – jílovité písky, písčité jíly světle hnědožluté barvy.

Ve většině průzkumných vrtů, kde byly neogenní sedimenty zastiženy, byl jejich strop zastižen v hloubce kolem 6,5 – 11,9 m pod terénem.

Karbonské horniny - jedná se o jílovité břidlice, fylity - stáří spodní karbon. Jedná o horniny s vysokým stupněm navětrání, popř. jsou až zcela zvětralé a lze je přiřadit k eluviu skalního masivu. Svým charakterem se blíží jílovitopísčitém nezpevněným zeminám. Tyto horniny zastižené v geologických profilech jsou nejstarší. V hydrogeologických vrtech byl strop karbonských hornin zastižen v hloubce 5,9 – 8,8 m pod terénem.

1.2.4 Hydrogeologické poměry

Z hydrogeologického hlediska leží zájmová oblast v hydrogeologickém rajónu svrchní vrstvy 1621 Pliopleistocén Hornomoravského úvalu – severní část. V podloží je vyvinut rajón základní vrstvy 2220 Hornomoravský úval – severní část (Olmer et al. 2006). Útvar podzemní vody, který je oblastí zájmu, je svrchní vrstvy, s označením 16210 Pliopleistocén Hornomoravského úvalu – severní část (heis.vuv.cz).

Hydrogeologický kolektor je tvořen bazálním souvrstvím údolní nivy řeky Moravy a dominantně ho tvoří vrstvy s písčítými štěrky a písky s průlinovou propustností. Kvartérní klastické sedimenty jsou považovány za jednokolektorový zvodněný systém s volnou hladinou. Na bázi kolektoru se nacházejí především neogenní sedimenty, méně pak karbonské horniny, které tvoří podložní izolátor kvartérnímu kolektoru. Stropní izolátor tvoří povodňové hlíny.

Kolektorem podzemní vody s aktivním oběhem zájmovém území jsou kvartérní fluvialní písčité štěrky a štěrky s koeficientem hydraulické vodivosti pohybujícím se v řádu $n \times 10^{-4}$ m/s. Mocnost kvartérních sedimentů tvořících hydrogeologický kolektor se na lokalitě pohybuje v prvních metrech.

Proudění podzemní vody je v areálu výrazně ovlivněno existencí podzemních objektů, jejich lokalizace je popsána ve zprávě o AAR od firmy Aquatest z roku 2012. Proudění podzemní vody mohou ovlivňovat i zbytky staré chemické kanalizace. Také dešťová a splašková kanalizace a rozvod chladicí vody mohou lokálně ovlivňovat směr proudění podzemní vody, i když pouze při vysokých stavech hladin. Hloubka těchto liniových prvků je kolem 2,0 m p.t.

Znečištění je vázáno na kvartérní hydrogeologický kolektor tvořený vrstvou fluvialních písčitých štěrků s průlinovou propustností. Zvodeň je v hydraulické spojitosti s řekou Moravou. Dotace kolektoru vodou je z poříční vody, dále pak infiltrací srážkových vod na přilehlém povodí. Řeka Morava v prostoru Klášterní Hradisko plní po většinu roku drenážní funkci, pouze za vyšších vodních stavů v jarních měsících dochází k lokální dotaci kolektoru. Stropní izolátor je v prostoru areálu místně nahrazen antropogenními navážkami. Jímací území Černovír je od FARMAKU, a.s. vzdáleno cca 600 m severně až severovýchodně. Odebírá se z něj kolem 110 l/s, povolený odběr je až 250 l/s vody. Dlouhodobé čerpání podzemní vody vyvolává v okolí jímacího území lokální depresi.

Režim podzemní vody mělkého oběhu je v současnosti ovlivňován vodárenskými odběry v jímacím území Černovír a existencí podzemní těsnicí stěny.

1.2.5 Hydrologické poměry

Dle hydrologického členění patří zájmová oblast do dvou dílčích povodí IV. řádu, a to jednak Morava, ČHP 4-10-03-0910 (ID toku 10100003), plocha dílčího povodí je 1,59 km² a Bystřice, ČHP 4-10-03-1124 (ID toku 10100053), plocha dílčího povodí je 30,4 km² (<http://hydro.chmi.cz/ismnozstvi/ciselnik.php?id=hlg>). Oba toky jsou ve správě Povodí Moravy, s.p. Území spadá pod oblast povodí Moravy a dále pak Dunaje, úmoří Černého moře.

Hodnocené území se nachází v záplavovém území řeky Moravy pro průtok Q_{20} a Q_{100} bylo vyhlášeno záplavové území dne 17. 9. 2004 KÚ Olomouckého kraje, OŽPaZ pod č. j. KUOK/6388/04/OŽPZ/339. Stav platnosti záplavového území je aktuálně neplatný. Při povodni v roce 1997 byl areál Farmaku zaplaven.

1.2.6 Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě

V rámci sanačních prací byl historicky v areálu Farmaku základní chemismus podzemní vody sledován nejprve ve vrtu SM-16 v roce 2006, tj. před zahájením vlastní sanace z důvodu nastavení provozních parametrů sanační technologie. V měsíci únoru 2008 byl sledován chemismus podzemní vody v rámci příprav na terénní zkoušky STP ve vrtech AT-106 a SM-9. Nejvíce analýz je k dispozici z vrtů zapojených do terénní zkoušky aplikace Fentonova činidla. Jedná se o vrty SM-11, SM-18, SM-42, SM-44 a SM-45. V omezeném rozsahu byl Farmakem pro vlastní potřebu sledován chemismus v řadě vrtů v areálu i mimo areál. Pro hodnocení byly vybrány vrty HV-404, P-200 a P-208, přičemž analýzy jsou z roku 2005. Chemismus vody v JÚ Černovír reprezentují analýzy z pozorovacích vrtů (HV-111 a HV-116), násoskové studny (K2) a sběrné studny (A0). Analýzy z prvních tří uvedených objektů provedla firma MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s. Ze sběrné studny A0 byl využit výsledek analýzy kontrolního odběru, kterou provedl GEOTest Brno n. p. v roce 1982 [27].

Chemické složení podzemní vody v areálu Farmaku v místě situování vrtů SM-18, SM-44 a SM-45 je značně ovlivněné velmi vysokým stupněm kontaminace. Z hlediska milivalprocentního zastoupení hlavních iontů (hranice je 25 %) má kontaminovaná podzemní voda variabilní složení, v nejvíce kontaminovaných vrtech (SM-18 a SM-45) je typu Ca-Cl a v méně kontaminovaném vrtu SM-44 je typu Ca-Cl-HCO₃. Ve vrtech, které byly původně navrženy pro terénní zkoušky STP (AT-106 a SM-9), a také ve vrtu SM-42 je podzemní voda typu Na-Ca-Cl-HCO₃. Ve slabě kontaminovaných vrtech v jižní části areálu (SM-11) je podzemní voda typu Ca-SO₄-HCO₃ a v severní části areálu (SM-16) je podzemní voda typu Na-Ca-HCO₃. Jak vyplývá ze složení hlavních iontů, anorganické znečištění reprezentují především chloridy, které ve vrtech SM-18 a SM-45 předčily podíl přirozeně se vyskytujícími hydrogenuhličitany. Chemický typ vody v JÚ Černovír lze přibližně odhadnout jako Ca-HCO₃, protože jak ve sběrné studni A0, tak v násoskové studni K2 nebyly stanoveny všechny potřebné anionty a kationty. Obecně je v mělkém průlinovém kolektoru kvartérních sedimentů údolní nivy řeky Moravy, neovlivněném antropogenní kontaminací, většinou přítomna podzemní voda typu Ca-HCO₃, popř. Ca-Na-HCO₃ [27]. Podzemní vodu v areálu Farmaku lze hodnotit jako dosti tvrdou až velmi tvrdou se zvýšenou až vysokou mineralizací, v JÚ Černovír pak jako středně tvrdou až tvrdou. Podzemní voda v areálu je také výrazně ovlivněna vysokými koncentracemi amonných iontů dosahujícími většinou desítek mg/l, výjimečně až nízkých stovek mg/l. Na přítomnost organického znečištění ukazují velmi vysoké hodnoty chemické spotřeby kyslíku dichromanem (CHSK_{Cr}). U analýz provedených zhotovitelem je však do celkové hodnoty CHSK_{Cr} zahrnuta i kyslíková spotřeba všech oxidovatelných anorganických látek. Sumární koncentraci iontů v podzemní vodě ukazuje parametr vodivost (mS/m). Ovlivněná voda v areálu dosahuje většinou nízkých stovek mS/m,

zatímco neovlivněná v blízkém okolí JÚ Černovír dosahuje jen desítek mS/m. Přirozeného původu jsou zvýšené koncentrace železa a manganu, které jsou vyšší v areálu Farmaku než v JÚ Černovír.

Po povodni v roce 1997 došlo v JÚ Černovír ve většině jímacích studní ke zhoršení jakosti, které se projevilo zvýšenými koncentracemi železa, manganu a huminových látek, takže musela být uvedena do provozu účinnější technologie na úpravu vody.

Fyzikální a zrnitostní vlastnosti zemín byly zkoumány v nesaturované i saturované zóně v rámci STP v roce 2007 v 8 vzorcích z vrtů HP-1 a HP-6 a při hloubení vrtů pro aplikaci Fentonova činidla v roce 2011 ve 14 vzorcích odebraných z 8 vrtů. Jejich vyhodnocení je uvedeno rovněž v kapitole 2.3.2 původní AAR [32].

Pozadové znečištění podzemních vod a zemín na lokalitě se nepředpokládá. Kolem areálu Farmaku je vybudována PTS, takže migrace případné kontaminace do areálu není, po jejím vybudování, možná.

1.2.7 Ochrana přírody a krajiny, střety zájmů

- Území leží dle NV č. 71/2003 Sb. v povodí kaprových vod – Morava olomoucká a v povodí lososových vod – Bystřice hanácká.
- Lokalita leží v záplavovém území pro Q20 a Q100.
- Zájmové území je dle Přílohy č. 1 k NV č. 262/2012 Sb. součástí zranitelné oblasti Klášterní Hradisko.
- Zájmové území spadá dle NV č. 61/2003 Sb. do citlivé oblasti (všechny povrchové vody – jejich povodí jsou vymezeny jako citlivé oblasti).
- Území je součástí chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) – Kvartér řeky Moravy.
- V zájmové lokalitě se nenacházejí žádné prvky územního systému ekologické stability.
- Na lokalitě nejsou mapovány žádné svahové nestability.
- Zájmové území není součástí žádného (zvláště) chráněného území, přírodního parku, významného krajinného prvku, ochranného pásma vodního zdroje, chráněného ložiskového území. V zájmovém území nejsou stanoveny žádné dobývací prostory. Na lokalitě není evidováno žádné poddolované území, ani důlní díla.
- V nejbližším okolí zájmové lokality se nenachází žádné chráněné území soustavy NATURA 2000.
- Ptačí oblasti - nejbližší ptačí oblastí je Litovelské Pomoraví, jejíž hranice je identická s hranicí CHKO Litovelské Pomoraví a je vzdálená 0,8 km severozápadně od zájmového území.

2. PRŮZKUMNÉ PRÁCE

2.1 DOSAVADNÍ PROZKOUMANOST ÚZEMÍ

Na lokalitě bylo před zahájením vlastních sanačních prací provedeno několik průzkumů, které jsou chronologicky seřazené v tabulce 15. Protože jedním z možných recipientů rizik je JÚ Černovír, jsou do tabulky zahrnuty i ty průzkumy, které se jímacím územím zabývají. Přesná citace zpráv je uvedena v kapitole 6.

Tabulka č. 5: Přehled průzkumných prací provedených na lokalitě

Označení v kap. 6	Rok	Účel prací	Objednatel	Zhotovitel průzkumu
Průzkumy realizované především v areálu Farmaku, případně v okolí				
[19]	1975 - 1977	průzkum znečištění podzemních vod ve vztahu k JÚ Černovír	Farmakon, n.p.	GEOtest Brno, n.p.
[8]	1997	doplňk k ekologickému auditu včetně průzkumných prací	FARMAK, a.s.	SEPARA spol. s r.o.
[4], [5], [6]	2002 - 2003	analýza rizik (s Doplnky č. 1 a 2) včetně průzkumných prací	FNM ČR	GHE, a.s.
[23], [24]	2004	sanační doprůzkum	MF ČR	TALPA – RPF, s.r.o.
Průzkumy realizované pro JÚ Černovír				
[28]	1983	průzkum pro preventivní ochranu JÚ Černovír proti znečištění látkami přepravovanými železnicí	SmVaK, n.p.	GEOtest Brno, n.p.
[30]	2008	revize ochranných pásem JÚ Černovír včetně mat. modelu	Vodohospodářská společnost, a.s.	OHGS s.r.o.
[20]	2009	hydrologická měření a sledování kvality vody v pozorovací síti vrtů kolem JÚ Černovír	MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.	Hydrogeologie, s.r.o.
[31a]	2011	rekonstrukce studní a násosky a krátkodobé čerpací zkoušky z vybraných studní	Vodohospodářská společnost, a.s.	OHGS s.r.o.

Výsledky realizovaných prací v letech 2006 až 2014, tedy sanačních prací, průzkumných prací v rámci STP, případně prací provedených nad rámec realizačního projektu, jsou, pokud se vztahují k problematice analýzy rizik, uvedeny a zhodnoceny v kapitole 2.3. Podrobně jsou pak popsány v jednotlivých ročních zprávách za sanaci.

2.1.1 Základní výsledky dřívějších průzkumných a sanačních prací na lokalitě

Ochranné sanační čerpání a vybudování PTS

Nápravná opatření na likvidaci ekologických škod v areálu a okolí společnosti Farmak (původně Farmakon Olomouc s.p.) se začala realizovat v letech 1975 až 1977 provedením průzkumu znečištění [19]. S ohledem na získané výsledky a blízkost jímacího území Černovír bylo navrženo ochranné opatření sestávající z realizace podzemní těsnicí stěny jako hydraulické bariéry. Do doby výstavby PTS bylo provozováno ochranné čerpání podzemní vody z vrtů R-46, R-48, R-49, R-50, R-53 a R-54 a R-93, situovaných v severní části areálu Farmaku a severně od okraje areálu (příloha č. 4). V roce 1982 bylo z těchto vrtů čerpáno cca 16 l/s podzemní vody

[22], údaje o obsahu polutantů v čerpané vodě nejsou k dispozici. PTS byla budována v letech 1983 až 1986 z jílovocementového materiálu o tloušťce 0,8 m, zapuštěná byla 1,5 m do nepropustného podloží a s korunou 1,0 m pod terénem. Průměrná hloubka stěny je 8 m a délka 1 700 m. Součinitel hydraulické vodivosti (K) těsnicího materiálu byl stanoven v rozmezí $6,32 \times 10^{-10}$ až $1,17 \times 10^{-8}$ m/s [63]. Stavba byla zkolaudována v květnu 1986. Současně s PTS byl vybudován systém pozorovacích vrtů P-200 až P-211. Na podzim roku 1986 byl spuštěn zkušební provoz PTS, trvalý provoz byl zahájen v lednu 1991 podle provozního řádu zpracovaného Ing. Milanem Kučerou dne 10. 12. 1990 [65]. Aktivní ochrana jímacího území Černovír byla realizována formou čerpání z vrtů uvnitř PTS (R-211 až R-218) a z linie vrtů podél řeky Moravy (vrty R-96, R-97, R-98, R-99 a R-101 (příloha č. 6) s celkovou vydatností do 10 l/s. Podzemní voda čerpaná uvnitř PTS a na liniích sanačních vrtů (v 80. letech bylo čerpáno i z vrtů situovaných východně a severně od areálu Farmaku - viz níže) byla do prosince 1991 vypouštěna přímo do řeky Moravy, poté odváděna na podnikovou ČOV a po přečištění vypouštěna do městské kanalizace. Sanační čerpání linie vrtů vně PTS, tj. podél řeky Moravy, bylo ukončeno v únoru 1998. Pro „**systém ochrany podzemních vod před kontaminací z areálu FARMAK, a.s. Olomouc**“, provozovaný Farmakem, byl aktualizován původní provozní řád v dokumentu „Manipulačně provozní řád VOP/PTS“ z března 1997, schváleném RŽP OkÚ Olomouc dne 26. 1. 1998 pod č. j. ŽP-765/97-Op. Čerpáno bylo z vrtů R-211 až R-214 a R-217 a R-218, úroveň hladiny podzemní vody byla měřena 1x týdně, a to i z pozorovacích vrtů P-200 až P-211, 2x ročně byl zjišťován obsah vybraných anorganických ukazatelů a 1x ročně TOL. Nový řád byl vypracován v březnu 2004 a byl schválen Magistrátem města Olomouce, odborem životního prostředí dne 15. 12. 2004 pod č. j. ŽP/20971/04Kr. Dne 5. 12. 2006 byl zhotovitelem sanačních prací převzat provoz systému včetně pasivní části PTS (pozorovacích vrtů P-200 až P-211), který do té doby realizoval Farmak, neboť to bylo podmínkou zadávací dokumentace k sanaci. Čerpání podzemní vody bylo od 5. 12. 2006 do 5. 7. 2007 provozováno z vrtů R-211 (pouze v prosinci 2006), R-213, R-217 a R-218. Voda z vrtů R-211 a R-213 byla odváděna na ČOV Farmaku k likvidaci, voda z vrtů R-217 a R-218 byla vedena do chladicího okruhu Farmaku. Dne 5. 7. 2007 byl provoz ochranného sanačního čerpání zhotovitelem ukončen, neboť dne 6. 7. 2007 bylo zahájeno sanační čerpání podzemní vody podle realizačního projektu. Od 6. 7. 2007 tedy Farmak čerpá podzemní vodu pouze z vrtů R-217 a R-218, kterou využívá pro svůj chladicí okruh. Od listopadu 2009 bylo přerušeno čerpání z vrtu R-217, v němž byl zaznamenán nárůst benzenu a chlorovaných ethylenů, a využíván byl pouze vrt R-218 v množství cca 0,8 l/s. Od 9. 12. 2010 bylo čerpání z vrtu R-217 obnoveno (koncentrace polutantů poklesly) a z vrtu R-218 přerušeno (s výjimkou krátkodobého čerpání v prosinci 2011). V rámci provozu ochranného sanačního čerpání bylo od převzetí provozu v prosinci 2006 do 29. 2. 2012 odčerpáno celkem 210 673 m³ podzemní vody, což je cca 1,3 l/s. Z vrtu R-217 bylo v roce 2011 průměrně čerpáno odběr 0,61 l/s. Od 7. 3. 2012 již společnost Farmak nebude čerpat vodu z těchto vrtů do chladicího okruhu.

Průzkumy realizované především v areálu Farmaku, případně v okolí

Poznámka: komentáře autorky AAR k výsledkům průzkumů, resp. porovnání s výsledky aktuálních sanačních prací jsou níže uvedeny kurzívou.

Základní průzkumné práce v areálu Farmaku (v té době n.p. Farmakon) byly provedeny **Geotestem n.p. Brno v letech 1975 až 1977** [19] a sestávaly ze 3 etap. První etapa byl předběžný průzkum, druhá etapa detailní průzkum a vybudování ochrany JÚ Černovír, třetí pak definitivní provoz této ochrany. Závěrečná zpráva první etapy, během níž byly vyhloubeny vrty

řad P-1 až P-45, P-56 až P-67 a R-46 až R-55, byla předložena v září 1977 a bylo v ní konstatováno:

- Bylo prokázáno, že n.p. Farmakon je hlavním znečišťovatelem podzemní vody v zájmovém území. Nejzávažnějšími polutanty byly organické polární látky (aceton, etanol, metanol, isopropylalkohol), organické nepolární látky (toluen, alkany a chlorované uhlovodíky), anorganické látky (sulfáty, chloridy, sodík, amoniak).
- Dalšími zdroji znečištění podzemní vody jsou bývalé skládky, zemědělská velkovýroba a sídlištní aglomerace. Závažný vliv na kvalitu podzemní vody v severní části zájmového území má rekultivovaná skládka v soutokové oblasti Moravy a Trusovického potoka, kde byl zjištěn obdobný typ kontaminace jako v n.p. Farmakon.
- Nejvýraznější průmyslové znečištění podzemní vody původem z n.p. Farmakon bylo zjištěno především v areálu závodu, odkud se šíří směrem k JZ až k řece Moravě, kterou je podzemní voda drénována. Dalším z preferovaných směrů šíření kontaminace je od závodu povšechně k severu až zhruba na úroveň školního statku (*viz obrázek č. 3*). Masivní znečištění ostře končí na severním okraji návrší Klášterní Hradisko a východním okraji n.p. Farmakon.
- Méně výrazná kontaminace byla zjištěna v severní části studované oblasti v těsné blízkosti JÚ Černovír severně od vrtu P-12.
- Samostatná aureola znečištěné podzemní vody v prostoru rekultivované skládky (situovaná sz. od zájmového území v blízkosti soutoku Moravy a Trusovického potoka) se může za určitých okolností rozšířit směrem k jímacímu území a účastnit se kontaminace ssv. části území.
- Šíření kontaminace od závodu směrem zjz. je podmíněno elevací kulmských a plioleptocenních hornin v podloží štěrkopísků a existencí nevýrazného přehloubeného koryta při severním úpatí této elevace.
- Jako ochranu jímacího území před nejzávažnějším typem znečištění pocházejícím z n.p. Farmakon byla navržena podzemní těsnicí stěna, doplněná čerpáním a pozorovacím systémem.
- K likvidaci znečištění v prostoru, který nebude uzavřen podzemní stěnou, je navržen systém kontinuálně čerpaných vrtů, který bude v činnosti až do odčerpání nejvíce kontaminovaných vod.

Z hlediska typu organického znečištění je třeba konstatovat, že v době průzkumu byly analytické metody méně dokonalé než v současnosti, takže některé typy analýz nebyly prováděny, případně byly z hlediska kvalitativního označeny jako neidentifikované látky. Proto při hodnocení úrovně kontaminace byla použita suma rozpuštěných organických látek (ROL). V areálu Farmaku byly ROL stanoveny v podzemní vodě v koncentracích vyšších než 1 000 mg/l, maximální hodnota 6 284 mg/l byla zjištěna ve vrtu P-33. Ve vrtu P-36, tedy v prostoru skladování surovin na volné ploše ve v. části areálu, bylo znečištění ROL ve výši 1 390 mg/l. Také západně od areálu, ve vrtu R-48 ležícím cca 25 m severně od stávajícího vrtu SM-31, byly obsahy ROL nad 1 000 mg/l. Ještě i ve vrtu P-28, ležícím cca 20 m z. od R-48, bylo 354 mg/l ROL. Ve směru k JÚ Černovír byly ověřeny stopy ROL s maximem ve vrtu P-60 situovaném z. od studní jímacího řadu B, a to ve výši 200 µg/l toluenu. V oblasti kontaminace vyšší než 100 mg/l ROL byly z hlediska procentuelního zastoupení dominantní etanol a aceton (společně tvořily cca 53 až 62 %), toluen se pohyboval kolem 10 %, metanol a isopropanol se pohybovaly v rozmezí 6 až 9 %. Ve směru proudění podzemní vody, v oblastech s nižší koncentrací ROL, klesal podíl acetonu, etanolu, isopropanolu a metanolu a zvyšoval se podíl toluenu, chlorovaných uhlovodíků a alkanů. Ve směru k JÚ Černovír nebyly při průzkumu ve vrtech P-12, P-21, P-61, R-54 polutanty zjištěny, i

když laboratoři n.p. Farmakon byly ve vrtech P-12 a P-61 stanoveny obsahy toluenu cca 350 µg/l. Ostatní organické látky nebyly v blízkosti JÚ Černovír zjištěny. Z hlediska anorganických ukazatelů byly v areálu závodu velmi vysoké koncentrace síranů, a to nad 1 000 mg/l s extrémem v prostoru objektu 13c (22 649 mg/l). Vysoké obsahy síranů byly zjištěny i ve vrtu P-61 (721 mg/l). Také chloridy byly v areálu Farmaku ve stovkách mg/l s maximem ve vrtu R-48 (5 676 mg/l). Kontaminace amonnými ionty nebyla tak vysoká, maximum bylo zjištěno ve vrtu P-56 ve výši 37 mg/l. Obsahy ROL nebyly analýzami vzorků vody z povrchových toků (Trusovický potok, Morava, Bystřice) zjištěny, a to ani v místech ležících pod oblastí, v níž byly kontaminované podzemní vody drénovány tokem řeky Moravy, a pod vyústěním chemické kanalizace n.p. Farmakon [19].

Uzavřený tvar PTS, navržený v závěrečné zprávě průzkumu, byl na základě znaleckého posudku V. Hála pozměněn do definitivní podoby vyznačené v příloze č. 6, tedy vedoucí kolem celého areálu Farmaku a pouze na jižní straně otevřená. Kontaminace v areálu Farmaku a v jeho okolí byla řešena s cílem ochrany JÚ Černovír. Během výstavby PTS část pohyblivějších složek kontaminace migrovala do širšího okolí. *Není uvedeno kterým směrem, je otázkou, zda to nebylo právě způsobeno sanačním čerpáním vrtů (viz dále).* V té době sanace kontaminované zvodně byla realizována třemi liniemi čerpacích vrtů. První vedla podél trati ČD Olomouc - Česká Třebová a tvořily ji vrty HV-401, HV-402, HV-403, R-54, HV-404, HV-405 a R-47. Čerpání probíhalo od března 1986 do srpna 1988. Druhá linie sledovala úseky PTS v Černovíře s objekty R-55, R-65, R-114, HV-406, HV-407, HV-408 a čerpání bylo ukončeno před rokem 1997. Třetí linie byla rozložena podél řeky Moravy a tvořily ji vrty R-51, R-96, R-97, R-105, R-103, R-99 a R-102. V roce 1997 bylo čerpáno již jen z vrtu R-96 [8]. Ve vrtech třetí linie se projevoval klesající trend koncentrace závadných látek. Z časových ročních řad sledování kontaminace byl ve většině sond a vrtů patrný sestup masivního znečištění až na hodnoty prakticky nulové, které však byly neočekávané v jednom odběru vystřídány vysokými hodnotami, v dalších vzorcích se pak blížily znovu k nule [8].

V rámci **ekologického auditu**, zpracovaného Ústavem pro životní prostředí PřF UK Praha v roce **1992** [10], byly provedeny laboratorní analýzy vzorků podzemní vody z vrtů R-211, R-212, R-217 a R-218. Nejvyšší obsahy polutantů byly stanoveny ve vrtech R-211 a R-212 – toluen ve výši 67 000 µg/l, benzen 781 µg/l a DCE 13 000 µg/l.

V rámci ochranného sanačního čerpání byly Farmakem v letech 1991 až 1996 sledovány obsahy polutantů ve vrtech P-201 až P-210, situovaných vně a uvnitř PTS. Ve většině vrtů byly obsahy benzenu, toluenu a chlorbenzenu ve stopových množstvích. Výjimkou byly velmi rozkolísané obsahy v P-201 od hodnot pod mezí stanovitelnosti po maximum 22 000 µg/l v roce 1995. *V tomto objektu byly během sanačního monitoringu v letech 2006 až 2012 obsahy obvykle ve stopových množstvích s výjimkou července 2008, kdy bylo ve vrtu stanoveno 4 500 µg/l toluenu. Vzhledem k tomu, že takováto hodnota se již nikdy neopakovala, výsledek byl původně považován za erratické měření. Ovšem také to může být okraj kontaminačního mraku, který nebyl dosud vymapován, neboť v roce 2011 byly ve vzorcích vody z vrtu SM-16 zjištěny obsahy toluenu v desítkách tisíc µg/l. Tento vrt byl, podle závěrů sanačního doprůzkumu [23], nekontaminovaný a byl v realizačním projektu sanace vypracovaném společností TALPA - RPF, s.r.o. [25], navržen na zasakování. Po přerušení zásaku v roce 2011 v řádu měsíců došlo ve vrtu k nárůstu obsahu toluenu až na 36 600 µg/l. Po opětovném zapojení vrtu do zasakování koncentrace toluenu poklesly na jednotky µg/l.* Obsahy chlorbenzenu byly v letech 1991 až 1996 v desítkách µg/l ve vrtech P-205 a P-206 a ve vrtu P-207 uvnitř PTS i jednorázově ve výši 366 µg/l. *V tomto*

vrty byly během sanačního monitoringu rozkolísané obsahy chlorbenzenu s maximem 692 µg/l v lednu 2009. Amonné ionty byly obvykle v nižších jednotkách mg/l s výjimkou vrtu P-206, v němž byly obsahy NH₄⁺ v desítkách mg/l s maximem 122 mg/l v roce 1996. Během sanačního monitoringu v letech 2006 až 2011 byly v tomto vrtu koncentrace maximálně v desetínách mg/l.

Vyhlobení dalších 7 monitorovacích vrtů (AT-101 až AT-107) a 21 mělkých sond, vzorkovací a analytické práce byly součástí **doplňku k ekologickému auditu** z roku 1997 [8]. Analyzovány byly vzorky půdního vzduchu (19 ks) a podzemní vody ze stávajících a nově vyhloubených vrtů (celkem 22 ks). Ve vzorcích podzemní vody byla provedena široká škála analýz – ÚCHR, aceton, etanol, metanol, kyanidy, kovy, BTEX, styren, PAU, chlorbenzen, dichlorbenzeny, Cl-U, NEL, PCB, cyklohexanon, kresoly, pyridin, tetrahydrouranon. Ovšem ne všechny analýzy byly provedeny ve všech vzorcích vody. Pouze ve 2 vzorcích zeminy byly ověřovány obsahy PCB a NEL. Byla zjištěna velmi závažná kontaminace nenasycované zóny NEL, benzenem, toluenem, ethylbenzenem, xyleny a Cl-Eth v půdním vzduchu. Sycovaná zóna byla podle závěrů auditu masívně kontaminovaná anorganickými látkami (amonnými ionty a chloridy) a organickými látkami (toluen, 1,2-cis-DCE, chlorbenzen a NEL). Nejzávažněji byla znečištěna sycovaná i nenasycovaná zóna v jz. části areálu. Je třeba podotknout, že etanol a metanol byly ověřovány ve všech 22 objektech. Aceton byl stanovován pouze ve 2 objektech a například ve vrtu P-33, který byl do vzorkování také zahrnut a v němž byl v roce 1977 obsah acetonu a etanolu 2 900 mg/l, ověřován nebyl. Přitom v půdním vzduchu byl v sondách v okolí vrtů P-32 a P-34 stanoven obsah acetonu až 5 200 mg/m³. Ve vrtu R-48, v němž během průzkumu v roce 1977 [19] byly ověřeny obsahy ROL více jak 1 000 mg/l, byly v roce 1997 stanoveny obsahy chlorbenzenu, TCE benzenu a xylenů ve stovkách µg/l, pouze toluenu bylo zjištěno 32 700 µg/l. Z hlediska absolutních hodnot byl stanoven nejvyšší obsah toluenu ve vrtech AT-107 (200 000 µg/l) a R-50 (190 000 µg/l), benzenu ve vrtu P-67 (1 140 µg/l), chlorbenzenu ve vrtu AT-106 (39 000 µg/l), vinylchloridu ve vrtu AT-102 (13 000 µg/l – vrt je v místě stávajícího SM-18), 1,2-cis-DCE ve vrtu AT-102 (13 000 µg/l) a TCE ve vrtu AT-103 (65 000 µg/l). Pro metanol a etanol byla mez stanovitelnosti 2 000 µg/l, pro aceton 4 000 µg/l. Ve všech vrtech byl obsah etanolu pod mezí stanovitelnosti (ve vrtu P-67 na mezí stanovitelnosti). Také obsah metanolu byl v 18-ti vrtech pod mezí stanovitelnosti, ovšem ve vrtech AT-102 bylo zjištěno 226 000 µg/l, ve vrtu P-33 pak 21 000 µg/l a ve vrtu P-67 41 000 µg/l metanolu. Aceton byl ověřován v 5-ti objektech, z toho 2x pod mezí stanovitelnosti (AT-101 a P-34). Ve vrtu AT-107 bylo stanoveno 12 000 µg/l, ve vrtu P-33 pak 136 000 µg/l a ve vrtu P-32 dokonce 210 000 µg/l acetonu. V půdním vzduchu převládaly různé varianty cyklopentanů a cyklohexanů, v některých sondách byl nalezen i metanol. Kvalitativní analýzou byla v areálu Farmaku identifikována široká škála organických látek, které podle autora auditu mohly pocházet z procesu výroby, současně mohly být sekundárními produkty rozkladu a vzájemných reakcí v podzemní vodě.

Z anorganických ukazatelů byly ověřeny vysoké obsahy především u amonných iontů s maximem 111 mg/l ve vrtu AT-106, v ostatních objektech od jednotek mg/l do cca 35 mg/l (AT-102, AT-104). Obsahy chloridů obvykle nepřekročily 300 mg/l, s výjimkou vrtů AT-102 (500 mg/l) a AT-106 (759 mg/l).

Z domovních studní v okolí areálu Farmaku byla ověřena kontaminace ve studni Db 1000, ležící západně od PTS. Obsah amonných iontů činil jen 0,04 mg/l, z organických látek byl zvýšený obsah TCE (41,7 µg/l) a toluenu (580 µg/l). *V roce 1977 studna Db 1000 vzorkována nebyla, v blízkém vrtu P-17 situovaném v místě nynějšího vrtu P-209 byl obsah ROL 31 350 µg/l.*

V níže uvedených průzkumech byly vzorkovány i stavební konstrukce. Protože část kontaminovaných objektů již byla odstraněna a část bude řešena v rámci II. etapy sanačních prací, která je plánována od II. poloviny roku 2012, a protože předkládaná AAR hodnotí míru kontaminace především v podzemní vodě, tak se znečištěním stavebních konstrukcí nezabýváme.

Analýza rizika [4] byla vypracována firmou GHE, a.s. v **květnu 2002**, její doplňky pak v září 2002 a lednu 2003 [5] a [6]. V doplňku k ekologickému auditu vytipovaná potenciální ohniska kontaminace byla upřesněna na 11 ploch v areálu Farmaku, které jsou vyznačeny na obrázku č. 4. Plocha č. 1 je situována na parkovišti vně plotu ohrazujícího areál. Průzkumné práce realizované jako součást AR v únoru a březnu 2002 sestávaly z odběru vzorků půdního vzduchu z mělkých sond (118 ks), z odběru vzorků zemin (84 ks). Stanovovány byly obsahy vždy NEL, BTEX, PAU, Cl-U, chlorbenzenu, v omezeném rozsahu kyanidů a těžkých kovů a organických látek (formaldehyd, cyklohexanon, tetrahydrofuran, pyridin, kresoly, aceton). Analyzováno bylo i 8 ks stavebních konstrukcí. Bylo odebráno 64 ks vzorků podzemní vody z 50-ti stávajících a 14-ti nově vyhloubených vrtů (FAR-1 až FAR-12, R-103A a R-105A).

Z 84 vzorků zemin byly obsahy polutantů pouze ve 2 vzorcích nad kritériem C MP MŽP, a to v ukazateli PAU. Tyto výsledky vedly autora AR k závěru, že kontaminace je způsobena vysoce těkavými látkami, takže při odběru vzorků je dokumentován silný zápach, ovšem polutanty okamžitě vytékají, navíc prý zeminy nemají sorpční schopnosti, a proto nejsou v laboratoři detekovány. Proto také nebyla pro zeminy počítána zdravotní rizika. *Citované výsledky jsou v rozporu se zkušenostmi zhotovitele na lokalitě. Jak vyplývá z ročních zpráv za sanaci, byly v areálu Farmaku ve vzorcích zeminy odebraných jak z nesaturované, tak i saturované zóny zjištěny velmi vysoké koncentrace především toluenu a chlorbenzenu.* V půdním vzduchu byl dominantním polutantem TCE vázaný na plochy 11 a 6 s rozšířením k ploše 2. Autor AR konstatoval, že kontaminace půdního vzduchu byla v přímé souvislosti s kontaminací v podzemní vodě. Lokálně byly v půdním vzduchu zjištěny vysoké obsahy toluenu, ethylbenzenu, xylenu a sumy ropných uhlovodíků.

Bylo konstatováno, že kontaminanty jsou vázané především na podzemní vodu. Za dominantní byly vytipovány uvnitř PTS (včetně linie vrtů R-211 až R-214) benzen, toluen, VCE, DCE, TCE, PCE, chlorbenzen, amonné ionty, kresoly a NEL. Vně PTS byly dominantními VCE, amonné ionty a chlorbenzen. Z hlediska absolutních hodnot byly obsahy toluenu nad 100 000 µg/l stanoveny ve vrtech P-32, P-56, AT-107, FAR-10 s maximem ve vrtu AT-103 ve výši 722 000 µg/l. Ve vrtu AT-102, v němž bylo v roce 1997 stanoveno 92 800 µg/l toluenu, bylo ověřeno 90 400 µg/l této látky. Koncentrace benzenu byly vyšší než 100 µg/l v 6-ti vrtech (P-32, P-67, R-212, FAR-2, AT-102 a FAR-10) s maximem ve FAR-2 ve výši 1 530 µg/l. Chlorbenzen byl v koncentracích vyšších než 1 000 µg/l stanoven ve vrtech R-213, FAR-2, P-67, AT-103, AT-104, AT-107, R-215 a AT-102, v němž bylo zjištěno maximum na lokalitě – 64 800 µg/l. Obsah Cl-Eth vyšší než 1 000 µg/l byl stanoven ve vrtech P-67, AT-102, AT-103 a FAR-10 s tím, že maximum TCE bylo ověřeno ve vrtech FAR-10 a AT-103 (22 800 a 14 100 µg/l), maximum DCE ve stejných vrtech ve výši 14 800 a 13 900 µg/l a nejvyšší obsah VCE ve vrtu AT-102 ve výši 1 660 µg/l. PCE byl přítomen pouze v nižších desítkách µg/l. Kresoly byly ověřovány ve vzorcích podzemní vody z 24 vrtů a obvykle pod mezí stanovitelnosti (která však činila 1 000 µg/l), maximum bylo zjištěno ve vrtu P-67 ve výši 2 300 µg/l. V textu AR bylo uvedeno, že v místech enormně vysokých koncentrací hodnocených kontaminantů lze předpokládat jejich výskyt i ve formě volné fáze.

Ve vzorcích podzemní vody nebyl vůbec stanovován metanol a isopropanol. Aceton byl stanoven v 25 vzorcích podzemní vody, vždy byl pod mezí stanovitelnosti (<1 000 µg/l). Ovšem přestože byl v roce 1997 ve vrtech P-32 a P-33 stanoven aceton ve stovkách tisíc µg/l, tak během analýzy rizika vůbec v těchto vrtech ověřován nebyl. Ve vrtu označeném R-46, ovšem situovaném podle mapových příloh AR v místě skutečného vrtu P-36, nebyla kontaminace vůbec přítomna. Je otázka, zda je vrt chybně vyznačen, nebo skutečně došlo k vymizení polutantů v tomto vrtu. Ve skutečném vrtu R-46, situovaném v blízkosti stávajícího vrtu SM-15a v současnosti již neexistujícím, bylo v roce 1977 stanoveno pouze 3 370 µg/l ROL. Daný objekt (v rámci sanace od r. 2011 označován již jako P-36) nevykazuje v letech 2006 až 2012 téměř kontaminaci, přitom se nachází v místě, kde dlouhé roky bylo volné skladování surovin na otevřené ploše. Také v rámci AR nebyl zjišťován obsah polutantů v povrchové vodě z řeky Moravy.

Na základě odhadů šíření znečištění bylo v AR [4] konstatováno, že všechny zjištěné kontaminanty tvoří kontaminační mraky, vázané na podzemní vodu. Rozměry kontaminačních mraků byly dány několika faktory, především charakterem a velikostí PTS, četností a vzdáleností ohnisek kontaminace ve výrobním areálu, skutečnou rychlostí šíření daného kontaminantu, realizovaným sanačním čerpáním, morfologií předkvartérního podloží a povodní v roce 1997, kdy došlo k nasycení celého profilu kolektoru vodou s následným odnosem kontaminace spolu s poklesem hladiny podzemní vody. Tyto faktory umožnily kontaminačním mrakům setrvávat dlouhodobě ve stabilizované formě na omezené ploše. Byl vysloven předpoklad, že setrívání kontaminačního mraku uvnitř PTS s podobným charakterem, jak byl zjištěn v rámci AR, bude trvat po dobu několika desítek let. Dále bylo konstatováno, že důležitou roli pro migraci kontaminace hraje průběh inženýrských sítí v dosahu hladiny podzemní vody, kdy zejména podél kanalizace se může dostávat kontaminant mimo areál PTS a ovlivňovat tak kvalitu podzemní vody. Podle AR je v prostoru mimo PTS a mimo linii sanačních vrtů (R-211 až R-214) zjištěná kontaminace reziduálním projevem původních kontaminačních mraků existujících v době před realizací PTS a sanačního čerpání. *Porovnáme-li koncentrace polutantů v tomto prostoru v roce 1977 a v roce 2002, lze s tímto závěrem souhlasit. Určitá výhrada může být k tvrzení, že se jedná o rezidua, protože to platí pro Cl-Eth, avšak ne pro chlorbenzen a benzen, které se mimo areál Farmaku ve směru k řece Moravě vyskytují.* Dále jsou v textu AR hodnoceny výsledky sledování kvality podzemní vody na vybraných vrtech uvnitř i vně PTS v období let 1987 až 2001, které prováděl Farmak z vlastních prostředků. Je konstatováno, že vývoj koncentrací polutantů v čase nevykazuje sestupnou tendenci, obsahy koncentrací kolísají v jednotlivých vrtech v hodnotách až několika řádů, a proto se nedá usuzovat na prokazatelné zmírnění vlivu staré ekologické zátěže na kontaminaci podzemní vody a že stav kontaminace je na lokalitě prakticky neměnný. Způsob stanovení navržených sanačních limitů v AR [4] je popsán a komentován v kapitole 2.1.3.

Výsledky laboratorních analýz vzorků vody provedené v letech 1977, 1997 a 2002 jsou u vybraných vrtů a studní uspořádány do tabulky 7 v příloze č. 19 AAR. Situace těchto objektů je vyznačena v příloze č. 3 původní AAR [32].

V rámci **předsanačního doprůzkumu v roce 2004** [23] byly provedeny následující práce:

- revize 62 stávajících vrtů,
- vyhloubení 40-ti nových vrtů SM-1 až SM-37 a SM-39 až SM-41,
- vyhloubení ventingových vrtů pro potřeby pilotního testu,
- odběr vzorků půdního vzduchu ze 40 ks atmogeochemických sond,
- odběr 33 vzorků stavebních konstrukcí – stěn a podlah budov,

- odběr 145 vzorků zeminy, a to z atmogeochemických sond (19 ks) a ze sond Z-1 až Z-42 ze 3 hloubkových úrovní,
- odběr 96 vzorků podzemní vody z nově vyhloubených a stávajících vrtů,
- čerpací zkoušky z deseti dvojic vrtů.

Podle [23] lze na lokalitě charakterizovat čtyři ohniska **kontaminace nesaturované zóny** (zeminy a půdního vzduchu). Protože však byla (s výjimkou ohniska na parkovišti před hlavní branou Farmaku), tato ohniska již sanována, nepovažujeme jejich popis za potřebný.

Podzemní voda byla kontaminována nejen v prostoru areálu Farmaku, ale i v prostoru občanské zástavby mimo areál v z. a jz. směru. Z hlediska absolutních hodnot byly nejvyšší obsahy stanoveny u toluenu, v 6-ti vrtech nad 100 000 µg/l. Druhým nejvíce zastoupeným polutantem byl chlorbenzen, který se pohyboval v desítkách tisíc µg/l v 6-ti vrtech a ve vrtu SM-18 bylo stanoveno 898 000 µg/l. Koncentrace benzenu byly řádově nižší, obvykle v kontaminovaných vrtech ve stovkách µg/l, maximum bylo ve vrtu FAR-2 ve výši 1 530 µg/l. Ve vrtech SM-18 a VV-1 byly obsahy také nad 1 000 µg/l. Chlorované ethyleny byly v desítkách tisíc µg/l přítomny v 5 vrtech s maximem 72 112 µg/l ve vrtu FAR-10. Amonné ionty se v kontaminovaných vrtech pohybovaly v nižších desítkách mg/l, maximum bylo stanoveno ve vrtu FAR-2 ve výši 124 mg/l.

V roce 2006 došlo k rozšíření kontaminačního mraku, navíc byla prokázána záměna vzorků podzemní vody v předchozím průzkumu (nebo vzorkovnic v laboratoři) pro toluen u R-211 a R-213 (pokud nedošlo k posunutí kontaminačního mraku).

Z hlediska jednotlivých polutantů byl v roce 2006 dokumentován u amonných iontů, ve srovnání s rokem 2004, obecně pokles jejich koncentrací, především ve vrtu FAR-2, ve kterém bylo v roce 2004 stanoveno maximum na lokalitě – 124 mg/l a ve vrtu AT-106. Naopak byl zaznamenán vysoký nárůst NH_4^+ ve vrtech SM-27 (na 31,3 mg/l) a SM-37 (na 15,9 mg/l), které jsou situovány cca 200 m od areálu závodu.

V rámci sanačního doprůzkumu [23] byla čerpacími zkouškami ověřena těsnost PTS s tím, že ta je pro podzemní vodu v zásadě nepropustná a doposud funkční a dostatečně brání rozšiřování kontaminace severním směrem. Z čerpacích zkoušek byl stanoven dosah depresních kuželů ve vrtech SM-18 a SM-5 (v realizačním projektu navržen na zásak), jak vyplývá z tabulky č. 6.

Tabulka č. 6: Účinný dosah vrtů ověřený při sanačním doprůzkumu v roce 2004

Objekt	Čerpané množství vody (l/s)	Dosah čerpání podzemní vody (m)
SM-5	2,4	180
SM-18	2,2	80 až 100

S cílem ověřit účinnost ventingu jako jedné z možných sanačních metod byla provedena firmou TALPA – RPF, s.r.o. v květnu až červnu 2004 **ventingová zkouška** [24] v prostoru stávajících ventingových větví č. 1 a 2. Odsáváno bylo 9 úzkoprofilových sond a nově vyhloubený vrt VV-1. Podle závěrů zkoušky bylo jednoznačně prokázáno, že vlivem odsávání půdního vzduchu dochází k rychlejšímu vytěkávání škodlivin z půdního prostředí a nepochybně i z podzemní vody s tím, že je vhodné použít v dané lokalitě venting. Jak se později ukázalo, byla během této zkoušky do vrtu „přitažena“ volná fáze toluenu, která rozpustila asfaltový obal nádrží umístěných

v objektu č. 32a, takže fáze měla vzhled černé husté kapaliny (v roce 2007 došlo k poškození vrtu při odtěžování nádrží objektu č. 32a). Výsledky zkoušky tedy byly zkresleny přítomností volné fáze kontaminantů na hladině podzemní vody.

Na základě výsledků sanačního průzkumu byl zpracován firmou TALPA – RPF, s.r.o. **realizační projekt sanace** [25] a jeho doplněk [26], který byl pro zhotovitele závazný.

Podle realizačního projektu [25] měla být sanace nesaturované zóny i podzemní vody prováděna současně. Během přípravných prací však bylo rozhodnuto rozdělit sanační práce na 2 etapy s tím, že do I. etapy byla zahrnuta sanace podzemní vody a z nesaturované zóny jen sanace třetího a čtvrtého ohniska kontaminace.

Průzkumy realizované pro JÚ Černovír

Z průzkumů, zabývajících se JÚ Černovír, je důležitý hydrogeologický průzkum realizovaný v roce 1983 [28], při kterém bylo vyhloubeno 23 hydrogeologických vrtů (HV-101 až HV-114, HV-116 až HV-124) podél železničních tratí Olomouc – Česká Třebová a Olomouc – Uničov pro účely preventivní ochrany mělké podzemní vody před kontaminací ropnými látkami případně jinými toxickými látkami přepravovanými železnicí. Byly provedeny čerpací zkoušky, které stanovily součinitel hydraulické vodivosti v rozmezí $1,6$ až $1,9 \times 10^{-3}$ m/s. Podle vykreslených hydroizohyps přitékala mělká podzemní voda k jímacímu území ze všech stran, rozvodnice se vytvořila, při vodárenském odběru 200 l/s, na poloviční vzdálenosti mezi studnami v JÚ a Farmakem. Vzorkování podzemní vody neprokázalo kontaminaci ropnými látkami.

Součástí zpracování podkladů pro stanovení ochranných pásem JÚ [27] byla i mapa hydroizohyps z června 198/3, kterou jsme převzali do AAR (obrázek č. 7), která rovněž dokládá vytvoření rozvodnice při vodárenském odběru 200 l/s a při neexistenci PTS sv. od areálu Farmaku.

V roce 2008 byl v rámci revize ochranných pásem JÚ Černovír, Chomoutov, Moravská Huzová a Štěpánov [30] zpracován matematický model. Podle modelu v případě, že by bylo jímáno ze všech lokalit celkem 300 l/s, z toho z JÚ Černovír 190 l/s, nebylo by v provozu sanační čerpání v areálu Farmaku a podzemní těsnicí stěna by byla nefunkční, tak by došlo ke změně ve směru proudění podzemní vody z prostoru areálu Farmaku k SV k JÚ. Zóna 50-ti denního zdržení by dosáhla do vzdálenosti 160 m od čerpaných vrtů.

Průběžně je v okolí jímacího území sledována kvalita podzemní vody a úroveň její hladiny v tzv. účelové pozorovací síti JÚ Černovír. Do roku 2009 práce zajišťovala firma Hydrogeologie, s.r.o. [20], od roku 2010 firma Lidařík, s.r.o. V rámci monitoringu byly v roce 2009 ve vybraných 25-ti vrtech změřeny úrovně hladiny podzemní vody a odebrány vzorky podzemní vody na vybrané anorganické ukazatele. Z námi sledovaných polutantů je stanovován pouze obsah amonných iontů, ne však ve všech vrtech. Organické látky ve vzorcích vody sledovány nejsou. V roce 2009 byla dokumentována z předchozích let opakující se kontaminace podzemní vody v jímacím území sirany (5 vzorků), a vysoké obsahy manganu a železa. Dříve indikované znečištění amonnými ionty se neprokázalo. Rozbory vody z jednotlivých studní (násoskových nebo sběrných) v jímacím území v rozsahu vyhlášky č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, se neprovádí. Analyzuje se směsná voda z několika jímacích území. Provozovatelem JÚ byly tyto analýzy poskytnuty, ovšem pro náš účel nemají žádnou vypovídací hodnotu.

Z výše uvedených průzkumů vyplývá, že masivní kontaminace se v době před vybudováním PTS šířila především ve směru proudění podzemní vody k řece Moravě, kdy i v prostoru domovních studní byly v roce 1977 zjištěny koncentrace rozpuštěných organických látek ve stovkách tisíc $\mu\text{g/l}$. Naproti tomu směrem k JÚ Černovír nebyly takovéto obsahy vůbec zjištěny. Koncentrace ROL stanovené při opakovaných analýzách laboratoří Geotestu Brno [19] byly nulové (vrty P-3, P-11, P-12, P-21, P-40, P-41, P-60, P-61, R-47, R-54, R-55) nebo stopové (R-52). Což se liší od výsledků současně provedených analýz v laboratoři Farmakonu, při kterých byl stanovován toluen a aceton. Aceton byl vždy nulový, toluen byl ve vrtech P-3, P-12, P-21, P-40, R-52, P-60, P-61 v nižších stovkách tisíc, maximum bylo zjištěno ve vrtu P-12 (700 $\mu\text{g/l}$). Jednalo se o prostor mezi východní a severní hranicí areálu Farmaku a železniční tratí Olomouc – Česká Třebová.

Shrnutí výsledků sanačních prací

V současné době se k řešení znečištění na posuzovaném území vztahuje platné Rozhodnutí ČIŽP OI Olomouc č. j. 08/OV/03761/03/Sn ze dne 2. 5. 2003.

Práce, týkající se sanace kontaminovaných stavebních objektů a sanace nesaturované zóny odtěžbou jsou podrobně popsány v příslušných ročních zprávách za sanaci [14] a [15], cílové limity pro stavební konstrukce a pro zeminy byly dosaženy. Průběh sanačních prací byl dokumentován a vyhodnocován v ročních zprávách, na které tímto odkazujeme.

Stručný přehled sanačních prací

Sanace saturované zóny čerpáním kontaminované podzemní vody

Sanace kontaminované podzemní vody byla realizována metodou sanačního čerpání vrtů s následnou dekontaminací vody ve stripovacích jednotkách a filtrech s aktivním uhlím. Odloučené škodliviny ve vzduchu ze stripovací kolony byly zachycovány na filtrech z aktivního uhlí. Původně projektovaná technologie nitrifikace a denitrifikace podzemní vody nebyla, vzhledem k velkému mikrobiálnímu oživení čerpané vody, funkční a byla zrušena. Význam čerpání je především v jímání značného množství kontaminované podzemní vody, zamezení šíření kontaminace mimo prostor areálu, obnažení větší části zvodně v prostoru realizace ventingu, což vede k efektivnějšímu jímání vytěkaných škodlivin nad hladinou podzemní vody. Pro sanační čerpání podzemní vody jsou použity stávající vrty na lokalitě, od roku 2009 doplněné 4 novými vrty (SM-42 až SM-45). Sanační čerpání bylo rozděleno do 3 stanic. Vyčištěná voda byla částečně vypouštěna do řeky Moravy (v množství max. 5 l/s), částečně zpětně zasakována do horninového prostředí.

Jednotlivé čerpané vrty byly do systému zapojovány, případně odpojovány podle aktuálních koncentrací polutantů, např. vrt AT-104 byl ze systému vypnut v prosinci 2007, neboť v něm byly dosaženy cílové limity a od té doby je využit jako zasakovací. Projektováno bylo čerpání cca 7,3 l/s kontaminované vody.

Čerpání vrtů AT-104, SM-42 a VV-1, tedy objektů do sanační stanice č. 3, bylo vždy kontinuální. Čerpání z vrtů zapojených do sanačních stanic č. 2 a 3 bylo přerušované podle kapacity dekontaminačních jednotek. Takový způsob sanace bývá používán na některých lokalitách s cílem promývat rozhraní saturované a nesaturované zóny. Na lokalitě Farmaku však vliv intervalového čerpání na účinnost sanace nebyl prokázán. Podrobné parametry sanačně čerpaných a zasakovaných vrtů jsou uvedeny v původní AAR [32].

Sanace saturované zóny aplikací Fentonova činidla

Aplikace Fentonova činidla byla prováděna v rozsahu realizačního projektu akce „FARMAK, a.s. - dodatečné služby“ [18b], který byl schválen dne 7. 6. 2011. Vlastní zasakování Fentonova činidla bylo zahájeno dne 25. 10. 2011. Do vrtů byl gravitačně zasakován 7,5% roztok peroxidu vodíku. Do 29. 2. 2012 bylo Fentonovo činidlo zasakováno v rámci I. etapy jednorázové aplikace do 6 vrtů (AT-103, AT-106, AT-107, SM-9, VV-1 a P-56). Dále bylo realizováno ověření současného zasakování Fentonova činidla do více vrtů, které bude v plném rozsahu prováděno ve 4 tzv. „ohniscích“, tj. v prostoru kolem vrtů P-32, FAR-2, FAR-10 a SM-18. Fentonovo činidlo bylo dosud zasakováno do 20 vrtů (FAR-2, SM-51, SM-52, SM-53, SM-54, SM-55, FAR-10, SM-56, SM-57, SM-58, SM-59, SM-60, SM-61, SM-62, SM-64, SM-65, SM-66, SM-68, SM-70 a SMS-8). Celkem bylo do výše uvedených vrtů aplikováno 3 737 kg 100% peroxidu vodíku. Od ledna 2012 byly práce přerušeny z důvodu nízkých teplot a v plné aplikaci je pokračováno od března 2012. Protože z plánovaného množství 54 444 kg 100% peroxidu vodíku bylo zasáknuto cca 7 %, není pro podrobné hodnocení dostatek dat. Pouze lze konstatovat, že ve vrtech, do nichž bylo Fentonovo činidlo aplikováno, byl obecně zaznamenán pokles obsahu polutantů, především toluenu. Nárůst látek, které by mohly být produkty oxidace a rozpadu (acetofenon, benzaldehyd, brommethan, ethylester kyseliny octové, chlorethan, chlormethan, isobenzofuranon, kyselina benzoová) nebyl prokázán.

Průzkumné práce realizované v rámci AAR

V projektu sanačních prací [25] nebyly navrženy žádné průzkumné práce s výjimkou realizace studie technické proveditelnosti (STP), která však nebyla blíže specifikována. Pouze bylo uvedeno, že jejím cílem je zhodnocení možnosti změny sanační technologie podzemních vod a využití některé z méně obvyklých metod na dočištění kontaminace (chemická oxidace a redukce, reduktivní dehalogenace). V rámci STP byly nejdříve provedeny v roce 2007 laboratorní testy, a poté byla realizována od prosince 2008 do května 2009 pilotní terénní zkouška. Průběh a výsledky zkoušek jsou popsány v samostatných zprávách [1] a [16], na které tímto odkazujeme.

Na základě vyhodnocení terénní zkoušky STP byl v lednu 2010 zpracován Doplněk č. 1 k RP, jehož předmětem bylo rozšíření sanačních prací týkajících se saturované zóny, které by mělo vést k odstranění nově zjištěných skutečností odtěžením starých nádrží a aplikací Fentonova činidla do podzemní vody [17]. Rozšíření sanace o dodatečné práce bylo schváleno, realizační projekt [18b] byl vydán v dubnu 2011 a od června 2011 jsou dodatečné práce prováděny v souladu s uvedeným projektem.

Závěry AAR

Aktualizace analýzy rizika byla zpracovaná v červnu 2012 společností Aquatest [17]. Dále uvádíme nejdůležitější závěry AAR:

Nové skutečnosti zjištěné během sanačních prací

V průběhu realizace sanačních prací byly zjištěny nové skutečnosti, které mají podstatný vliv na účinnost sanačních prací a které jsou **neoddělitelné** od stávající kontaminace horninového prostředí. Podrobně byly popsány v Doplnku č. 1 k RP [17] a ve zprávách pro kontrolní dny č. 19 a 20. Níže uvádíme jen jejich přehled.

- **výskyt volné fáze polutantů na hladině podzemní vody**

Během sanačních prací byl prokázán na několika místech v areálu Farmaku výskyt volné fáze toluenu na hladině podzemní vody. Po vydání Doplnku č. 1 k RP (leden 2010) se objevila navíc volná fáze i ve vrtu P-56, a to v mocnosti až 0,02 m (březen 2010). Od konce prosince 2011 byl dokumentován výskyt volné fáze ve vrtech SM-60, SM-65 a SM-66. Dne 29. 2. 2012 byl ve vrtu SM-60 naměřen jen film volné fáze, ve vrtu SM-65 byla ověřena mocnost 0,2 m a ve vrtu SM-66 pak 0,015 m. Fáze ve dvou posledně jmenovaných vrtech vykazovala světle žluté zabarvení. Barevně se odlišovala od fáze přítomné v letech 2008 a 2009 ve vrtech SM-44 a SM-45, situovaných v blízkosti výše uvedených vrtů, neboť ta byla černá. Přestože sanačními pracemi bylo k 29. 2. 2012 odstraněno již 16,7 t toluenu, stále je přítomna v areálu Farmaku jeho volná fáze. Zda výskyt fáze od prosince 2011 souvisí s opětovným zahájením čerpání podzemní vody v okolí objektu č. 31 dne 2. 11. 2011, nebo s přirozeným kolísáním hladiny podzemní vody, nelze jednoznačně prokázat. Od listopadu byly čerpány vrty SM-18, SM-42 a SM-43, nejbližše aktuálního výskytu volné fáze je vrt SM-43, a to ve vzdálenosti 10 m. Ovšem ve vrtu SM-65 byl dne 26. 7. 2011, tedy v době, kdy byl provoz sanační stanice č. 1 vypnut již 2 měsíce, obsah toluenu 179 000 µg/l, což byla nejvyšší koncentrace stanovená v nově vyhloubených vrtech. Je třeba upozornit, že odběr vzorků z vrtů byl prováděn v dynamickém režimu a cca 3 m pod hladinou podzemní vody. Z hlediska chodu hladiny podzemní vody (grafy č. 2 a 6) se volná fáze koncem prosince 2011 objevila v období postupného klesání hladiny během celého roku 2011.

- **výskyt polutantů, pro které jsou stanoveny cílové limity sanace, v zeminách v místech, kde sanace zemin nebyla projektována**

O tom, že na rozhraní saturované a nesaturované zóny je v zeminách nasorbováno velké množství polutantů, svědčí výsledky terénní zkoušky STP ve vrtu AT-107, kdy po aplikaci oxidačních činidel v důsledku fyzikálních změn došlo k uvolnění toluenu ze zeminy do podzemní vody. To se projevilo dočasným nárůstem obsahu toluenu na nižší stovky tisíc µg/l. Pokud by byla prováděna pouze sanace čerpáním podzemní vody, hrozí po jejím ukončení **reálné nebezpečí zpětného vytvoření rovnováhy mezi pevnou a kapalinovou složkou horninového prostředí ve formě transportu polutantů do podzemní vody a nárůstu jejich koncentrací nad cílové limity**. Při hloubení vrtů SM-18, SM-42, SM-43, SM-44 a SM-45 v roce 2008 byly nadlimitní obsahy polutantů ve všech 5 vrtech, především toluenu a chlorbenzenu, ojediněle pak krezolů a NEL.

- **výskyt dalších organických polutantů v podzemní vodě**

Při realizaci STP v letech 2008 a 2009 bylo kvalitativní analýzou zjištěno, že je v podzemní vodě přítomna řada dalších organických látek, především **metanol, isopropanol a aceton**. Metanol a isopropanol, které se vyskytovaly přímo v místě aplikace oxidačních činidel při terénních zkouškách, byly laboratorně sledovány. Jejich obsahy se pohybovaly před aplikací činidel v tisících µg/l (vrty SM-44, SM-45 a AT-106) až v desítkách tisíc µg/l (vrty SM-18 a SM-43). Obsahy metanolu a isopropanolu, jejichž analýzy jsou v rámci dodatečných prací prováděny od roku 2011 byly obvykle pod mezí stanovitelnosti (500 µg/l), nejvyšší hodnota metanolu byla stanovena západně od objektu č. 31b ve vrtu SM-66 ve výši 2 610 µg/l, isopropanolu pak jižně od objektu č. 31 ve vrtu SMŠ-69 ve výši 590 µg/l.

Z kvalitativních analýz provedených v rámci STP vyplývá, že se v podzemní vodě vyskytuje i aceton, ten však nebyl kvantitativně stanovován.

Dalšími polutanty, které jsou přítomny v podzemní vodě a jsou **produkty degradace primárních kontaminantů**, jsou kyselina benzoová a izobenzofuranon. Ojedíněle a v relativně velmi malém množství (do stovek $\mu\text{g/l}$) byly stanoveny v roce 2008 ve vrtech SM-18 a SM-44. Tyto dvě látky, dále acetofenon, benzaldehyd, brommethan, ethylester kyseliny octové (ethylacetát), chlorethan, chlormethan, a i metanol, isopropanol a aceton jsou od října 2011 sledovány v rámci monitoringu aplikace Fentonova činidla. Během tohoto monitoringu byly dosud všechny výše uvedené sloučeniny pod mezí stanovitelnosti, pouze ve vrtu SMŠ-69 byl obsah benzaldehydu 466 $\mu\text{g/l}$.

V okolí objektu č. 31 byla v roce 2011 ve 3 vrtech při laboratorních analýzách organických látek indikována přítomnost **psychofarmak** jak ve vzorcích zeminy, tak i podzemní vody, a to v objektech SM-62, SM-63 a SM-74. V zemině byly obsahy farmak v různých hloubkách jak v navážce mělce pod terénem (1,5 až 1,7 m p.t. v SM-63), tak na rozhraní nenasaturované a satureované zóny (4,5 až 5,0 m p.t. v SM-62), a i v podložních jílech (7,0 až 7,5 m p.t. v SM-74) v koncentračních úrovních $\mu\text{g/kg}$ a mg/kg . V podzemní vodě byl ve vrtu SM-62 v srpnu 2011 ověřen amitriptylin a jeho oxidační produkt v koncentrační úrovni několika stovek $\mu\text{g/l}$, pravděpodobně též iminostilben nebo jeho deriváty (dibenzazepin) na koncentrační úrovni desítek $\mu\text{g/l}$. Ve vrtu SM-63 byly identifikovány farmaka amitriptylin a clopenthixol v desítkách $\mu\text{g/l}$. Ve vrtu SM-74 byl identifikován amitriptylin na koncentrační úrovni 100 $\mu\text{g/l}$. Laboratoř společnosti AQUATEST a.s. ve spolupráci s Farmakem stanovila postup na kvantitativní analýzy těchto 9 psychofarmak: chlorprothixen báze, thiepinon, citronan butamirátu, karbinol melitracenu, karbinol prothiadenu, 2-chlorthioxanthon, prothiaden hydrochlorid, karbinol isokumaronu amitriptylin hydrochlorid. Výskyt byl ověřován v prosinci 2011 jak v místech, kde se psychofarmaka vyráběla (objekty č. 31, 32), tak i vně areálu ve směru proudění podzemní vody ve vrtu SM-33. Ve všech 8 vzorkovaných vrtech byla psychofarmaka stanovena, nejvyšší obsahy byly ve vrtech SM-45 a SM-66 ve stovkách $\mu\text{g/l}$. Indikovány byly i mimo areál Farmaku, ve vrtu SM-33, i když ve stopovém množství.

Ve vybraných vrtech vyhloubených v roce 2011 byly stanoveny vysoké koncentrace **nepolárních extrahovatelných látek**. I po odečtení obsahu BTEX, chlorbenzenu a Cl-Eth činí hodnota NEL až stovky mg/l , a to ve vrtech SM-64, SM-66, tedy západně od objektu č. 31b, kde již výskyt polutantů nebyl očekáván.

Jak je uvedeno v kapitole 2.1.3, je přítomna v podzemní vodě v areálu Farmaku řada organických látek, které by bylo možno stanovit jako ukazatel NEL. Z toho důvodu byly provedeny v osmi sanačně čerpaných vrtech (AT-106, FAR-10, P-32, P-56, SM-9, SM-18, SM-43 a VV-1) a v jednom pozorovacím vrtu (HP-4) v areálu Farmaku a ve vrtu R-213, který byl jak sanačně čerpán, tak zasakován a je situován mimo areál, ve 2 kolech v roce 2011 kvantitativní analýzy uhlovodíků $\text{C}_5 - \text{C}_{40}$, NEL a EL a kvalitativní analýzy ropných uhlovodíků. V komentáři u jednotlivých kvalitativních analýz z prosince 2011 je uvedeno, které další organické látky byly v jednotlivých vzorcích vody identifikovány. Ve vrtech P-32 a P-56 nebyly jiné organické látky detekovány, ve vrtu SM-43 pouze stopy těkavých organických látek. Ve vrtech SM-9 a R-213 byl detekován ethylmethylbenzen, v ostatních 5 vrtech bylo zjištěno 3 až 6 dalších organických látek. Nejčastěji se vyskytoval ve vzorcích vody právě ethylmethylbenzen. Podíl nepolárních extrahovatelných látek na všech extrahovatelných látkách je obvykle kolem 90 %. Údaje v tabulkách ukazují na složitost objektivně hodnotit tyto organické látky, neboť výsledky jsou zkreslovány přítomností vysokých koncentrací toluenu, popřípadě chlorbenzenu a nutností ředit silně kontaminované vzorky. Ovšem u vzorku vody z vrtu SM-9 jsou obsahy NEL nižší než

obsahy uhlovodíků C₅ - C₄₀, což je dáno citlivostí použitých analytických metod. Ve vzorcích vody z vrtů, v nichž nebyl obsah organických látek příliš vysoký, bylo možno určit procentuelní zastoupení jednotlivých frakcí uhlovodíků. Ve vrtech AT-106, HP-4 a R-213 převládají uhlovodíky s počtem atomů uhlíku 5 až 9, kdy hlavní složkou kontaminace je chlorbenzen. Pouze ve vrtu SM-9 byl jejich podíl 73 % a zbývajících 27 % bylo zastoupeno uhlovodíky s 10 až 16 atomy, což odpovídá směsnému znečištění částečně zdegradovaným benzinem a chlorbenzenem.

Poznámka:

Pojmem extrahovatelné látky se označují ty látky, které za určitých podmínek přecházejí z pevné nebo vodné fáze vzorku do organického rozpouštědla a jsou ve formě roztoku v tomto rozpouštědle odděleny z analyzovaného prostředí. Mezi extrahovatelné látky patří oleje (minerální, rostlinné), tuky, mýdla, pryskyřice, vosky, těžké uhlovodíky, fenoly, PCB, organická rozpouštědla a řada dalších látek, tedy polární i napolární látky ropného i neropného původu. Poněvadž neexistují selektivní organická rozpouštědla, do kterých by přecházely pouze jednotlivé typy jmenovaných látek, stanoví se jejich směs. Podle původu vzorku se odhadne typ přítomných extrahovatelných látek a zvolí se příslušná metoda stanovení. Pojem napolární extrahovatelné látky se označují extrahovatelné látky napolárního charakteru, zejména ropného původu.

Lze však konstatovat, že v podzemní vodě v areálu Farmaku, především v okolí objektů č. 31 a 31b je řada jiných organických napolárních látek doložených ukazatelem NEL, nejvíce ve vrtech SM-64 a SM-66, případně extrahovatelných látek polárního charakteru, doložených rozdílem mezi ukazateli EL a NEL. Protože však je v těchto vrtech vysoká míra kontaminace i toluenem, případně chlorbenzenem, a protože kvantitativní stanovení všech těchto organických látek je nad rámec projektovaných prací, lze předpokládat, že při odstraňování kontaminace z horninového prostředí bude odstraněn nejen toluen a chlorbenzen, ale i tyto organické látky. Pro hodnocení rizik chybí u většiny těchto látek pro kvantifikaci rizika toxikologické parametry. Proto nelze riziko stanovit a následně navrhnout sanační limity.

- **šíření polutantů podzemní vodou z ohnisek kontaminace**

Ve vrtu R-217, situovaném severně od areálu Farmaku, docházelo k výrazným výkyvům v obsahu benzenu, DCE a VCE. Od července 2010, tedy pravděpodobně v důsledku vymytí zbytkové kontaminace z rozhraní saturované a nesaturované zóny při vysokých vodních stavech, jsou dokumentovány nadlimitní obsahy VCE a TCE ve vrtu SM-7, který je situovaný uprostřed areálu Farmaku a není zasakován, s maximy 1 050 µg/l VCE a 4 920 µg/l DCE. Při monitoringu v říjnu 2011 však byl dokumentován pokles obou látek na hodnoty kolem 1 µg/l.

- **vliv nehomogenity vzorků podzemní vody na výši stanovených obsahů polutantů v podzemní vodě**

Při monitoringu nových vrtů vyhloubených v roce 2011 bylo zjištěno, že jsou obsahy polutantů při prvním kole vzorkování odlišné než v dalších kolech, přestože jsou vzorky vody odebírány vždy ve stejném režimu, dynamicky, po stejné době čerpání podzemní vody. Byl zaznamenán jak výrazný nárůst, tak i výrazný pokles obsahu především toluenu v následujících kolech monitoringu, přestože vzorky vody byly vždy fixovány.

- **kontaminace podzemní vody toluenem v sv. okraji areálu Farmaku**

V sv. části areálu Farmaku byly ve vrtu SM-16 dokumentovány výrazné výkyvy v obsahu toluenu v závislosti na tom, zda byla do vrtu zasakována vyčištěná voda nebo ne. V roce 2004 byl stanoven, po vyhloubení vrtu, obsah 115 µg/l toluenu. Při vstupním kole monitoringu v září 2006 bylo zhotovitelem ověřeno 88 500 µg/l, proto bylo uvažováno se sanačním čerpáním vody z vrtu. Ovšem v dalších měsících analýzy prokázaly tak výrazný pokles toluenu, že byla koncentrace ze září 2006 považována za erratické měření a v srpnu 2007 bylo do vrtu zahájeno zasakování vyčištěné vody. Po přerušení zásaku v květnu 2011 byla v říjnu a listopadu ověřena koncentrace toluenu až 36 600 µg/l. Vrt byl opětovně zapojen do zásaku od 29. 11. do 22. 12. 2011. Dne 9. 1. 2012, tedy 19 dní po ukončení zásaku byl proveden další odběr vzorku, ve vodě bylo stanoveno 7,7 µg/l toluenu. Vrt se nachází podle sdělení zástupců Farmaku mimo jakýkoliv zdroj kontaminace. V únoru 2012 činil obsah toluenu již 19 600 µg/l a v dubnu 2012 dokonce 42 200 µg/l, koncentrace toluenu vzrůstala s dobou čerpání před odběrem vzorků. Šetřením na lokalitě bylo zjištěno, že se jv. od vrtu vyskytuje podzemní vyžděná jímka, uvnitř které je ocelová nádrž. Z nádrže, která je nepoškozená, a z jímky byly odebrány v dubnu 2012 vzorky vody. Bylo považováno za nezbytné provést v této části areálu Farmaku průzkum, který ověří rozsah, míru a zdroj kontaminace podzemní vody toluenem, neboť objekt č. 46 byl v minulosti používán jako čerpací stanice hořlavých odpadů a označení „objekt č. 47a“ patřilo mobilní spalovně. V roce 2004 byla jednorázově stanovena vysoká koncentrace toluenu ve vrtu P-201 (79 700 µg/l), který je relativně blízko k vrtu SM-16. Ovšem monitoringem prováděným od roku 2006 se již nepotvrdila, pouze v červenci 2008 bylo ve vrtu jednorázově stanoveno 4 500 µg/l toluenu. Přesto by bylo vhodné v rámci výše doporučeného průzkumu ověřit i možnou souvislost vysokých obsahů toluenu mezi těmito objekty.

- **kontaminace podzemní vody v okolí objektu č. 31 zjištěné při dodatečných pracích**

Výsledky, které byly získány v průběhu realizace dodatečných prací, tedy při hloubení nových vrtů, odběrech vzorků zemin a podzemní vody a laboratorních analýzách, prokázaly, že rozsah, míra a druh kontaminace má podstatně závažnější charakter, než bylo zjištěno předchozími průzkumy. Nově vyhloubenými vrty byl zmapován plošný rozsah kontaminace v širším okolí objektu č. 31, je výrazně větší než se předpokládalo v realizačním projektu z roku 2004 vypracovaném firmou TALPA - RPF, s.r.o. [23]. Kontaminace podzemní vody v této části Farmaku byla severně prokázána i u okraje objektu č. 32 ve vrtu SM-75. Na SV cca 10 m od vrtu VV-1 je v podzemní vodě ve vrtu SM-60 velmi vysoký obsah toluenu (54 300 µg/l). Na JV došlo ve vrtu SM-74 k postupnému nárůstu koncentrací toluenu, DCE a TCE na desítky tisíc µg/l. Podobný vývoj byl dokumentován i ve vrtu SM-70. Lze z toho vyvozovat, že zdrojem kontaminace mohou být staré podzemní inženýrské sítě, především stará chemická kanalizace a přírodní potrubí vedoucí z oblasti nádrží u vrtu FAR-10 směrem k objektu č. 32a. Tuto úvahu podporuje i vývoj znečištění ve vrtech situovaných v oblasti jihozápadně od objektu č. 31, tedy v prostoru s masivní kontaminací (vrty SM-18, SM-42, SM-44 a SM-45). V závislosti na jejich pozici se měnil obsah hlavních polutantů - toluenu, chlorbenzenu a případně benzenu během přerušení sanačního čerpání podzemní vody po dobu cca 5,5 měsíce. Vrty vykazovaly po přerušení čerpání nárůst kontaminace, poté určité vyrovnění a po opětovném zahájení čerpání opět pokles kontaminace. Je tedy zřejmé, že při sanačním čerpání je z okolí přitahována relativně čistá podzemní voda. Naopak ve vrtu SM-43, který je dál od místa masivní kontaminace, došlo po přerušení čerpání k poklesu obsahu toluenu a benzenu a naopak nárůstu chlorbenzenu. Po zahájení čerpání řádově vzrostl obsah toluenu i benzenu a poklesl obsah chlorbenzenu. Proto je nutná kombinace různých sanačních technologií, která zvýší účinnost prací, na lokalitě Farmak se

jedná o aplikaci Fentonova činidla za současného odsávání vzduchu z aplikačních vrtů a doplňkové sanační čerpání podzemní vody.

Monitoringem nově vyhloubených vrtů byla zjištěna masivní kontaminace i z. od objektu č. 31b. Proto byl severně od vrtu SM-64 vyhlouben dodatečně vrt SMŠ-1 s cílem vymezit okraj kontaminačního mraku. Obsah toluenu v tomto vrtu činil 36 900 µg/l. Byl tedy vyhlouben ještě vrt SM-73 cca 20 m severně od SMŠ-1. Ve vrtu nebyla přítomnost polutantů zjištěna, a to i opakovaně, toluen byl pouze 3,9 µg/l. Z polutantů, pro které je stanoven sanační limit, byly nad tímto limitem v obou kolech vzorkování amonné ionty a chlorbenzen, vždy však pouze mírně nad limitem. Lze tedy konstatovat, že vrtem SM-73 byl vymezen okraj kontaminace v prostoru objektu č. 31 na severozápadě.

V okolí vrtu FAR-10 nebyla čtyřmi nově vyhloubenými vrty (SM-56 až SM-59) kontaminace prokázána. Ve vrtu FAR-10 byly při sanačním čerpání stále nadlimitní obsahy benzenu a DCE. Po přerušení čerpání z vrtu došlo k poklesu obou polutantů pod sanační limit, je tedy zřejmé, že i v prostoru tohoto vrtu, kde jsou stará podzemní potrubí, dochází k přitahování kontaminace z okolí. Při aplikaci Fentonova činidla do vrtu je dokumentována bouřlivá reakce a zvýšení teploty až na 50 °C způsobené zbytky burelu (MnO₂), který byl v minulosti v daném místě volně skladován a při terénních úpravách byl ponechán na místě. Kvalitativní analýzou byly v podzemní vodě z vrtu FAR-10 identifikovány hexanon, butanol, buten a methylpenteny. Východně od vrtu FAR-10 se nacházejí staré nepoužívané nádrže v betonových vanách (objekt č. 31d). V srpnu 2010 byly odebrány vzorky vody jak přímo z ocelové nádrže, tak z prostoru mezi nádrží a vanou. Výsledky analýz, doložily, že i když byla v nádrži voda znečištěná zbytky toluenu a amonných iontů, mimo nádrž se kontaminace nešíří. Voda z nádrže byla vyčerpána a zlikvidována v sanační stanici.

Na základě všech výše uvedených nově zjištěných skutečností bylo v AAR konstatováno, že stávající rozsah prací neumožní odstranění kontaminace tak, aby byly splněny platné cílové limity sanace. Bylo doporučeno po ukončení I. a II. etapy prací zhodnotit míru zbytkové kontaminace ve formě dodatku AAR a navrhnout a realizovat další, III. etapu sanačních prací, které ovšem musí předcházet podrobný průzkum především severovýchodní části areálu Farmaku, prostoru podél všech větví staré chemické kanalizace, území podél přívodního potrubí mezi objekty č. 31d a 32a a okolí a podloží starých nepoužívaných jímek a nádrží, z nichž některé jsou vyznačeny v příloze č. 7.

2.1.2 Přehled zdrojů znečištění

Podle AR [4] byly maximální obsahy jednotlivých polutantů do té doby vázány na „primární ohniska kontaminace“, i když byl zřetelný posun vysokých koncentrací mimo tato ohniska. Za primární ohniska kontaminace, která do té doby ovlivňovala šíření kontaminace do prostoru, byla považována:

- plocha 11 – stáčiště u FAR-10,
- plocha 4 – volné skladování a přečerpávání nebezpečných látek,
- plocha 10 – stará chemická kanalizace v místě jejího vyústění z výroby v objektu č. 13, který není v současnosti využíváný, výroba byla v minulosti ukončena.

Podle závěrů sanačního doprůzkumu [23] byla podzemní voda kontaminována nejen v prostoru areálu Farmaku, ale i v prostoru občanské zástavby mimo areál. Nadlimitních koncentrací

dosahovaly všechny sledované škodliviny, rozsah kontaminačních mraků pro různé polutanty byl odlišný. Prostorově nejrozsáhlejší byla dokumentována kontaminace podzemní vody chlorbenzenem. Přibližný rozsah kontaminačního mraku chlorbenzenu byl odhadnut na cca 150 000 m². Celkové množství kontaminovaných vod nad sanační limit alespoň jedním kontaminantem v zájmovém prostoru bylo odhadnuto na cca 52 500 m³. Nejvýrazněji přesahují sanační limit koncentrace chlorbenzenu (více jak 5 000x) a toluenu (více jak 500x). Primární ohniska uvedená v AR (viz výše) byla ověřena průzkumnými pracemi. Pro I. etapu sanačních prací bylo pro plochu 11 navrženo odstranění ohniska ventingem (je realizováno). Plocha 4 (druhé ohnisko) a plocha 1 (první ohnisko podle [23]) byly přesunuty do II. etapy sanačních prací. Pro odtěžení staré chemické kanalizace byla navržena pouze její koncová část u objektu č. 21, což bylo v rámci I. etapy sanačních prací realizováno.

V projektu sanačních prací II. etapy byla navržena částečná demolice a obnovení podlah v objektech č. 21, 25, 30a, 30c. Sanační zásah kompletní demolicí stavby je navržen u objektů č. 10c, 11a, 14, 14a, 15b, 22f. Odtěžba kontaminovaných zemin byla navržena ve 4 lokalitách (parkoviště, plocha u objektu č. 11a, podloží pod objektem č. 10c, podloží pod objektem č. 11a. Byla předpokládána kontaminace pod podlahou objektů č. 14, 14a, 15b, což bylo v rámci sanačních prací ověřeno vzorkováním zemin po demolici podlah v jednotlivých objektech.

Cílem realizace průzkumných prací a Doplnku aktualizace analýzy rizik je popsat existující a reálná rizika plynoucí z potenciálních zdrojů kontaminace především v oblastech:

- SV části areálu společnosti
- prostoru podél všech větví staré chemické kanalizace
- území podél přívodního potrubí mezi objekty č. 31d a 32a
- okolí a podloží všech dosud existujících, avšak nevyužívaných podzemních jímek a nádrží.

2.1.3 Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů

V rámci analýzy rizik [4] byly provedeny průzkumné práce zahrnující vrtné, vzorkovací a analytické práce jak v nesaturované, tak i satureované zóně. Získané výsledky laboratorních analýz byly použity při hodnocení rizik. Jako prioritní škodliviny v podzemní vodě byly vytipovány VCE, 1,2-cis-DCE, TCE, PCE, benzen, toluen, chlorbenzen, krezoly a NH₄⁺.

Fyzikálně-chemické vlastnosti těch látek, které byly hodnoceny v rámci předkládané AAR (**benzen, toluen, chlorbenzen, metanol, isopropanol, VCE, 1,2-cis-DCE, NH₄⁺, aceton, psychofarmaka**) jsou uvedeny v kapitole 3.1.1. V tabulce č. 7 uvádíme jejich základní fyzikálně-chemické vlastnosti. Rozšíření původní škály polutantů o metanol, isopropanol, aceton a 8 psychofarmak vyplynulo z nově zjištěných skutečností, které byly ověřeny při sanačních pracích.

Tabulka č. 7: Fyzikální a chemické vlastnosti hodnocených látek

Látka	Molekulová hmotnost	Hustota	Rozpustnost	Tlak par	Henryho konstanta	log K _{ow}	log K _{oc}
	g/mol	g/cm ³	mg/l	kPa	atm.m ³ /mol	-	-
benzen	78,11	0,8765	1 790	11,60	$5,55 \times 10^{-3}$	2,13	1,85
toluen	92,14	0,8623	536	3,16	$6,64 \times 10^{-3}$	2,73	2,37
chlorbenzen	112,56	1,1058	498	1,24	$3,11 \times 10^{-3}$	2,84	2,46
vinylchlorid	62,50	0,9106	8 800	362,64	$2,78 \times 10^{-2}$	1,62	1,41
cis-1,2-DCE	96,94	1,2837	6 410	33,86	$4,08 \times 10^{-3}$	1,86	1,81
metanol	32,04	0,7914	1 000 000	15,87	$4,55 \times 10^{-6}$	-0,77	0,09
isopropanol	60,10	0,7809	1 000 000	6,61	$8,10 \times 10^{-6}$	0,05	0,54
amoniak	17,03	0,6960	899 000	$2,21 \times 10^{-8}$	$1,61 \times 10^{-5}$	-4,37	-3,79
amonný kationt	18,04	-	10 200	$2,21 \times 10^{-14}$	$3,88 \times 10^{-13}$	-4,37	-
aceton	58,08	0,7845	1 000 000	33,20	$3,50 \times 10^{-5}$	-0,24	0,99
psychofarmaka*							
chlorprothixen báze	315,86	-	0,295	$1,40 \times 10^{-7}$	$2,50 \times 10^{-9}$	5,18	3,73
thiepinon	226,29	-	0,787	$7,47 \times 10^{-7}$	$2,07 \times 10^{-8}$	4,10	3,39
prothiaden hydrochlorid	331,90	1,1240	-	-	-	-	-
amitriptylin hydrochlorid	313,86	-	10,840	$1,15 \times 10^{-12}$	$4,33 \times 10^{-15}$	2,18	2,07

Zdroj: databáze U.S. EPA z listopadu 2011 (http://www.epa.gov/reg3hscd/risk/human/rb-concentration-table/Generic_Tables), EPI SuiteTM, bezpečnostní list Farmaku báze chlorprothixenia, thiepinonu, chloridu dosulepinia (prothiaden hydrochlorid), bezpečnostní list SIGMA – ALDRICH amitriptylinu hydrochloridu

Vysvětlivky:

K_{ow} distribuční koeficient oktanol / voda

K_{oc} distribuční koeficient oktanol / organický uhlík

* - laboratorními analýzami byly ověřovány obsahy těchto psychofarmak: chlorprothixen báze, thiepinon, citronan butamirátu, karbinol melitracenu, karbinol prothiadenu, 2-chlorthioxan-thon, prothiaden hydrochlorid, karbinol isokumaronu, suma amitriptylin hydrochlorid a karbinol amitriptylinu hydrochlorid, fyzikální a chemické vlastnosti výše jmenovaných psychofarmak jsou v uvedených zdrojích dostupné omezeně, jen pro některé zástupce

Složitost problematiky vytipování látek potenciálního zájmu dokresluje skutečnost, že ve vzorku vody z vrtu AT-106 odebraného dne 2. 5. 2010 byla provedena kvalitativní analýza a stanoven obsah NEL. Vzorek vody z tohoto vrtu byl vybrán, protože u něho byla kvalitativní analýzou nalezena nejpočetnější a nejvýraznější skupina píků jiných než BTEX a CI-U. Seznam nejvýraznějších látek identifikovaných z velkého počtu všech přítomných látek ve vzorku vody metodou GC/MS je následující: **ethylisopropyl ether, resp. sec-butylethyl ether, methylpenten, buten, isopentylalkohol, cyklohexylmethan, dimethylhexan, dimethylcyklopropan, dimethylcyklohexan, ethylmethylbenzen, benzylchlorid, dichlorotoluen**. Většinu těchto látek by bylo možno stanovit jako souhrnný ukazatel NEL. Pro tyto látky chybí v literatuře parametry pro kvantifikaci rizika a jednotlivě nebyly kvantitativně stanoveny. Proto nejsou do hodnocení rizik zahrnuty. Ze stávajících analýz NEL vyplývá, že obsahy těchto látek nejsou vyšší než koncentrace stávajících polutantů.

Rizikové faktory, které mohou negativně ovlivňovat okolí kontaminovaného území jinak než expozicí chemické látky (např. prašnost, eroze v důsledku kontaminace) nebyly při realizaci sanačních prací zaznamenány. Z přirozených faktorů, které mohou vyvolat vznik nových cest šíření kontaminace lze okrajově uvažovat o změnách proudění podzemní vody vyvolaných provozem vodních děl. Jak je uvedeno v kapitole 1.1.2, je v obytné zóně jz. od Farmaku řada domovních studní. Celkový povolený průměrný odběr ze všech studní v zájmovém území činí 9,27 l/s. Ovšem toto množství nebude čerpáno trvale, navíc studny jsou ve směru přirozeného proudění podzemní vody, takže případné rozvlečení zbytkové kontaminace jiným směrem vylučujeme.

2.1.4 Předběžný koncepční model znečištění

Tabulka č. 8 shrnuje základní předpokládané transportní cesty a příjemce rizik pro jednotlivé expoziční cesty kontaminantů z uvažovaných ohnisek znečištění, specifikovaných zadáním.

Tabulka č. 8: Předběžný koncepční model znečištění

Expoziční cesta č.	Ohnisko znečištění	Transportní cesta	Příjemce rizik
1	SV část areálu společnosti	Průsaky srážkové vody, kolísání hladiny podzemní vody, výluhy z ohniska a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → jímání vod studněmi, vrty	Obyvatelstvo, (pitná a užitková voda) – expozice ingescí, dermální, kontaminace zálivkové vody, ohrožení zdraví obyvatel)
2	prostor podél všech větví staré chemické kanalizace	Průsaky srážkové vody, kolísání hladiny podzemní vody, výluhy z ohniska a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → jímání vod studněmi, vrty	Obyvatelstvo, (pitná a užitková voda) – expozice ingescí, dermální, kontaminace zálivkové vody, ohrožení zdraví obyvatel
3	území podél přívodního potrubí mezi objekty č. 31d a č. 32a	Průsaky srážkové vody, kolísání hladiny podzemní vody, výluhy z ohniska a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → jímání vod studněmi, vrty	Obyvatelstvo, (pitná a užitková voda) – expozice ingescí, dermální, kontaminace zálivkové vody, ohrožení zdraví obyvatel
4	okolí a podloží všech dosud existujících, avšak nevyužívaných podzemních jímek a nádrží	Průsaky srážkové vody, kolísání hladiny podzemní vody, výluhy z ohniska a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → jímání vod studněmi, vrty	Obyvatelstvo, (pitná a užitková voda) – expozice ingescí, dermální, kontaminace zálivkové vody, ohrožení zdraví obyvatel

Základem předběžného koncepčního modelu je tabulka č. 8 se soupisem základních uvažovaných expozičních cest.

2.2 AKTUÁLNÍ PRŮZKUMNÉ PRÁCE

2.2.1 Metodika a rozsah průzkumných a analytických prací

Metodika vzorkování a kontrola kvality byla v souladu s Metodickým pokynem MŽP „Vzorkovací práce v sanační geologii“ (Vzorkovací práce v sanační geologii. Metodický pokyn MŽP. Věstník MŽP, č. 2, Příloha 2, únor 2007).

2.2.1.1 Vrtné práce

Mělké nevystrojené vrtů

Pro účely identifikace plošného a hloubkového rozsahu znečištění nesaturované zóny byly realizovány odběry vzorků zemin z mělkých nevystrojených vrtů. Vrtné práce byly prováděny rotačně-jádrovým vrtáním nasucho s možností propažení nesoudržných poloh.

Celkem bylo provedeno 49 kusů mělkých nevystrojených vrtů, označených ZF-1 až ZF-50, viz přílohu č. 13. Přesné umístění nevystrojených sond bylo specifikováno po detailní terénní rekognoskaci lokality a vytyčení průběhu vedení podzemních inženýrských sítí. Všechny mělké nevystrojené vrtů byly po odběru vzorků zemin likvidovány dusaným záhozem a zpevněné plochy byly uvedeny do původního stavu. Zeminy, které nebyly použity ke zpětnému zásypu mělkých nevystrojených vrtů, byly likvidovány v souladu se zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech.

Svislé a šikmé vystrojené vrtů

Stávající monitorovací systém lokality byl doplněn o 32 ks svislých vystrojených vrtů o hloubce 7 až 13 m v celkové metráži 280 bm a 5 ks šikmých vystrojených vrtů o hloubce 11 až 12 m o celkové metráži 48 bm. Umístění vrtů, zřejmé v příloze č. 12, bylo upřesněno s ohledem na terénní přístupnost, vedení podzemních inženýrských sítí s cílem určit kontaminaci v zájmových oblastech daných zadáním. Vrtné práce byly řízeny operativně na základě průběžného vyhodnocování kontaminace v jednotlivých místech areálu v průběhu vrtání mělkých nevystrojených vrtů a svislých vrtů. Vytěžená vrtná jádra ze všech vystrojených hydrogeologických vrtů byla likvidována v souladu se zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech (kontaminované vrtné jádro bylo převezeno k likvidaci na skládku). Vrtný výnos byl při vrtných pracích ukládán do vzorkovnic, popsán geologem a fotograficky zdokumentována.

Tabulka č. 9: Přehled vrtných prací

Označení vrtu	Typ vrtu	Hloubka objektu (m p.ú.t.)	Vrtný průměr (mm)	Výstroj vrtu (materiál/průměr mm)
ZF-1 až ZF-50	mělký nevystrojený vrt	4-5	195/175	-
DF-1 až DF-40	hydrogeologický	7-13	195/175	PE 125 mm
DF-41 až DF-45	hydrogeologický	11-12	175	PE 110 mm

2.2.1.2 Metodika a rozsah odběrů a laboratorních analýz vzorků zemin

Laboratorní analýzy pro ověření kontaminace nesaturované zóny byly provedeny v akreditované laboratoři BIOANALYTIKA CZ, fyzikálně mechanické zkoušky byly provedeny v akreditované laboratoři GEOTest, a.s.

Z mělkých nevystrojených vrtů ZF-1 až ZF-50, byly v průběhu vrtných prací odebírány vzorky zemin. Vzorek zeminy byly odebrán z té části vrtného profilu, v němž bude vizuálně a sensoricky

patrná kontaminace zeminy, vzorkování bylo zaměřeno na interval kolísání hladiny podzemní vody, styk podzemních jímek a kanalizace s podložím apod. Celkem bylo pro tyto účely odebráno 62 ks vzorků, které byly analyzovány na obsah benzenu, chlorbenzenu, toluenu, DCE, TCE a PCE, vinylchloridu, NEL, krezoly, NH_4^+ ionty ve výluhu, ve dvaceti vzorcích byla navíc provedena analýza na stanovení metanolu, izopropanolu a acetonu. Dva vzorky byly odebrány za účelem stanovení třídy vyluhovatelnosti. Dále byly v pěti vzorcích provedeny fyzikálně-mechanické zkoušky, které zahrnovaly granulometrické analýzy (zrnatosti zemin) a stanovení K (součinitele hydraulické vodivosti) z křivky zrnatosti.

Vzorkovnice byly naplněny zeminou tak, aby byly zcela zaplněny. Manipulace se vzorkovnicemi byla omezena na minimální technologicky nezbytnou dobu mimo dosah vnějších zdrojů kontaminace. Vzorky zemin byly dobře uzavřeny a chráněny před účinky světla a tepla v chladicím boxu (2–5°C) a následně dopraveny do zpracovatelské laboratoře.

Odebrané vzorky byly opatřeny štítkem, na kterém byla napsána lokalita, označení vzorku a čas odběru. Do laboratoře byly vzorky předány s předávacím protokolem a s protokolem o odběru vzorků, ve kterém byl vyplněn název lokality, číslo zakázky, důvod odběru vzorků, označení vzorku, čas odběru, popis místa odběru, způsob odběru vzorků, popis odběrového objektu, průměr vzorkovaného objektu, hloubka objektu, hloubka odběru vzorků, geologický popis, pach, barva, kdo odebral vzorek, způsob uložení vzorků a doprava, datum a osoba při předání do laboratoře.

2.2.1.3 Metodika a rozsah odběrů vzorků a laboratorních analýz podzemních vod

Laboratorní analýzy byly provedeny v akreditované laboratoři BIOANALYTIKA CZ a AQUATEST a.s.

Odběry vzorků podzemních vod byly provedeny z nově vybudovaných svislých vrtů DF-1 až DF-45. Odběr vzorků podzemní vody probíhal ve dvou kolech, s rozstupem minimálně jednoho měsíce. Z vrtu byl nejdříve odebrán vzorek staticky odběrným válcem, následně vzorek dynamicky čerpáním. Dynamické odběry byly provedeny po ustálení fyzikálně-chemických parametrů podzemní vody.

Zároveň s odběrem vzorků podzemní vody byla změřena hladina podzemní vody ve vrtech pro ověření směru proudění. Měření pro konstrukci mapy hydroizohyps byla realizována současně ze všech vrtů během jednoho monitorovacího kola a v době, kdy kolektor nebyl ovlivněn dynamickým odběrem podzemní vody.

Celkem bylo odebráno 92 ks vzorků podzemní vody. Vzorky byly analyzovány na obsah amonných iontů, benzenu, toluenu, chlorbenzenu, TCE, PCE, 1,2-cis DCE, vinylchloridu, krezolů, metanolu, izopropanolu, acetonu, TK (As, Ba, Be, Cr, Cr^{6+} , Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn). Dále proběhla u vybraných vzorků analýza psychofarmak (chlorprothixen báze, thiepinon, citronan butamirátu, karbinol melitracenu, karbinol prothiadenu, 2-chlorthioxan-thon, prothiaden hydrochlorid, karbinol isokumaronu, suma amitriptylin hydrochlorid a karbinol amitriptylinu hydrochlorid), zjištění produktů oxidace (acetofenon, benzaldehyd, brommethan, ethylacetát, chlorethan, chlormethan, isobenzofuranon, kyselina benzoová) a byly sledovány anorganické parametry (Na, K, Ca, Mg, Fe, Fe^{2+} , Mn, NO_3^- , SO_4^{2-}).

Vzorky podzemní vody byly odebírány do skleněných vzorkovnic s teflonovým těsněním a podřízeny požadavkům laboratoře. Manipulace se vzorkovnicemi byla omezena na minimální technologicky nezbytnou dobu mimo dosah vnějších zdrojů kontaminace. Vzorky vod byly dobře uzavřeny a chráněny před účinky světla a tepla v chladicím boxu (2–5°C) a následně dopraveny k analýze do laboratoře.

Odebrané vzorky vody byly opatřeny štítkem, na kterém byla napsána lokalita, označení vzorku a čas odběru. Do laboratoře byly vzorky předány s předávacím protokolem a s protokolem

o odběru vzorků, ve kterém byl vyplněn název lokality, číslo zakázky, důvod odběru vzorků, označení vzorku, charakteristika objektu, hladina vody před čerpáním od o.b., hloubka objektu od o.b., výška odměrného bodu, průměr výstroje objektu, odčerpaný objem před odběrem, způsob odběru, volná fáze na hladině, hladina vody při odběru od o.b., čas odběru, doba čerpání, typ čerpadla, terénní měření (teplota vody, teplota vzduchu, pH, konduktivita, kyslík, redox, srážky ano/ne, oblačnost), konzervace, použité měřidlo, kdo odebral vzorek, způsob uložení vzorků a doprava, datum a osoba při předání do laboratoře.

2.2.1.4 Geodetické zaměření vrtů

Cílem geodetických prací bylo přesné výškopisné a polohopisné zaměření nově vybudovaných mělkých nevystrojených sond (nad rámec rozpočtu), svislých a šikmých monitorovacích vrtů.

2.2.1.5 Hydrologická měření

V průběhu vzorkování byla prováděna pravidelná hydrologická měření, která zahrnovala měření hladiny podzemní vody ve všech dostupných vrtech (mimo šikmých) na lokalitě, tedy i v okolí – za účelem konstrukce map hydroizohyps. Měření byla provedena ve dvou kolech.

2.2.1.6 Ověření stavu chemické kanalizace

Stará chemická kanalizace byla budovaná postupně v letech 1950 až 1960. Dokumentaci nabyvateli „vzala“ povodeň v roce 1997. Jedná o kanalizaci z kameniny, spojovanou tmelem o průměru cca 200 až 300 mm. Cílem ověření stavu chemické kanalizace bylo zjistit, zda se v kanalizaci nevyskytuje zbytková kontaminace, event. zda kanalizace v hloubce 3 až 4 m lokálně neovlivňuje proudění podzemní vody a tím i šíření kontaminace.

Na základě poskytnutých údajů a terénní prohlídce v areálu FARMAK a.s. jsou veškeré šachty chemické kanalizace zaslepeny a neumožňují provedení monitoringu kanalizace klasickou cestou, tzn. provedení kamerové zkoušky. Dle předaného vzorového příčného řezu zajištění šachet chemické kanalizace (podklad z roku 1995) byly dna šachet do výšky 0,5m nad dno potrubí zabetonovány (zřízena betonová plomba), proti vnikání vody do potrubí chemické kanalizace a znemožnění dalšího využívání chemické kanalizace k odvádění dešťových či splaškových vod v rámci areálu. Fakticky je tedy po trase kanalizace v intervalech max. délky 50 metrů přerušeno potrubí betonovou zátkou délky 1 m. Šachty nad betonovou zátkou byly zasypány štěrkem a v úrovni terénu byly obnoveny zpevněné plochy (žulové kostky, případně betonová vyspráva). Stará chemická kanalizace je nefunkční.

2.2.2 Výsledky průzkumných prací

2.2.2.1 Vrtné práce

Strojní nevystrojené jednorázové sondy

Vrtné práce byly prováděny pomocí vrtné soupravy UGB-50 rotačně-jádrovým vrtáním nasucho s možností propažení nesoudržných poloh. Tímto způsobem vrtání byl zajištěn reprezentativní odběr vzorků z kontaminovaných poloh. Vrtné jádro bylo uloženo do vzorkovnic (s vyznačením odvrtných intervalů), byl proveden makroskopický popis jádra a pořízena fotodokumentace.

Jednorázové nevystrojené sondy byly umístěny do míst výskytu staré chemické kanalizace a existence bývalých podzemních jímek a do severovýchodní části areálu.

Hloubka nevystrojených sond byla 4,0 m (většina mělkých nevystrojených vrtů), 4,5 m (ZF-2, ZF-3, ZF-6, ZF-32, ZF-33, ZF-35) a 5,0 m (ZF-41) pod úroveň terénu. Objekt ZF-49 nebyl realizován ze třech důvodů:

- celková metráž by byla překročena
 - tři pokusy pro vrtání skončily v betonu, který byl pod terénem
 - objekt se nachází v části areálu, kde je dostatek okolních objektů
- Projektovaná metráž mělkých nevystrojených vrtů 200 m nebyla překročena. Geologická dokumentace provedených sond je uvedena v příloze č. 18.

Celkem bylo provedeno 49 kusů mělkých nevystrojených vrtů, označených ZF-1 až ZF-50, viz příloha č. 13. Přesné umístění nevystrojených sond bylo specifikováno po detailní terénní rekognoscaci lokality a vytyčení průběhu vedení podzemních inženýrských sítí. Všechny mělké nevystrojené vrty byly po odběru vzorků zemin likvidovány dusaným záhozem a zpevněné plochy byly uvedeny do původního stavu. Zeminy, které nebyly použity ke zpětnému zásypu mělkých nevystrojených vrtů, byly likvidovány v souladu se zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech.

Svislé a šikmé vystrojené vrty

Stávající monitorovací systém lokality byl doplněn o 32 ks svislých vystrojených vrtů o hloubce 7 až 13 m v celkové metráži 280 bm a 5 ks šikmých vystrojených vrtů o hloubce 11 až 12 m o celkové metráži 48 bm. Umístění vrtů bylo upřesněno s ohledem na terénní přístupnost, vedení podzemních inženýrských sítí s cílem určit kontaminaci v zájmových oblastech daných zadáním. Vrtné práce byly řízeny operativně na základě průběžného vyhodnocování kontaminace v jednotlivých místech areálu v průběhu vrtání mělkých nevystrojených vrtů a svislých vrtů. Vytěžená vrtná jádra ze všech vystrojených hydrogeologických vrtů byla likvidována v souladu se zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech (kontaminované vrtné jádro bylo převezeno k likvidaci na skládku). Vrtný výnos byl při vrtných pracích ukládán do vzorkovnic, popsán geologem a fotograficky zdokumentována. Umístění vrtů vyplývá z příloh č. 12 a 14 až 17. Geologická dokumentace je uvedena v příloze č. 18.

Šikmé vrty DF-41 až DF-45 byly budovány vrtnou soupravou HVS-487 s použitím vzduchového výplachu kompresorem Atlas Corpo XRVS 336 ve dnech 28.5. až 18.6.2015. Celková délka šikmých vrtů byla 48 m.

V tabulce č. 10 jsou sumarizovány výsledky z vrtných prací.

Tabulka č. 10: Přehled vybudovaných svislých vrtů se základními údaji z vyhodnocení

vrt - označení	S-JTSK		Bpv	hloubka báze kvartér (m p.ú.t.)	Z báze (m n. m.)	ustálená hladina podzemní vody (m p. ú. T.)	mocnost kolektoru (m)	mocnost navážek (m)
	Y (m)	X (m)						
DF-1	545861.43	1119529.60	213.79	7.9	205.89	3.05	4.85	1.0
DF-2	545842.11	1119542.52	213.65	7.0	206.65	2.85	4.15	0.8
DF-3	545829.64	1119560.16	213.62	6.5	207.12	2.90	3.60	1.8
DF-4	545875.80	1119552.19	213.81	8.0	205.81	3.07	4.93	0.8
DF-5	545874.52	1119583.18	213.99	7.2	206.79	3.25	3.95	1.0

vrt - označení	S-JTSK		Bpv	hloubka báze kvartér	Z báze (m n. m.)	ustálená hladina podzemní	mocnost kolektoru (m)	mocnost navážek (m)
DF-6	546037.83	1119703.22	214.52	11.9	202.62	3.89	8.01	2.2
DF-9	546025.64	1119713.51	214.53	10.8	203.73	3.90	6.90	2.8
DF-10	546076.43	1119729.37	214.46	10.6	203.86	3.85	6.75	0.5
DF-11	546035.19	1119719.81	214.53	10.2	204.33	3.90	6.30	3.0
DF-12	546097.09	1119744.22	214.36	8.4	205.96	3.78	4.62	2.7
DF-13	546108.71	1119751.75	214.55	8.7	205.85	3.99	4.71	1.5
DF-15	546105.70	1119762.15	214.77	7.8	206.97	4.20	3.60	0.5
DF-16	545995.72	1119811.01	214.73	8.7	206.03	4.09	4.61	1.6
DF-18	545845.33	1119769.61	213.29	6.9	206.39	2.52	4.38	1.0
DF-19	545991.37	1119825.25	214.67	8.3	206.37	4.03	4.27	3.0
DF-20	545937.82	1119849.40	214.25	8.8	205.45	3.62	5.18	2.4
DF-21	545924.98	1119855.30	214.35	8.6	205.75	3.70	4.90	5.0
DF-23	545952.53	1119862.61	214.50	8.5	206.00	3.86	4.64	1.1
DF-24	545943.08	1119865.68	214.41	8.2	206.21	3.79	4.41	1.1
DF-25	546032.34	1119890.51	214.28	7.1	207.18	3.75	3.35	0.8
DF-27	545911.49	1119852.60	214.51	7.7	206.81	3.86	3.84	3.8
DF-28	545992.92	1119885.76	214.39	8.3	206.09	3.82	4.48	2.5
DF-29	545906.75	1119812.01	214.30	7.4	206.90	3.62	3.78	2.0
DF-30	545913.77	1119831.18	214.41	8.3	206.11	3.75	4.55	1.2
DF-31	545879.99	1119852.36	214.04	7.0	207.04	3.33	3.67	2.6
DF-33	545838.85	1119835.00	213.60	6.5	207.10	2.82	3.68	0.5
DF-34	545831.49	1119844.30	213.38	6.8	206.58	2.60	4.20	2.5
DF-35	545822.78	1119843.41	213.30	6.7	206.60	2.51	4.19	2.0
DF-36	545825.61	1119830.35	213.26	6.5	206.76	2.48	4.02	1.3
DF-37	545826.96	1119818.31	213.34	6.5	206.84	2.56	3.94	1.1
DF-38	545827.72	1119813.53	213.31	5.9	207.41	2.55	3.35	2.9
DF-40	545879.79	1119785.72	213.42	6.8	206.62	2.55	4.25	1.0

2.2.2.2 Výsledky analýz vzorků zemin

Z nevystrojených vrtů byly odebírány vzorky zemin, vždy 1 vzorek zeminy z jednoho závrtu. Vzorek zeminy bude odebrán z té části vrtného profilu, v němž byla vizuálně a senzoricky patrná kontaminace zeminy, vzorkování bylo zaměřeno na interval kolísání hladiny podzemní vody, styk podzemních jímek a kanalizace s podložím apod. Z každého závrtu byl odebrán vzorek na analýzu: benzen, chlorbenzen, toluen, DCE, TCE a PCE, vinylchlorid, NEL, krezoly, ve 20 závrtích (ZF-1, ZF-3, ZF-4, ZF-5, ZF-8, ZF-11, ZF-14, ZF-16, ZF-17, ZF-19, ZF-20, ZF-24, ZF-32, ZF-33, ZF-35, ZF-40, ZF-43, ZF-44, ZF-46, ZF-47, ZF-50) byla navíc provedena analýza na stanovení metanolu, izopropanolu a acetonu. Dva směsné vzorky byly odebrány za účelem stanovení třídy vyluhovatelnosti a v 50 vzorcích bylo provedeno stanovení NH_4^+ ve výluhu. Dále byly v 5 vzorcích (ZF-1, ZF-6, ZF-14, ZF-36, ZF-46) provedeny fyzikálně-mechanické zkoušky, které budou zahrnovat granulometrické analýzy (zrnitosti zemin) a stanovení K (součinitele hydraulické vodivosti) z křivky zrnitosti.

Nad rámec projektu bylo na základě senzorických vlastností odebráno 13 ks vzorků zemin v průběhu vrtání hydrogeologických vrtů.

Výsledky analýz vzorků zemin jsou uvedeny v tabulkách v příloze č. 23, záznamy o odběru v příloze č. 30 a v příloze č. 31 jsou oscanovány protokoly o laboratorních zkouškách.

Jak vyplývá z tabulky v příloze č. 23 a z tabulky č. 12 v textu, kontaminace vzorků zemin je bodová. Z celkově analyzovaných 62 ks vzorků byl sanační limit pro **toluen** (150 mg/kg) přesažen ve 3 vzorcích DF-3 (3,5 – 4,0 m), DF-23 (4,0 – 4,5m) a ZF-5 (3,6 -3,8m). Vzhledem ke skutečnosti, že vrt DF-3 byl umístěn u podzemní jímky u objektu č. 46, předpokládáme, že zdrojem kontaminace toluenem v severovýchodní části areálu je historická podzemní jímka.

Je pravděpodobné, že nadlimitní koncentrace **benzenu** v závrtu ZF-40 (822 mg/kg) souvisí s chemickou kanalizací v jižní části podniku a v závrtu ZF-47 (5,56 mg/kg) s přítomností podzemní jímky u objektu č. 31d.

Limitem daná koncentrace benzenu (5 mg/kg) byla přesažena ve dvou vzorcích ZF-40 (3,6 – 4,0m) a ZF-47 (3,7 – 4,0m). Dále byly průzkumnými pracemi zjištěny nadlimitní koncentrace **chlorbenzenu** (10 mg/kg) ve vzorcích DF-23 (4,0 – 4,5m) a DF-29 (3,8 – 4,0m). Limitní koncentrace pro **kresoly** (10 µg/kg) byla zjištěna ve čtyřech vzorcích DF-3 (3,5 – 4,0m), DF-20 (8,7 – 8,8m), DF-23 (4,0-4,5m) a ZF-5 (3,6 – 3,8m). Nadlimitně kontaminovaný vzorek v ukazateli **NEL** byl analyzován ve vzorku ZF-22 (3,8 – 4,0m).

Koncentrace jednotlivých kontaminantů jsou také uvedeny v mapových přílohách 19.1 až 19.4.

Tabulka č. 11: Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin – stanovení třídy vyluhovatelnosti

Zkouška	Jednotka	ZF- směsný	DF-směsný	Vyhláška MŽP ČR č. 294/2005 Sb.			
				I	IIa	IIb	III
Datum odběru		10.4.2015	15.5.2015				
DOC	mg/l	13,4	10,9	50	80	80	100
Fenol. index	mg/l	<0,05	<0,05	0,1			
Chloridy	mg/l	11,6	14,8	80	1500	1500	2500
Fluoridy	mg/l	0,76	0,16	1	30	15	50
Sířany	mg/l	15,1	<15	100	3000	2000	5000
As	mg/l	<0,005	<0,005	0,05	2,5	0,2	2,5
Ba	mg/l	0,041	0,047	2	30	10	30

Zkouška	Jednotka	ZF- směsný	DF-směsný	Vyhláška MŽP ČR č. 294/2005 Sb.			
				I	IIa	IIb	III
Datum odběru		10.4.2015	15.5.2015				
Cd	mg/l	<0,0005	<0,0005	0,004	0,5	0,1	0,5
Cr celkový	mg/l	0,002	<0,002	0,05	7	1	7
Cu	mg/l	<0,01	<0,03	0,2	10	5	10
Hg	mg/l	0,000534	<0,0002	0,001	0,2	0,02	0,2
Ni	mg/l	<0,002	<0,002	0,04	4	1	4
Pb	mg/l	<0,01	<0,01	0,05	4	1	5
Sb	mg/l	<0,004	<0,004	0,006	0,5	0,07	0,5
Se	mg/l	<0,005	<0,005	0,01	0,7	0,05	0,7
Zn	mg/l	<0,002	<0,048	0,4	20	5	20
Mo	mg/l	0,0032	0,022	0,05	3	1	3
RL	mg/l	406	152	400	8000	6000	10000
pH	-	7,2	9,0		≥ 6	≥ 6	

V průběhu vrtných prací byly odebrány směsné vzorky zeminy pro zařazení vzniklých odpadů dle platné legislativy. Vzorek s označením ZF- směsný je směsným vzorkem z průběhu vrtných prací nevystrojených sond a vzorek DF-směsný je směsným vzorkem z průběhu vrtných prací vrtů DF-1 až DF-40. Odpad byl předán k likvidaci.

Tabulka č. 12: Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin

Číslo vzorku	Datum odběru	Označení vz.	Amonné ionty	TCE	PCE	1,2-cis-DCE	Vinyl-chlorid	Benzen	Toluen	Chlor-benzen	NEL v sušině	Kresoly suma	Sušina
Jednotka			mg/l	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	%
7700	22.4.2015	DF - 2 (3,5m)	<0,1	0.058	0.144	<0,03	<0,05	<0,005	17.6	0.022	261	5.6	92.55
7668	21.4.2015	DF - 3 (3,5-4,0m)	<0,1	0.3	0.901	0.036	<0,05	0.017	315	0.584	347	536	92.29
8045	22.4.2015	DF - 6 (4,5m)	<0,1	0.393	0.215	0.088	<0,05	<0,005	9.98	<0,005	192	1	90.6
8046	22.4.2015	DF - 6 (11,5m)	0.318	0.055	0.104	1.37	<0,05	<0,005	0.354	<0,005	165	3	92.64
8047	23.4.2015	DF - 6 (12,5m)	0.391	0.059	0.034	0.193	<0,05	<0,005	0.312	<0,005	124	<0,5	87.26
9016	6.5.2015	DF - 15 (6,4-6,7m)	<0,1	0.119	0.098	<0,03	<0,05	<0,005	15.57	2	267	0.9	91.58
8407	29.4.2015	DF - 20 (8,7-8,8m)	4.52	0.02	<0,006	1.26	<0,05	<0,005	0.626	<0,005	136	32.2	86.24
9017	6.5.2015	DF - 23 (4,0-4,5m)	0.251	4.43	3.79	0.316	<0,05	0.058	682	90	425	556	88.76
9015	6.5.2015	DF - 24 (5,5m)	<0,1	0.242	0.179	0.056	<0,05	0.01	6.48	3.41	241	<0,5	90.71
8408	29.4.2015	DF - 25 (4,5-4,6m)	0.333	<0,006	<0,006	<0,03	<0,05	<0,005	1.37	0.283	230	2.3	90.56
9035	7.5.2015	DF - 29 (3,8-4m)	<0,1	0.032	0.03	<0,03	<0,05	<0,005	145	21.3	245	<0,5	91.95
8690	30.4.2015	DF - 34 (3,3-3,5m)	0.404	0.026	0.013	<0,03	<0,05	<0,005	0.029	<0,005	206	1.4	93.62
6668	10.4.2015	ZF - 1 (3,2-4,0m)	<0,1	<0,006	0.02	<0,03	<0,05	<0,005	3.19	0.105	273	<0,5	90.16
6630	9.4.2015	ZF - 2 (3,8-4,5m)	<0,1	<0,006	0.028	<0,03	<0,05	<0,005	5.14	0.105	187	<0,5	89.01
6671	10.4.2015	ZF - 3 (3-4,5m)	<0,1	0.016	0.028	<0,03	<0,05	0.024	31.5	0.189	220	<0,5	89.15
7053	13.4.2015	ZF - 4 (3,8-4,0m)	0.167	0.049	0.071	0.072	<0,05	0.289	87.4	0.164	411	0.5	86.71
9020	6.5.2015	ZF - 5 (3,6-3,8m)	<0,1	0.37	0.4	<0,03	<0,05	0.072	403	3.75	208	849	90.73
6666	10.4.2015	ZF - 6 (4-4,5m)	0.122	<0,006	0.01	<0,03	<0,05	<0,005	0.404	<0,005	160	<0,5	89.79
6670	10.4.2015	ZF - 7 (3-4,0m)	<0,1	<0,006	0.01	<0,03	<0,05	<0,005	0.047	<0,005	200	<0,5	91.64
6629	9.4.2015	ZF - 8 (3,3-4,0m)	1.34	<0,006	<0,006	<0,03	<0,05	<0,005	0.025	<0,005	185	<0,5	90.35
7296	16.4.2015	ZF - 9 (3,9-4,0m)	<0,1	0.012	0.014	<0,03	<0,05	<0,005	0.063	<0,005	198	<0,5	91.77

Číslo vzorku	Datum odběru	Označení vz.	Amonné ionty	TCE	PCE	1,2-cis-DCE	Vinyl-chlorid	Benzen	Toluen	Chlor-benzen	NEL v sušině	Kresoly suma	Sušina
9028	6.5.2015	ZF - 10 (3,9-4,0m)	<0,1	0.02	0.029	<0,03	<0,05	<0,005	1.52	0.186	184	<0,5	91.28
8044	24.4.2015	ZF - 11 (4m)	<0,1	0.046	0.068	<0,03	<0,05	<0,005	1.58	<0,005	143	<0,5	90.23
7058	13.4.2015	ZF - 12 (1,0-1,2m)	0.251	0.087	0.133	<0,03	<0,05	<0,005	0.086	<0,005	177	0.8	88.44
7057	13.4.2015	ZF - 13 (1,0-1,15m)	<0,1	0.709	0.036	0.071	<0,05	<0,005	1.91	<0,005	304	<0,5	87.48
7054	13.4.2015	ZF - 14 (2,2-2,4m)	<0,1	0.028	0.036	<0,03	<0,05	<0,005	0.44	<0,005	250	<0,5	90.97
7059	13.4.2015	ZF - 15 (3,5-4,0m)	0.924	0.042	0.058	<0,03	<0,05	<0,005	0.062	<0,005	183	<0,5	93.02
9018	6.5.2015	ZF - 16 (3,5 -4m)	<0,1	0.017	<0,006	<0,03	<0,05	<0,005	2.07	0.076	209	<0,5	94.81
7055	13.4.2015	ZF - 17 (1,8-2,1m)	<0,1	0.162	0.019	<0,03	<0,05	0.018	0.055	<0,005	287	<0,5	93.59
7060	13.4.2015	ZF - 18 (2,5-3,0m)	<0,1	0.121	0.247	<0,03	<0,05	<0,005	0.073	<0,005	229	<0,5	91.55
7056	13.4.2015	ZF - 19 (2,4-2,7m)	<0,1	0.043	0.08	<0,03	<0,05	<0,005	0.043	<0,005	163	<0,5	91.58
9019	6.5.2015	ZF - 20 (3,7-4m)	<0,1	0.073	0.068	<0,03	<0,05	<0,005	13.63	0.048	220	<0,5	90.15
7073	14.4.2015	ZF - 21 (3,5-4,0m)	1.05	0.019	0.033	<0,03	<0,05	<0,005	0.032	<0,005	211	<0,5	90.99
7072	14.4.2015	ZF - 22 (3,8-4,0m)	0.595	0.03	0.062	<0,03	<0,05	<0,005	0.213	0.032	1751	0.6	92.49
7071	14.4.2015	ZF - 23 (3,0-4,0m)	0.95	0.019	0.014	0.06	<0,05	<0,005	17.76	0.167	323	<0,5	88.29
8048	23.4.2015	ZF - 24 (3,5m)	0.58	0.02	<0,006	0.046	<0,05	<0,005	0.2	<0,005	161	<0,5	92.35
7281	15.4.2015	ZF - 25 (3,9-4,0m)	0.72	0.019	0.018	<0,03	<0,05	<0,005	0.035	<0,005	218	<0,5	90.64
7077	14.4.2015	ZF - 26 (3,85-4,0m)	0.666	0.014	0.013	<0,03	<0,05	<0,005	0.024	0.026	330	<0,5	90.49
7078	14.4.2015	ZF - 27 (3,6-4,0m)	0.599	0.01	<0,006	<0,03	<0,05	<0,005	0.108	0.177	452	0.7	90.65
7074	14.4.2015	ZF - 28 (3,7-4,0m)	1.23	0.046	0.045	<0,03	<0,05	<0,005	0.088	<0,005	310	<0,5	91.5
7075	14.4.2015	ZF - 29 (3,5-4,0m)	0.627	0.021	0.012	<0,03	<0,05	<0,005	0.078	<0,005	568	3.6	91.81
7076	14.4.2015	ZF - 30 (3,6-4,0m)	1.2	0.088	0.115	<0,03	<0,05	<0,005	0.113	<0,005	278	<0,5	92.44
7295	16.4.2015	ZF - 31 (3,8-4,0m)	<0,1	0.576	1.3	0.103	<0,05	0.034	1.53	0.296	220	<0,5	92.66
7290	16.4.2015	ZF - 32 (4,4-4,5m)	0.167	0.142	0.316	<0,03	<0,05	<0,005	0.15	0.032	308	<0,5	92.07
7289	16.4.2015	ZF - 33 (4,2-4,4m)	0.419	0.045	0.028	<0,03	<0,05	0.209	12.81	5	366	0.5	87.18
7294	16.4.2015	ZF - 34 (2,2-2,4m)	2.16	0.673	0.07	0.541	<0,05	0.079	68.2	0.884	320	1.8	82.92

Doplněk aktualizace analýzy rizik ve společnosti FARMAK, a.s.

Číslo vzorku	Datum odběru	Označení vz.	Amonné ionty	TCE	PCE	1,2-cis-DCE	Vinyl-chlorid	Benzen	Toluen	Chlor-benzen	NEL v sušině	Kresoly suma	Sušina
7288	16.4.2015	ZF - 35 (4,0-4,2m)	<0,1	0.416	0.114	0.947	<0,05	0.691	128	1.28	250	8.3	84.28
7293	16.4.2015	ZF - 36 (3,9-4,0m)	0.305	0.01	<0,006	<0,03	<0,05	<0,005	0.143	0.024	253	1.7	93.73
7291	16.4.2015	ZF - 37 (3,9-4,0m)	<0,1	0.287	0.535	0.044	<0,05	0.023	0.825	0.059	525	<0,5	89.28
7292	16.4.2015	ZF - 38 (3,8-3,95m)	0.174	0.037	0.021	<0,03	<0,05	0.012	2.22	1.02	295	<0,5	93.65
7279	15.4.2015	ZF - 39 (3,4-3,7m)	0.311	4.72	0.762	0.072	<0,05	0.26	0.829	0.018	376	<0,5	88.59
7284	15.4.2015	ZF - 40 (3,6-4,0m)	6.5	0.015	0.028	<0,03	<0,05	822	1.12	4.8	234	<0,5	72.99
7278	15.4.2015	ZF - 41 (4,1-4,6m)	0.99	0.028	0.027	<0,03	<0,05	4.18	1.16	0.016	301	<0,5	92.04
7277	15.4.2015	ZF - 42 (3,6-4,0m)	1.51	0.053	0.092	<0,03	<0,05	1.08	0.179	0.015	326	<0,5	91.47
7283	15.4.2015	ZF - 43 (3,2-3,5m)	1.78	0.04	0.025	<0,03	<0,05	0.085	6.81	0.292	552	<0,5	82.27
7282	15.4.2015	ZF - 44 (1,8-2,0m)	4.07	<0,006	0.027	<0,03	<0,05	<0,005	0.067	0.016	344	0.7	73.5
7280	15.4.2015	ZF - 45 (3,8-4,0m)	0.634	0.019	<0,006	<0,03	<0,05	<0,005	0.023	<0,005	251	<0,5	91.76
7069	14.4.2015	ZF - 46 (3,5-4m)	0.608	<0,006	<0,006	<0,03	<0,05	<0,005	0.086	0.049	293	0.7	88.74
7285	15.4.2015	ZF - 47 (3,7-4,0m)	0.32	0.044	0.05	<0,03	<0,05	5.56	0.073	0.044	333	<0,5	92.69
7079	14.4.2015	ZF - 48 (3,8-4,0m)	0.509	0.12	0.185	<0,03	<0,05	<0,005	0.211	0.028	229	<0,5	89.94
7070	14.4.2015	ZF - 50 (3,8-4m)	0.535	0.035	0.03	<0,03	<0,05	<0,005	0.091	<0,005	412	<0,5	91.04
Cílový sanační limit				40	5	40	1	5	150	10	1 000	10	

2.2.2.3 Výsledky analýz vzorků podzemní vody

K monitoringu podzemní vody v předmětné lokalitě byly využity přednostně nově vybudované hydrogeologické objekty – DF-1 až DF-45 (45 ks). Do vzorkování byly, v souladu se závěry kontrolního dne 25.6.2015, zařazeny také vrtý stávající. Pro vykreslení map izolinií byly využity i výsledky poskytnuté firmou AQUATEST a.s.

Monitoring kvality podzemní vody byl proveden ve 2 kolech. Vzorky podzemní vody byly odebírány z nově vybudovaných hydrogeologických svislých i šikmých vrtů. Vzorkovanými parametry byly: amonné ionty, benzen, toluen, chlorbenzen, TCE, PCE, 1,2-cis DCE, vinylchlorid, krezoly, metanol, izopropanol, aceton, TK (As, Ba, Be, Cr, Cr⁶⁺, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn). Dále proběhla u vybraných vzorků analýza psychofarmak (v objektech DF-18, DF-20, DF-27, DF-28, DF-29, DF-30, DF-31, DF-38, DF-40, DF-41, DF-42, DF-43, DF-44, DF-45, SM-45 a SM-66), zjištění produktů oxidace (v objektech DF-11, DF-18 a DF-31) a byly sledovány anorganické parametry (v objektech DF-15, DF-19, DF-14, DF-29, DF-42 a DF-31).

2.2.2.3.1 Výsledky analýz vzorků podzemní vody v rámci 1. monitorovacího cyklu

Dne 18.5.2015 byl realizován 1. monitorovací cyklus. V rámci tohoto cyklu bylo odebráno 32 ks vzorků podzemní vody, všechny vzorky (32 ks) byly analyzovány na obsah **metanolu, izopropanolu**, 30 ks vzorků na obsah **amonných iontů, benzenu, toluenu, chlorbenzenu, TCE, PCE, 1,2-cis DCE, vinylchloridu, krezolů, těžké kovy** byly sledovány ve dvou vzorcích, **psychofarmaka** v 9 vzorcích, **produkty oxidace** ve třech vzorcích a **anorganické parametry** také ve třech vzorcích.

Výsledky analýz vzorků v rámci 1. monitorovacího kola jsou uvedeny v příloze č. 24. Příloha č. 20 pak přináší znázornění znečištění zemin na základě výsledků 1. monitorovacího cyklu.

Amonné ionty

Nadlimitní koncentrace amonných iontů (limit je stanoven v úrovni 7,2 mg/l) byla zjištěna ve vzorcích odebraných z vrtů: DF-15, DF-16, DF-18, DF-20, DF-23, DF-25, DF-28, DF-29, DF-30 a DF-40. Nadlimitní koncentrace se pohybovaly v úrovni 7,56 mg/l (DF-23) až 18,2 mg/l (DF-18).

Benzen

Limitní hodnota pro benzen 30 µg/l byla překročena ve vrtech: DF-6, DF-16, DF-19, DF-20, DF-21, DF-28, DF-30, DF-31, DF-34, DF-35. Nadlimitní koncentrace se pohybovaly v úrovni od 35,4 µg/l (DF-21) do 2 560 µg/l (DF-31).

Toluen

Limitní hodnota pro toluen (1 800 µg/l) byla překročena ve 13 z 32 provedených vzorků podzemní vody, a to v objektech: DF-2, DF-3, DF-5, DF-10, DF-11, DF-13, DF-18, DF-21, DF-23, DF-27, DF-29, DF-30 a DF-35. Nadlimitní koncentrace byly měřeny v úrovni od 3 900 µg/l (DF-10) do 45 500 µg/l (DF-3).

TCE

Limitní hodnota pro TCE (500 µg/l) byla překročena ve vzorku DF-35, kde byla analyzována koncentrace 2 500 µg/l.

1,2-cis-DCE

Limitní hodnota pro 1,2 cis-DCE (3 000 µg/l) byla překročena ve vzorku DF-6 kde byla analyzována koncentrace 17 300 µg/l.

Vinylchlorid

Limitní hodnota pro vinylchlorid (600 µg/l) byla překročena ve vzorku DF-6 kde byla analyzována koncentrace 2 510 µg/l.

Chlorbenzen

Limitní hodnota pro chlorbenzen (170 µg/l) byla překročena ve 12 z 32 provedených vzorků podzemní vody, a to v objektech: DF-16, DF-19, DF-20, DF-21, DF-23, DF-24, DF-25, DF-27, DF-28, DF-29, DF-30 a DF-35. Nadlimitní koncentrace byly měřeny v úrovni od 288 µg/l (DF-24) do 96 000 µg/l (DF-30).

Methanol

Pro methanol není stanoven cílový sanační limit, koncentrace se pohybovaly v rozmezí <100 µg/l do 1 320 µg/l.

Aceton

Pro aceton není stanoven cílový sanační limit, koncentrace se pohybovaly v rozmezí <100 µg/l do 1 690 µg/l.

Izopropanol

Pro izopropanol není stanoven cílový sanační limit, koncentrace se pohybovaly v rozmezí <100 µg/l do 11 000 µg/l.

Psychofarmaka a produkty oxidace

V rámci sledování produktů oxidace byly sledovány koncentrace acetofenonu, benzaldehyd, brommethanu, ethylacetátu, chlorethanu, chlormethanu, isobenzofuranonu a kys. benzoové.

Analýzy psychofarmak obsahovaly: chlorprothixen báze, thiepinon, citronan butamirátu, karbinol melitracenu, karbinol prothiadenu, 2-chlorthioxan-thon, prothiaden hydrochlorid, karbinol isokumaronu, suma amitriptylin hydrochlorid a karbinol amitriptylinu hydrochlorid.

Výsledky jsou uvedeny v příloze č. 24.2 a budou hodnoceny v kapitole 3: Hodnocení rizika.

U dalších sledovaných kontaminantů – etylbenzenu, xylenu, PCE nebyly v rámci 1. monitorovacího cyklu zjištěny koncentrace v nadlimitních hodnotách.

2.2.2.3.2 Výsledky analýz vzorků podzemní vody v rámci 2. monitorovacího cyklu

Druhý monitorovací cyklus byl realizován ve dnech 25.6.2015 a 30.6.2015. V souladu se závěry kontrolního dne 25.6.2015 byly do tohoto monitorovacího kola zařazeny také výsledky ze stávajících objektů.

V rámci tohoto cyklu bylo odebráno 64 ks vzorků podzemní vody, 62 ks vzorků bylo analyzováno na obsah **amonných iontů, benzenu, toluenu, chlorbenzenu, TCE, PCE, 1,2-cis DCE, vinylchloridu**, 16 ks vzorků bylo analyzováno na obsah **krezolů** (32 ks), ve 14 ks vzorcích byl stanovován obsah **metanolu, izopropanolu a acetonu**. **Těžké kovy** byly sledovány

v jednom vzorku, **psychofarmaka** v 7 vzorcích, **produkty oxidace** v rámci 2. cyklu sledovány nebyly a ve dvou vzorcích byly analyzovány **anorganické parametry**.

Výsledky analýz vzorků v rámci 2. monitorovacího kola jsou uvedeny v příloze č. 25. Příloha č. 21 pak přináší izolinie znečištění podzemní vody pro jednotlivé kontaminanty. Izolinie jednotlivých kontaminantů byly vykresleny nejen na základě výsledků 2. monitorovacích cyklů, do kterého byly zahrnuty výsledky analýz z nově budovaných vrtů řady DB a stávajících vrtů, ale i výsledky monitoringu realizovaného firmou AQUATEST, a.s. Jedná se tedy o ucelenou řadu výsledků, pořízených komplexním monitoringem v období 25.6.2015 až 19.7.2015, využitých pro znázornění plošného výskytu jednotlivých kontaminantů v koncentracích přesahujících sanační limit.

Amonné ionty

Nadlimitní koncentrace amonných iontů (limit je stanoven v úrovni 7,2 mg/l) byla zjištěna v 29 ks vzorků ze 62 ks analyzovaných. Nadlimitní koncentrace se pohybovaly v úrovni 7,56 mg/l (DF-23) až 28,5 mg/l (SM-10).

Benzen

Limitní hodnota pro benzen 30 µg/l byla překročena v 16 ks ze 62 ks analyzovaných. Nadlimitní koncentrace se pohybovaly v úrovni od 57,8 µg/l (DF-21) do 1 310 µg/l (SM-70).

Toluen

Limitní hodnota pro toluen (1 800 µg/l) byla překročena v 18 ks z 62 ks provedených vzorků podzemní vody. Nadlimitní koncentrace byly měřeny v úrovni od 1 980 µg/l (SM-70) do 111 000 µg/l (SMŠ-67).

TCE

Limitní hodnota pro TCE (500 µg/l) byla překročena ve vzorcích SM-63, SM-74 a SM-8, ve kterém byla analyzována koncentrace 21 900 µg/l.

1,2-cis-DCE

Limitní hodnota pro 1,2 cis-DCE (3 000 µg/l) byla překročena ve vzorcích DF-6, DF-20, DF-35, SM-59, SM-74 a SM-8. Byly měřeny koncentrace v úrovni od 5 130 µg/l (DF-20) do 78 800 µg/l (SM-74).

Vinylchlorid

Limitní hodnota pro vinylchlorid (600 µg/l) byla překročena ve vzorcích DF-6, DF-35, P-34, SM-59, SM-74 a SM-8. Byly měřeny koncentrace v úrovni od 617 µg/l (P-34) do 13 200 µg/l (SM-74).

Chlorbenzen

Limitní hodnota pro chlorbenzen (170 µg/l) byla překročena v 27 z 62 provedených vzorků podzemní vody. Nadlimitní koncentrace byly měřeny v úrovni od 186 µg/l (DF-40) do 65 000 µg/l (DF-30).

Methanol

Pro methanol není stanoven cílový sanační limit, výsledky analýz odebraných vzorků se pohybovaly v rámci 2. monitorovacího kola v rozmezí <100 µg/l.

Aceton

Pro aceton není stanoven cílový sanační limit, koncentrace se pohybovaly v rozmezí <100 µg/l do 1 690 µg/l.

Izopropanol

Pro izopropanol není stanoven cílový sanační limit, koncentrace se pohybovaly v rozmezí <100 µg/l s výjimkou vrtu DF-6, kde byla analyzována koncentrace 7 610 µg/l.

Psychofarmaka a produkty oxidace

Analýzy psychofarmak byly provedeny ve vrtech: DF-18, DF-20, DF-27, DF-28, DF-29, DF-30 a DF-31 a sestávaly z analýz v ukazatelích: chlorprothixen báze, thiepinon, citronan butamirátu, karbinol melitracenu, karbinol prothiadenu, 2-chlorthioxan-thon, prothiaden hydrochlorid, karbinol isokumaronu, suma amitriptylin hydrochlorid a karbinol amitriptylinu hydrochlorid.

Výsledky jsou uvedeny v příloze č. 25.2 a jsou hodnoceny v kapitole 3: Hodnocení rizika.

U dalších sledovaných kontaminantů – etylbenzenu, xylenu, PCE nebyly v rámci 2. monitorovacího cyklu zjištěny koncentrace v nadlimitních hodnotách.

Do textu je dále zařazena tabulka výsledků analýz vzorků 1. a 2. monitorovacího cyklu. Z tabulky vyplývá, že výsledky 2. monitorovacího cyklu potvrdily výsledky 1. cyklu.

Opakované výsledky analýz CIU ve vrtech DF-6 a SM-8 potvrdily koncentrace CIU vysoko nad sanačním limitem, jedná s největší pravděpodobností o nové ohnisko kontaminace, dříve neidentifikovatelné.

Přílohy č. 21.1 až 21.8 přinášejí izolinie koncentrací jednotlivých kontaminantů vykreslené pro porovnání z údajů v roce 2004, říjnu 2011 a z aktuálních dat (červenec 2015). Tyto přílohy a rozsah kontaminace je dále komentovaný v kapitole 2.2.3 a aktualizuje text původní AAR.

Koncentrace TCE ve vrtech DF-34 a DF-35, DCE ve vrtu DF-35 mají pravděpodobně souvislost s existencí podzemní jímky u objektu č. 31d.

Koncentrace cis 1,2 DCE a vinylchloridu ve vrtu DF-6 a koncentrace TCE, PCE, cis 1,2-DCE a vinylchloridu ve vrtu SM-8 vytvářejí při vykreslení izolinií ohnisko kontaminace CIU, dosud neidentifikované. Z výsledků není zřejmé, zda kontaminace CIU je v tomto prostoru spojitá, ale tato úvaha je velmi pravděpodobná.

Předpokládáme, že zjištěné koncentrace toluenu v severovýchodní části areálu souvisí s existencí podzemní jímky u objektu č. 46 a vytváří zde nové ohnisko o ploše cca 5 275 m².

Zdrojem kontaminace benzenu v jižní části areálu je pravděpodobně bývalá chemická kanalizace. Toto tvrzení dokladují koncentrace zjištěné nejen zjištěné ve vzorku zeminy (závrty ZF-40), ale i koncentrace ve vrtech DF-31 (maximální hodnota 2 560 µg/l), DF-34 a DF-35.

Z výsledků analýz vzorků podzemní vody v ukazateli chlorbenzen v nově vybudovaných vrtech DF- 21, DF- 24, DF-25, DF-27, DF-31, DF-34 a DF-35 lze usuzovat, že zdrojem kontaminace může být bývalá chemická kanalizace v jižní části areálu. V příloze č. 35 je znázornění znečištění podzemní vody jednotlivých polutantů v souvislosti s bází kvartérního kolektoru. Ve vrtu DF-6 jsou chlorované uhlovodíky detekované na bázi kvartérního kolektoru.

Tabulka 13: Výsledky analýz vzorků podzemní vody v rámci 1. a 2. monitorovacího cyklu DAAR a opakovaných analýz SM-8, SMS-8 a DF-6

Označení vzorku	Číslo vzorku	Datum odběru	Amonné ionty	Benzen	Toluen	TCE	PCE	1,2-cis-DCE	Vinylchlorid	Chlorbenzen	Methanol	Aceton	Izopropanol	Kresoly suma
Jednotka			mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
DF - 1	9683	18.5.2015	0,1	0,0	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3
DF - 1	12670	25.6.2015	0,2	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8				
DF - 2	9681	18.5.2015	0,5	1,2	10 800,0	1,2	1,4	1,2	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	24,1
DF - 2	12671	25.6.2015	0,2	5,0	41 600,0	3,7	7,2	5,5	0,0	75,5				
DF - 3	9682	18.5.2015		7,2	45 500,0	4,1	3,4	4,2	0,0	42,6	0,0	0,0	799,0	
DF - 3	13168	30.6.2015	0,3	6,2	53 300,0	3,2	5,0	5,7	0,0	61,8				26,3
DF - 4	9680	18.5.2015	1,2	4,8	91,1	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DF - 4	12679	25.6.2015	13,7	4,7	2 500,0	1,2	0,0	0,9	0,0	26,4				1,2
DF - 5	9679	18.5.2015	3,7	13,0	13 700,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,2	0,0	0,0	0,0	19,7
DF - 5	13154	30.6.2015	3,2	18,5	21 300,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,4				
DF - 6	9689	18.5.2015	3,5	226,0	1 790,0	143,0	60,0	17 300,0	2 510,0	140,0	0,0	1 690,0	2 770,0	0,4
DF - 6	13169	30.6.2015	7,8	451,0	1 460,0	80,3	45,7	38 100,0	8 760,0	192,0	0,0	3 690,0	7 610,0	
DF - 6	19656	21.9.2015	9,79	724	1 670,0	556,0	83,0	77 600,0	6 600,0	221,0	185,0	<100	<100	
DF - 9	9690	18.5.2015	3,8	1,1	12,2	2,2	0,0	21,3	7,1	48,3	0,0	0,0	0,0	0,0
DF - 9	13155	30.6.2015	4,0	11,0	41,3	36,6	1,3	326,0	220,0	133,0				
DF - 10	9687	18.5.2015	5,4	9,1	3 900,0	17,0	0,8	34,8	9,7	50,4	0,0	0,0	0,0	3,4
DF - 10	13156	30.6.2015	5,1	14,9	12 700,0	5,1	0,0	71,0	75,2	94,3				
DF - 11	9688	18.5.2015	5,2	6,6	42 800,0	20,2	2,0	34,5	43,1	65,7	0,0	0,0	0,0	12,3
DF - 11	13157	30.6.2015	3,2	17,2	90 700,0	24,9	5,0	411,0	397,0	99,7				
DF - 12	9685	18.5.2015	6,4	16,2	15,2	7,7	0,9	7,0	6,5	78,2	0,0	0,0	0,0	0,0
DF - 12	13158	30.6.2015	7,7	20,4	95,3	2,9	0,0	15,8	21,8	98,3				
DF - 13	9686	18.5.2015	4,9	2,2	12 100,0	1,1	0,8	51,1	13,4	28,0	0,0	0,0	0,0	2,4
DF - 13	13159	30.6.2015	3,0	1,1	13 700,0	0,8	0,0	3,0	0,0	34,4				
DF - 15	9684	18.5.2015	8,8	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	71,3	0,0	0,0	0,0	0,0
DF - 15	13160	30.6.2015	8,1	1,0	46,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,2				
DF - 16	9692	18.5.2015	9,6	46,4	204,0	6,7	0,5	190,0	87,4	983,0	0,0	0,0	3 840,0	0,0
DF - 16	13170	30.6.2015	9,4	57,8	437,0	0,4	0,0	423,0	345,0	644,0	0,0	0,0	4 500,0	
DF - 18	9675	18.5.2015	18,2	13,1	22 200,0	51,7	0,0	3 370,0	280,0	144,0	592,0	0,0	4 320,0	9,9
			7,2	30	1 800,0	500,0	200,0	3 000,0	600,0	170,0				1 600,0

Doplňěk aktualizace analýzy rizik ve společnosti FARMAK, a.s.

Označení vzorku	Číslo vzorku	Datum odběru	Amonné ionty	Benzen	Toluen	TCE	PCE	1,2-cis-DCE	Vinylchlorid	Chlorbenzen	Methanol	Aceton	Izopropanol	Kresoly suma
Jednotka			mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
DF - 18	13184	30.6.2015	25,3	7,0	3 940,0	1,2	1,2	289,0	17,9	95,0	0,0	0,0	12 900,0	
DF - 19	9691	18.5.2015		164,0	368,0	1,4	0,0	0,7	0,9	8 920,0	0,0	0,0	2 970,0	
DF - 19	13171	30.6.2015	12,5	76,8	45,4	0,4	0,0	4,0	0,0	4 285,0				
DF - 20	9666	18.5.2015	9,4	65,6	568,0	71,1	0,0	3 680,0	221,0	944,0	370,0	0,0	5 270,0	0,6
DF - 20	12655	25.6.2015	9,0	118,0	671,0	31,8	0,0	5 130,0	473,0	4 610,0	0,0	0,0	3 090,0	0,2
DF - 21	9665	18.5.2015	5,7	35,4	2 690,0	6,1	1,8	4,4	0,0	675,0	390,0	0,0	7 320,0	7,4
DF - 21	13185	30.6.2015	8,7	138,0	422,0	4,8	2,1	19,7	0,0	10 260,0				0,1
DF - 23	9662	18.5.2015	7,6	20,2	4 620,0	67,2	11,5	203,0	26,7	1 360,0	526,0	0,0	5 550,0	8,6
DF - 23	12665	25.6.2015	6,7	67,7	13 300,0	95,1	22,1	1 450,0	428,0	5 860,0				
DF - 24	9661	18.5.2015	2,3	25,2	124,0	0,6	0,0	3,6	3,7	288,0	1 320,0	0,0	2 150,0	0,0
DF - 24	12660	25.6.2015	3,4	66,9	187,0	0,0	0,0	3,1	6,1	1 400,0	0,0	0,0	4 100,0	
DF - 25	9664	18.5.2015	12,2	29,2	494,0	4,1	0,6	92,9	9,2	1 370,0	220,0	0,0	1 420,0	9,0
DF - 25	12666	25.6.2015	14,9	74,3	1 290,0	1,7	0,0	156,0	25,8	3 115,0				
DF - 27	9667	18.5.2015	4,8	27,0	6 200,0	296,0	3,9	19,3	0,0	570,0	204,0	0,0	11 000,0	16,1
DF - 27	13186	30.6.2015	5,1	56,8	5 260,0	17,0	2,6	275,0	0,0	1 086,0	0,0	0,0	3 670,0	4,2
DF - 28	9663	18.5.2015	12,8	35,2	151,0	1,1	0,0	150,0	131,0	1 670,0	410,0	0,0	1 080,0	0,0
DF - 28	12661	25.6.2015	14,0	27,7	1 530,0	0,8	0,0	41,0	51,2	2 194,0				0,4
DF - 29	9669	18.5.2015	10,3	24,7	7 430,0	0,0	0,0	1,6	0,7	3 230,0	0,0	0,0	1 240,0	27,7
DF - 29	12680	25.6.2015	9,9	26,2	6 920,0	1,2	4,1	5,4	0,0	3 420,0				12,6
DF - 30	9668	18.5.2015	10,3	237,0	18 900,0	27,0	0,6	8,4	1,6	96 000,0	344,0	1 490,0	2 190,0	5,7
DF - 30	12682	25.6.2015	15,0	374,0	10 600,0	10,4	0,0	3,8	0,0	65 000,0	0,0	0,0	0,0	
DF - 31	9670	18.5.2015	4,9	2 560,0	155,0	0,0	0,0	17,1	72,2	52,4	0,0	0,0	350,0	0,5
DF - 31	12662	25.6.2015	4,0	1 250,0	10,4	0,0	0,0	55,1	514,0	227,0				0,0
DF - 33	9673	18.5.2015	3,7	1,1	11,9	3,2	0,0	237,0	146,0	23,9	0,0	0,0	0,0	0,7
DF - 33	12667	25.6.2015	3,2	3,8	216,0	2,0	0,0	769,0	462,0	81,5				
DF - 34	9671	18.5.2015	4,6	63,1	1 190,0	790,0	0,0	1 350,0	480,0	65,4	227,0	0,0	192,0	2,2
DF - 34	12663	25.6.2015	4,7	13,5	369,0	7,0	0,0	1 330,0	810,0	88,1				0,2
DF - 35	9672	18.5.2015	10,1	680,0	8 680,0	2 500,0	2,8	5 300,0	428,0	445,0	542,0	0,0	173,0	9,2
Cílový sanační limit			7,2	30	1 800,0	500,0	200,0	3 000,0	600,0	170,0				1 600,0

Doplněk aktualizace analýzy rizik ve společnosti FARMAK, a.s.

Označení vzorku	Číslo vzorku	Datum odběru	Amonné ionty	Benzen	Toluen	TCE	PCE	1,2-cis-DCE	Vinylchlorid	Chlorbenzen	Methanol	Aceton	Izopropanol	Kresoly suma
Jednotka			mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
DF - 35	12656	25.6.2015	8,6	431,0	5 730,0	262,0	1,1	7 710,0	1 290,0	145,0	0,0	0,0	0,0	5,2
DF - 36	9674	18.5.2015	1,2	0,0	38,1	0,5	0,0	14,7	6,7	7,1	620,0	0,0	0,0	2,0
DF - 36	12668	25.6.2015	1,6	1,6	70,5	3,2	0,0	34,4	10,4	16,4				
DF - 37	9677	18.5.2015	2,1	9,2	6,4	3,2	0,0	331,0	126,0	13,9	0,0	0,0	362,0	0,0
DF - 37	12664	25.6.2015	1,9	11,2	18,1	4,5	0,0	325,0	200,0	13,7				0,2
DF - 38	9678	18.5.2015	0,9	0,9	4,2	0,5	0,0	59,0	22,7	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
DF - 38	12669	25.6.2015	1,0	0,0	1,8	0,0	0,0	12,3	6,5	3,3				
DF - 40	9676	18.5.2015	10,3	2,1	11,8	1,8	0,0	4,5	0,0	152,0	0,0	0,0	273,0	0,0
DF - 40	13187	30.6.2015	13,0	4,2	6,1	0,5	3,3	2,7	0,0	186,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DF - 41	12657	25.6.2015	16,5	5,1	5,0	6,4	0,0	19,9	8,4	312,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DF - 42	12681	25.6.2015	5,8	10,8	681,0	1,9	0,0	1,9	0,0	15 670,0	0,0	0,0	0,0	
DF - 43	12683	25.6.2015	5,8	6,2	21,4	0,9	0,0	498,0	59,2	177,0	0,0	0,0	193,0	0,0
DF - 44	12658	25.6.2015	2,0	7,7	290,0	4,4	0,0	2 360,0	413,0	61,1	0,0	0,0	0,0	2,3
DF - 45	12659	25.6.2015	4,0	1,0	1,4	4,1	0,0	52,7	19,9	45,3	0,0	0,0	134,0	0,0
P - 33	13161	30.6.2015	18,9	1,9	69,9	3,2	3,9	0,0	0,0	36,8				
P - 34	13162	30.6.2015	3,7	5,7	227,0	0,7	0,0	441,0	617,0	82,5				
P - 36	13163	30.6.2015	1,7	0,0	59,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2				
P - 37	13164	30.6.2015	7,4	0,0	51,7	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5				
P - 50	13165	30.6.2015	6,8	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8				
SM - 1	13166	30.6.2015	19,3	0,0	2,3	0,0	5,6	1,0	0,0	3,1				
SM - 10	12675	25.6.2015	28,5	22,5	290,0	5,4	0,0	5,2	0,0	2 250,0				
SM - 16	12674	25.6.2015	7,2	0,0	11,2	12,0	0,0	10,5	0,0	5,0				
SM - 17	13167	30.6.2015	16,9	2,4	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6				
SM - 56	13180	30.6.2015	1,0	2,4	50,2	0,6	9,1	1,1	0,0	22,3				
SM - 59	13181	30.6.2015	7,4	93,1	252,0	1,4	5,7	10 700,0	13 200,0	819,0				
SM - 61	13172	30.6.2015	7,0	2,6	14,4	54,2	0,0	282,0	439,0	36,3				
SM - 62	13173	30.6.2015	1,0	1,2	34,2	67,2	4,4	300,0	11,3	114,0				
SM - 63	13174	30.6.2015	10,0	20,9	293,0	1 200,0	14,5	1 200,0	302,0	331,0				
SM - 70	12676	25.6.2015	7,9	1 310,0	1 980,0	2,8	0,0	45,4	78,1	5 250,0				
Cílový sanační limit			7,2	30	1 800,0	500,0	200,0	3 000,0	600,0	170,0				1 600,0

Doplněk aktualizace analýzy rizik ve společnosti FARMAK, a.s.

Označení vzorku	Číslo vzorku	Datum odběru	Amonné ionty	Benzen	Toluen	TCE	PCE	1,2-cis-DCE	Vinylchlorid	Chlorbenzen	Methanol	Aceton	Izopropanol	Kresoly suma
Jednotka			mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
SM - 73	12677	25.6.2015	8,4	0,0	1,3	1,7	2,3	1,6	0,0	3,7				
SM - 74	13182	30.6.2015	17,1	20,9	62 600,0	9 570,0	5,9	78 800,0	2 530,0	2 470,0				
SM - 75	13175	30.6.2015	8,7	4,3	2,9	4,2	3,9	2,0	0,0	118,0				
SM - 8	12673	25.6.2015	26,7	18,7	38,2	21 900,0	1 670,0	24 900,0	9 740,0	210,0				
SM - 8	19654	21.9.2015	27,4	11,9	7,1	20 000,0	854,0	18 500,0	3 410,0	116,0				
SMS - 8	12678	25.6.2015	7,0	9,3	18,0	1,5	0,0	2,9	0,0	830,0				
SMS - 8	19655	21.9.2015	6,44	6,9	2,1	12,0	0,91	40,4	5,6	655,0				
SMŠ - 1	13176	30.6.2015	6,9	1,5	0,0	0,6	0,0	13,4	4,0	0,0				
SMŠ - 2	13177	30.6.2015	6,8	17,0	12,1	0,0	1,5	18,0	42,3	1 416,0				
SMŠ - 3	13178	30.6.2015	4,3	28,5	9,8	2,9	3,5	883,0	422,0	288,0				
SMŠ - 67	13179	30.6.2015	10,4	99,8	111 000,0	28,8	0,0	365,0	69,3	36 400,0				
SMŠ - 69	13183	30.6.2015	11,1	158,0	17 900,0	9,1	1,7	44,5	22,9	15 930,0				
AT - 104	12672	25.6.2015	0,2	1,3	31 900,0	0,0	1,4	2,8	0,0	18,1				
Cílový sanační limit			7,2	30	1 800,0	500,0	200,0	3 000,0	600,0	170,0				1 600,0

- nejvyšší hodnota

2.2.2.4 Hydrologická měření

V průběhu vzorkování byla prováděna pravidelná hydrologická měření, která zahrnovala měření hladiny podzemní vody ve všech dostupných vrtech (mimo šikmých) na lokalitě, tedy i v okolí – za účelem konstrukce map hydroizohyps. Měření byla provedena ve dvou kolech, dne 18.5.2015 a ve dnech 25.6.2015 a 30.6.2015. Mapy hydroizohyps jsou součástí přílohy č. 22.

Tabulka 14: Tabelární přehled hladin podzemní vody ve vybudovaných vrtech

vrt - označení	S-JTSK		Bpv	HPV 18.5.2015 (m p.ú.t.)	Z HPV 18.5.2015 (m n. m.)	HPV 30.6.2015 (m p.ú.t.)	Z HPV 30.6.2015 (m n. m.)
	Y (m)	X (m)	Z (m)				
DF-1	545861.43	1119529.60	213.79	3.05	210.74	3.06	207.68
DF-2	545842.11	1119542.52	213.65	2.85	210.8	2.86	207.94
DF-3	545829.64	1119560.16	213.62	2.9	210.72	3.02	207.7
DF-4	545875.80	1119552.19	213.81	3.07	210.74	2.92	207.82
DF-5	545874.52	1119583.18	213.99	3.25	210.74	3.4	207.34
DF-6	546037.83	1119703.22	214.52	3.89	210.63	4.03	206.6
DF-9	546025.64	1119713.51	214.53	3.9	210.63	4.04	206.59
DF-10	546076.43	1119729.37	214.46	3.85	210.61	3.97	206.64
DF-11	546035.19	1119719.81	214.53	3.9	210.63	4.04	206.59
DF-12	546097.09	1119744.22	214.36	3.78	210.58	3.97	206.61
DF-13	546108.71	1119751.75	214.55	3.99	210.56	4.14	206.42
DF-15	546105.70	1119762.15	214.77	4.2	210.57	4.36	206.21
DF-16	545995.72	1119811.01	214.73	4.09	210.64	4.25	206.39
DF-18	545845.33	1119769.61	213.29	2.52	210.77	2.68	208.09
DF-19	545991.37	1119825.25	214.67	4.03	210.64	4.21	206.43
DF-20	545937.82	1119849.40	214.25	3.62	210.63	3.7	206.93
DF-21	545924.98	1119855.30	214.35	3.7	210.65	3.72	206.93
DF-23	545952.53	1119862.61	214.50	3.86	210.64	4.03	206.61
DF-24	545943.08	1119865.68	214.41	3.79	210.62	3.93	206.69
DF-25	546032.34	1119890.51	214.28	3.75	210.53	3.92	206.61
DF-27	545911.49	1119852.60	214.51	3.84	210.67	4.02	206.65
DF-28	545992.92	1119885.76	214.39	3.82	210.57	4	206.57
DF-29	545906.75	1119812.01	214.30	3.62	210.68	3.78	206.9
DF-30	545913.77	1119831.18	214.41	3.75	210.66	3.9	206.76
DF-31	545879.99	1119852.36	214.04	3.33	210.71	3.51	207.2
DF-33	545838.85	1119835.00	213.60	2.82	210.78	2.98	207.8
DF-34	545831.49	1119844.30	213.38	2.6	210.78	2.77	208.01
DF-35	545822.78	1119843.41	213.30	2.51	210.79	2.68	208.11
DF-36	545825.61	1119830.35	213.26	2.48	210.78	2.65	208.13
DF-37	545826.96	1119818.31	213.34	2.56	210.78	2.73	208.05
DF-38	545827.72	1119813.53	213.31	2.55	210.76	2.68	208.08
DF-40	545879.79	1119785.72	213.42	2.67	210.75	2.85	207.9

2.2.2.5 *Ověření stavu chemické kanalizace*

Práce za účelem ověření stavu chemické kanalizace byly realizovány ve dnech 7.7.2015 až 14.7.2015.

Pro ověření vlastního stavu chemické kanalizace bylo využito výsledků analýz vzorků zemin z nevystrojených sond realizovaných podél trasy kanalizace, viz přílohy č. 13 a 23. Po vyhodnocení výsledků analýz vzorků zemin z nevystrojených sond byla navržena a nabyvatelem schválena 2 místa, kde bylo cílem prozkoumat kanalizaci. Tyto dílčí lokality jsou uvedeny v příloze č. 27. Lokalita č.1 byla vytipována u budovy č. 20 (v příloze č. 7 označena Š11) nejen z důvodu výskytu nadlimitní koncentrace chlorbenzenu v sondě DF-23, místo vyhovovalo také z důvodu umístění podzemních inženýrských sítí, v tomto prostoru je omezená doprava v areálu a dle mapových podkladů se zde sbíhají 3 kanalizační větve.

Lokalita č. 2 byla vytipovaná v prostoru kanalizace u objektu č. 31c, viz příloha č. 27. Zde byla nabyvatelem předána šachta k odběru vzorků sedimentů a k ověření, zda se jedná o chemickou kanalizaci.

Lokalita 1

Na místě, označeného jako lokalita č. 1 (viz příloha č. 27) byl rozebrán zpevněný povrch z kamenné dlažby tak, aby byly nalezeny konstrukce bývalé šachty Š11. Poté byla hloubena strojně a ručně sonda a demolovány konstrukce šachty. Provedenými pracemi bylo ověřeno zaslepení šachet chemické kanalizace dle předaného typového výkresu. Dno šachty bylo zabetonováno do výšky 1,5m nad dno. Šachta byla nad betonovou zátkou zasypána štěrkem a v úrovni terénu zadlážděna žulovými kostkami. Sonda byla zapažena. V úrovni 3,0m pod terénem byly odkryty 3 větve bývalé chemické kanalizace. Vizuálně bylo zjištěno, že všechny tři větve kanalizace jsou zaplněny sedimenty. Z každé větve byl odebrán vzorek sedimentu. Z větve vedoucí k točně a šachtě Š10 (kamenina DN 300) – označena pracovní trasa 1 byl odebrán vzorek sedimentu KF-1, z větve vedoucí pod základy budovy č. 20 a směrem k šachtě Š12 (kamenina DN 300) vzorek KF-2 (označena pracovní trasa 2) a z třetí větve vedoucí k šachtě Š 27 označené řad III (DN 200) vzorek KF-3 (trasa 3). Vzorky byly odebírány dle metodiky a předány s předávacím protokolem a se záznamem o odběru vzorků do laboratoře. Rozsah stanovení byl totožný jako projektovaný rozsah analýz vzorků zemin, tedy analýzy v ukazatelích: benzen, chlorbenzen, toluen, cis-1,2DCE, TCE, PCE, VC, NEL, krezoly, metanol, izopropanol, aceton a amonné ionty ve výluhu.

Zjištěný stav neumožnil provedení kamerové prohlídky kanalizace, a proto bylo nutné kanalizaci vyčistit. Odstranění sedimentů v potrubí bylo provedeno tlakovou vodou čistícím vozem. Dimenze potrubí řady III (DN 200) neumožnila provedení kamerové zkoušky, tento úsek nebyl čištěn.

Po čištění vzniklý kal byl vzorkován. Byly provedeny odběry vzorků KF-1a, KF-2a, KF-2b. Odběrová místa jsou vyznačena v příloze č. 27.

Kamerová prohlídka byla provedena po vyčištění kanalizace dne 9.7.2015 společností Moravská vodárenská, a.s. Prohlídka mohla být provedena pouze v trasách 1 a 2 z důvodu velikosti potrubí. Jak vyplývá z úsekového protokolu, trasa 1 kanalizace je v havarijním stavu, v kanalizaci se vyskytují trhliny, netěsnosti, v délce 19,10 byla vidět v trhlíně dokonce okolní zemina, dále přes trhlínu nemohla kamera pokračovat a ve vzdálenosti 20,2 m musela být kamerová zkouška ukončena. Trasa 2 byla prohlédnuta kamerou v délce 13,3 m, rovněž trasa 2 kanalizace je v havarijním stavu. V trase se vyskytují netěsnosti, trhliny a střepy.

Záznam z kamerové prohlídky je uveden v příloze č. 28 a fotodokumentace v příloze č. 29.

Po provedení kamerové prohlídky tras kanalizace byl proveden zpětný hutněný zásyp sondy a povrch byl uveden do původního stavu.

Výsledky analýz vzorků sedimentů a odpadní vody

Výsledky analýz odebraných vzorků sedimentů a odpadní vody jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka č. 15: Výsledky laboratorních analýz vzorků sedimentů v lokalitě 1

Vzorek	Datum odběru	Sušina	amonné ionty	TCE	PCE	1,2-cis-DCE	1,2-trans-DCE	vinylchlorid	benzen
Jednotka			mg/l	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
KF - 1	7.7.2015	68,14	0,629	181	18,81	14,19	<0,06	<0,05	<0,005
KF - 2	7.7.2015	53,84	<0,1	56,48	17,74	3,94	<0,06	<0,05	<0,005
KF - 3	7.7.2015	78,04	<0,1	0,135	<0,006	<0,03	<0,06	<0,05	<0,005
KF - 2a	9.7.2015	39,84	1,18	547	47,4	313	<0,06	12,77	12,24

Vzorek	Datum odběru	Sušina	toluen	chlorbenzen	methanol	isopropanol	aceton	NEL v sušině	kresoly
Jednotka			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
KF - 1	7.7.2015	68,14	1 070	9,37	<1	<1	395	968	2 580
KF - 2	7.7.2015	53,84	51,9	0,876	<1	<1	<1	852	534
KF - 3	7.7.2015	78,04	0,387	<0,005	<1	<1	<1	243	<0,5
KF - 2a	9.7.2015	39,84	5 500	627	69	3,2	1 264	940	1 430

Analýzami vzorků byla zjištěna masivní kontaminace sedimentů, obsažených v kanalizaci. Ve vzorcích odebraných v trase 1 byly analyzovány koncentrace 1 070 mg/nu, 181 mg/kg TCE, 18,81 mg/kg PCE, 9,37 mg/kg chlorbenzenu a 2 580 mg/kg kresolů. Vzorky z trasy 2 byly kontaminovány rovněž toluenem (5 500 mg/kg), dále byla zjištěna koncentrace 547 mg/kg TCE, 47,4 mg/kg PCE, 313 mg/kg 1,2-cis-DCE a 627 mg/kg chlorbenzenu. Trasa 3 kontaminovaná nebyla.

Vzorky po čištění kanalizace KF-1a a KF-2b byly v tekutém stavu a byly tedy do laboratoře přijaty jako odpadní voda. Výsledky sumarizuje následující tabulka.

Tabulka č. 16: Výsledky laboratorních analýz vzorků odpadní vody v lokalitě 1

Vzorek	Datum odběru	amonné ionty	benzen	toluen	TCE	PCE	1,2-cis-DCE	1,2-trans-DCE	1,1-DCE	vinylchlorid
Jednotka		mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
KF - 1a	9.7.2015	8,17	154	172 000	7 630	377	9 480	6,5	10,1	129
KF - 2b	9.7.2015	3,53	684	503 000	15 200	650	18 600	20	37,9	468

Vzorek	Datum odběru	chlorbenzen	methanol	aceton	2-propanol	2-methylfenol	3-methylfenol	4-methylfenol	kresoly suma
Jednotka		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
KF - 1a	9.7.2015	3 060	510	<100	<100	124	50	117	291
KF - 2b	9.7.2015	9 930	<100	<100	<100	127	42	83	252

Jak vyplývá z tabulek č. 15 a 16, trasa 1 i trasa 2 je kontaminována masivně toluenem (503 mg/l), chlorovanými uhlovodíky (max. koncentrace cis 1,2-DCE 18,6 mg/l) a chlorbenzenem (9,93 mg/l).

Na základě prací provedených za účelem ověření stavu chemické kanalizace je možné konstatovat, že kanalizace ve zkoumaném prostoru může být zásadním zdroje kontaminace podzemních vod. Tato skutečnost by měla být ověřena na dalších místech areálu podniku tak, aby bylo možné navrhnout v optimální míře nápravná opatření.

Lokalita 2

Lokalita č. 2 byla vytipovaná v prostoru kanalizace u objektu č. 31c, viz příloha č. 27. Tato šachta byla dostupná, nezasypaná. Již z porovnání průměrů obou kanalizací a hloubky uložení bylo zřejmé, že se nejedná o bývalou chemickou kanalizaci. Rovněž vzorek sedimentu neprokázal kontaminaci ve sledovaných ukazatelích, viz následující tabulka.

Tabulka č.17: Výsledky laboratorních analýz vzorků sedimentů v lokalitě 2

Vzorek	Datum odběru	Sušina	amonné ionty	TCE	PCE	1,2-cis-DCE	1,2-trans-DCE	vinylchlorid	benzen
Jednotka			mg/l	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
KF - 4	8.7.2015	51,44	<0,1	1,06	<0,006	0,078	<0,06	<0,05	0,091

Vzorek	Datum odběru	Sušina	toluen	chlorbenzen	methanol	isopropanol	aceton	NEL v sušině	kresoly
Jednotka			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
KF - 4	8.7.2015	51,44	1,45	0,946	<1	<1	2	477	153

2.2.2.6 Geodetické zaměření

Geodetické zaměření bylo provedeno firmou Geodezie Jehlička, s.r.o. Pardubice dne 3.6.2015. Polohově bylo měření připojeno do S-JTSK technologií GPS (RTK metoda) a výškově do BPV technologií GPS (RTK metoda). Podrobné měření bylo provedeno metodou elektronické tachymetrie a technologií GPS (RTK metoda) s použitím přístrojů Totální stanice LEICA TS15 P3+ R400 v.č. 1665766, GPS Leica CS09 v.č. 323492.

Protokol o zaměření č. 1/53/2015 je uveden v příloze č. 26.

2.2.2.6 Orientační bilance znečištění

Jak vyplývá z kapitoly 2.2.2 AAR [32], je bilance znečištění v daném horninovém prostředí velmi problematická, především z důvodu výskytu volné fáze polutantů na hladině podzemní vody.

Odhad aktuálního množství polutantů rozpuštěných v podzemní vodě lze provést pomocí vztahu:

$$M = P \times n_e \times h \times c$$

kde:

- M – aktuální (zbytkové) rozpuštěného množství polutantu na lokalitě (kg),
- P – plocha s výskytem kontaminantu
- h – mocnost zvodnělé vrstvy (4,0 m),
- n_e – efektivní pórovitost (odborný odhad 20 %),
- c – průměrná koncentrace kontaminantu v podzemní vodě

Množství kontaminantu sorbovaného na organický uhlík v kolektoru M_{sorb} bylo počítáno dle vztahu:

$$M_{\text{sorb}} = (c \cdot K_d) \cdot V \cdot p$$

kde:

- M_{sorb} – aktuální (zbytkové) sorbovaného množství polutantu na lokalitě (kg),
- V – objem znečištěné saturované zóny kolektoru - plocha s výskytem kontaminantu násobená mocností zvodnělé vrstvy (4,0 m),
- p – hustota $2,0 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$,
- c – průměrná koncentrace kontaminantu v podzemní vodě
- K_d - lineární distribuční koeficient ($\text{l} \cdot \text{kg}^{-1}$) se spočítá ze vztahu:

$$K_d = K_{oc} \cdot f_{oc}$$

kde:

- K_{oc} - distribuční koeficient organický uhlík-voda dle AAR [32] a <http://www.epa.gov/ncea/iris/>
- f_{oc} - váhová frakce organické hmoty v kolektoru dle AAR [32] uvažováno 0,13 %

Do výpočtu byly zahrnuty data z vykreslených izolinií koncentrací jednotlivých kontaminantů v podzemní vodě, viz přílohy 21. Mocnost zvodnělé vrstvy a efektivní pórovitost byly převzaty z výpočtů bilancí uvedených v AAR [32]. Celkové odhadované množství polutantů v podzemní vodě bylo stanoveno sumou rozpuštěného a sorbovaného množství.

Pro jednotlivé kontaminanty byla orientačně vyčíslena zbytková bilance na lokalitě, viz následující tabulky č. 18 až 24. Do výpočtu byly zahrnuty koncentrace přesahující sanační limit, jedná se tedy o bilanci znečištění nad stávajícím sanačním limitem.

Tabulka č. 18: Výpočet zbytkové kontaminace pro chlorbenzen

plocha kontaminace m ²	koncentrace (mg/l)			množství rozpuštěné (kg)	množství sorbované (kg)	množství celkem (kg)
	interval od	interval do	průměrná			
46986	170	1000	585	22,0	66,9	88,9
20611	1000	5000	3000	49,5	150,5	199,9
4505	5000	10000	7500	27,0	82,2	109,3
940	10000	50000	30000	22,6	68,6	91,2
93	>	50000	50000	3,7	11,3	15,0
Celkem				124,8	379,5	504,3

Kd = 0,3042 l.kg⁻¹

Tabulka č. 19: Výpočet zbytkové kontaminace pro benzen

plocha kontaminace m ²	koncentrace (mg/l)			množství rozpuštěné (kg)	množství sorbované (kg)	množství celkem (kg)
	interval od	interval do	průměrná			
46670	30	100	65	2,4	4,6	7,0
11692	100	200	150	1,4	2,7	4,1
673	200	500	350	0,2	0,4	0,5
522	500	1000	750	0,3	0,6	0,9
101	>	1000	1000	0,1	0,2	0,2
Celkem				4,4	8,4	12,8

Kd = 0,1898 l.kg⁻¹

Tabulka č. 20: Výpočet zbytkové kontaminace pro toluen

plocha kontaminace m ²	koncentrace (mg/l)			množství rozpuštěné (kg)	množství sorbované (kg)	množství celkem (kg)
	interval od	interval do	průměrná			
9961	1800	5000	3400	27,1	82,4	109,5
2108	5000	10000	7500	12,6	38,5	51,1
1915	10000	20000	15000	23,0	69,9	92,9
2460	20000	50000	35000	68,9	209,5	278,4
233	50000	100000	75000	14,0	42,5	56,5
19	>	100000	100000	1,5	4,6	6,1
Celkem				147,1	447,5	594,6

Kd = 0,3042 l.kg⁻¹

Tabulka č. 21: Výpočet zbytkové kontaminace pro PCE

plocha kontaminace m ²	koncentrace (mg/l)			množství rozpuštěné (kg)	množství sorbované (kg)	množství celkem (kg)
	interval od	interval do	průměrná			
943	200	500	350	0,3	0,3	0,6
276	500	1000	750	0,2	0,2	0,4
507	1000	1500	1250	0,5	0,6	1,1
142	>	1500	1500	0,2	0,2	0,4
Celkem				1,1	1,4	2,5

Kd = 0,1234 l.kg⁻¹

Tabulka č. 22: Výpočet zbytkové kontaminace pro TCE

plocha kontaminace m ²	koncentrace (mg/l)			množství rozpuštěné (kg)	množství sorbované (kg)	množství celkem (kg)
	interval od	interval do	průměrná			
6172	500	2000	1250	6,2	4,9	11,0
1199	2000	5000	3500	3,4	2,6	6,0
489	5000	10000	7500	2,9	2,3	5,2
249	10000	20000	15000	3,0	2,4	5,3
118	>	20000	20000	1,9	1,5	3,4
Celkem				17,3	13,7	31,0

Kd = 0,0789 l.kg⁻¹

Tabulka č. 23: Výpočet zbytkové kontaminace pro cis 1,2-DCE

plocha kontaminace m ²	koncentrace (mg/l)			množství rozpuštěné (kg)	množství sorbované (kg)	množství celkem (kg)
	interval od	interval do	průměrná			
7828	3000	10000	6500	40,7	21,0	61,7
2731	10000	20000	15000	32,8	16,9	49,6
505	20000	50000	35000	14,1	7,3	21,4
5	>	50000	50000	0,2	0,1	0,3
Celkem				87,8	45,2	133,0

Kd = 0,0515 l.kg⁻¹

Tabulka č. 24: Výpočet zbytkové kontaminace pro vinylchlorid

plocha kontaminace m ²	koncentrace (mg/l)			množství rozpuštěné (kg)	množství sorbované (kg)	množství celkem (kg)
	interval od	interval do	průměrná			
9788	600	2000	1300	10,2	2,9	13,1
1816	2000	5000	3500	5,1	1,4	6,5
420	5000	10000	7500	2,5	0,7	3,2
17	>	10000	10000	0,1	0,0	0,2
Celkem				8,0	5,1	23,0

$$K_d = 0,0282 \text{ l.kg}^{-1}$$

Poznámky k výpočtům:

Skutečné množství organických polutantů v horninovém prostředí v zájmovém území je výrazně vyšší, neboť jeho značná část je nasorbována na zeminy v saturované zóně a teprve v případě změny sorpční rovnováhy (v důsledku poklesu koncentrací v podzemní vodě při sanačních pracích) přechází do podzemní vody. I v tomto případě se například množství toluenu, vázané na pevné částice v saturované zóně pohybuje v řádech desítek kg až desítek tun.

V rámci monitoringu realizovaného Doplnkem AAR nebyla volná fáze zastižena, v AAR [32] byla vyčíslena bilance 1 174 kg volné fáze toluenu.

Z provedených výpočtů vyplývá, že bilance zbytkového množství polutantů jsou zatíženy nepřijatelnou mírou nejistoty. Z průběhu sanačních prací a na základě výše uvedeného odhadujeme, že jsou v horninovém prostředí přítomny **desítky tun organických polutantů a amonných iontů**.

2.2.3 Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění

Kontaminace nesaturované zóny

Průzkumnými pracemi, provedenými v rámci Doplnku AAR, byla zjištěna bodová kontaminace nesaturované zóny toluenem, chlorbenzenem, benzenem a kresoly.

Z celkově analyzovaných 62 ks vzorků byl sanační limit pro **toluen** (150 mg/kg) přesažen ve 3 vzorcích DF-3 (3,5 – 4,0 m), DF-23 (4,0 – 4,5m) a ZF-5 (3,6 – 3,8m). Limitem daná koncentrace benzenu (5 mg/kg) byla přesažena ve dvou vzorcích ZF-40 (3,6 – 4,0m) a ZF-47 (3,7 – 4,0m). Dále byly průzkumnými pracemi zjištěny nadlimitní koncentrace chlorbenzenu (10 mg/kg) ve vzorcích DF-23 (4,0 – 4,5m) a DF-29 (3,8 – 4,0m). Limitní koncentrace pro kresoly (10 µg/kg) byla zjištěna ve čtyřech vzorcích DF-3 (3,5 – 4,0m), DF-20 (8,7 – 8,8m), DF-23 (4,0-4,5m) a ZF-5 (3,6 – 3,8m). Nadlimitně kontaminovaný vzorek v ukazateli NEL byl analyzován ve vzorku ZF-22 (3,8 – 4,0m).

Kontaminace je zhodnocená v kapitole 2.2.2. Koncentrace jednotlivých kontaminantů jsou také uvedeny v mapových přílohách 19.1 až 19.4. Výsledky analýz vzorků zemin jsou sumarizovány v příloze č. 23.

Kontaminace saturované zóny

Plošný rozsah kontaminace jednotlivých polutantů v podzemní vodě, které byly na lokalitě detekovány v nadlimitních koncentracích (toluen, chlorbenzen, benzen, VCE, 1,2-cis-DCE, TCE a amonné ionty), je znázorněn v přílohách č. 21.1 až 21.8. Vykresleny jsou izolinie znečištění podle hodnot plošného monitoringu z 25.6.2015 až 19.7.2015, pro porovnání jsou uvedeny izolinie jednotlivých kontaminantů v roce 2004 a v říjnu 2011.

Benzen

Po provedení 75 % sanačních prací - v dubnu 2010 - území, znečištěné benzenem v hodnotách vyšších než 30 µg/l, zaujímal cca 1/10 plochy kontaminované v roce 2004 [32]. V důsledku zvýšených úrovní hladiny podzemní vody došlo v červenci 2010 k rozšíření zbytkové kontaminace mimo areál ve směru preferenční zóny až do vrtu SM-39. Následné odběry vzorků vody v srpnu 2010 nepotvrdily tento nárůst a kontaminace benzenem mimo areál závodu byla v omezených plochách. Spíše poklesový trend koncentrací benzenu v sanačně čerpaných vrtech byl v AAR doložen u vybraných vrtů spojnici trendů dat. I když v některých vrtech byly v průběhu sanace zaznamenány výkyvy (vrt FAR-10, méně R-213), které zhruba odpovídají zvýšení úrovně hladiny podzemní vody. Ve vrtech AT-107, SM-42 a SM-44 došlo v druhé polovině roku 2011, po přerušení sanačního čerpání v květnu 2011, k výraznému nárůstu koncentrací, které měly, po opětovném zahájení čerpání v listopadu 2011 a po aplikaci Fentonova činidla, klesající trend. Ve vrtech AT-106 a SM-9 byl zaznamenán nárůst koncentrací v roce 2012, což s velkou pravděpodobností souvisí s aplikací Fentonova činidla do vrtů. V říjnu 2011 zaujímal území, znečištěné benzenem v koncentracích vyšších než 30 µg/l, cca 1/5 plochy kontaminované v roce 2004. Ve srovnání s dubnem 2010 došlo tedy k nárůstu plošného rozšíření na cca dvojnásobek (cca 35 000 m²) [32]. V příloze č. 21.5 jsou vykresleny izolinie koncentrací benzenu na základě výsledků analýz vzorků z června-července 2015. Plošně zaujímá nadlimitně kontaminovaná podzemní voda velikost 59 658 m², což je další rozšíření oproti dubnu 2010 cca 1,6x.

Toluen

Na rozdíl od benzenu a chlorbenzeny nebyl v červenci 2010 zaznamenán výrazný rozdíl v plošném rozšíření ve srovnání s dubnem a následně srpnem 2010. Ve srovnání s koncentracemi, zjištěnými v roce 2004, byl ve všech sanačních vrtech zaznamenáván pokles, s výjimkou vrtů SM-42 a SM-44. Z hlediska procentuelního zastoupení hlavních polutantů v sumě organických látek (benzen, toluen, chlorbenzen a Cl-Eth) v jednotlivých sanačně čerpaných vrtech převažuje jednoznačně toluen v 6 vrtech (AT-107, FAR-2, P-32, P-56, SM-18, SM-44). Jednoznačně dominantní chlorbenzen je také v 6 objektech (AT-103, AT-106, R-212, R-213, SM-9, SM-11) a ve 2 vrtech je obsah podílu toluenu a chlorbenzeny vyrovnaný (AT-104, SM-45). Ve 2 vrtech (FAR-10 a SM-42) byl, po zahájení sanace a při obsahu polutantů v nižších stovkách tisíc µg/l, dominantní toluen. Po poklesu celkového obsahu organických polutantů na nižší tisíce µg/l byl dominantní Cl-Eth (FAR-10) nebo chlorbenzen (SM-42). U vrtu SM-42 je při vysokých koncentracích organických látek opět dominantní toluen. Ve vrtu SM-43 byl původně dominantní chlorbenzen, od jara 2010 toluen, v roce 2011 se tyto dva ukazatele v dominanci střídají. Ve vrtu VV-1 došlo k výrazné změně. Počáteční dominance toluenu byla od října 2011 změněna na Cl-Eth, navíc od února 2012 má 60% zastoupení TCE.

V říjnu 2011 zaujímal území znečištěné toluenem v koncentracích vyšších než 1 800 µg/l cca 1/5 plochy kontaminované v roce 2004. Ve srovnání s dubnem 2010 byl v říjnu 2011 prokázán mírný nárůst plošného rozšíření na 28 500 m². [32].

V příloze č. 21.6 jsou vykresleny izolinie koncentrací toluenu na základě výsledků analýz vzorků z června-července 2015. Plošně zaujímá nadlimitně kontaminovaná podzemní voda toluenem velikost 16 696 m², což je oproti říjnu 2011 snížení cca na polovinu. Průzkumnými pracemi, realizovanými v rámci Doplnku AAR však bylo zjištěno další ohnisko kontaminace toluenem, a to v severovýchodní části areálu podniku v okolí vrtů DF- 2 a DF-3 s maximem koncentrace 53 300 µg/l ve vrtu DF-3, analyzované v 2. monitorovacím kole dne 30.6.2015. Plocha nadlimitně kontaminovaných podzemních vod toluenem v severovýchodní části areálu byla vyčíslena na 5 275 m².

Chlorbenzen

U chlorbenzenu byl v létě roku 2010 podobný vývoj jako u benzenu – po nízkých koncentracích v dubnu došlo k nárůstu jeho obsahu ve vrtech v tzv. preferenční zóně SM-36 a SM-39. Nadlimitní koncentrace chlorbenzenu i benzenu zjištěné v roce 2004 v prostoru vrtu 2 u řeky Moravy během sanace vymizely a od května 2009 byl v tomto vrtu jejich obsah velmi často pod mezí stanovitelnosti nebo v jednotkách µg/l. Ovšem v roce 2011 byl zaznamenán jak postupný nárůst benzenu až téměř k limitní hodnotě 30 µg/l, tak především chlorbenzenu až na 391 µg/l, takže v roce 2011 byl limit pro chlorbenzen v tomto vrtu vždy překročen. V areálu Farmaku dochází k výraznému kolísání chlorbenzenu ve vrtech P-39 a FAR-12, v nichž v lednu 2010 byl ověřen v tisících µg/l. Poté postupně klesal až do července 2010, ve vrtu P-39 byl pod limitem, ve vrtu FAR-12 stále ještě nad limitem 170 µg/l. Do těchto vrtů byla zasakována vyčištěná voda, která obsahuje maximálně jednotky µg/l chlorbenzenu. Vrt P-39 byl vzorkován v minulosti v roce 1977 a nebyla v něm zjištěna žádná kontaminace. Vrt FAR-12 byl vyhlouben a vzorkován v roce 2002 a i v něm nebyly kontaminanty přítomny. Naopak ve vzdálenějším vrtu P-36 byla v roce 1977 ověřena závažná kontaminace ROL (1 390 000 µg/l) odpovídající volné fázi, která však dalšími průzkumy nebyla potvrzena. V říjnu 2011 nadlimitní obsahy chlorbenzenu ve vrtech P-39 a FAR-12 již nebyly detekovány.

V říjnu 2011 zaujímalo území znečištěné chlorbenzenem v koncentracích vyšších než 170 µg/l cca 1/4 plochy kontaminované v roce 2004, ve srovnání s dubnem 2010 došlo tedy k nárůstu plošného rozšíření o cca 1/2 na 42 000 m².

V příloze č. 21.7 jsou vykresleny izolinie koncentrací chlorbenzenu na základě výsledků analýz vzorků z června-července 2015. Plošně zaujímá nadlimitně kontaminovaná podzemní voda chlorbenzenem velikost 73 135 m², což je oproti říjnu 2011 cca 1,6násobné zvýšení. V případě chlorbenzenu zasahuje kontaminační mrak mimo hranice areálu podniku.

Vinylchlorid

Vinylchlorid se nadlimitně vyskytuje pouze v areálu Farmaku, a to ojediněle, ovšem v různých místech v jednotlivých letech. V dubnu 2010 byl překračován limit ve vrtu R-217. Od července 2010 došlo v tomto vrtu k poklesu, naopak se objevil nadlimitní obsah ve vrtu SM-7. Další vrty, v nichž byl vinylchlorid dlouhodobě nad sanačním limitem jsou FAR-10, P-32 a ojediněle objekt SM-9. Obsahy VCE však sanační limit překračovaly obvykle ne víc než o dvojnásobek. V říjnu 2011 ve výše jmenovaných vrtech VCE nadlimitní již nebyl, ovšem byl ve vyšších stovkách µg/l stanoven ve vrtu SM-42 a v nově vyhloubených vrtech až do 1 500 µg/l. Z AAR vyplynulo, že plošný rozsah VCE, ve srovnání s původní plochou, zanedbatelný, neboť zaujímal cca 1 % z původní plochy, která činila 44 000 m². Bylo konstatováno, že nelze podceňovat „mimořádné“ zvýšení obsahů VCE, které mohou svědčit o zbytkové kontaminaci v místech, která při předchozích průzkumech nebyla zkoumána. Tato skutečnost byla potvrzena průzkumnými pracemi, provedenými v rámci Doplnku AAR, kdy vinylchloridem nadlimitně kontaminovaná plocha byla odhadnuta na 12 041 m², což je cca 7,6 % areálu společnosti. Novým zjištěním bylo

potvrzení kontaminace vinylchloridu ve vrtech DF-6 a SM-8, kdy nejvyšší hodnota vinylchloridu v tomto prostoru byla detekována ve vrtu SM-8 dne 25.6.2015, a to 9 740 µg/l. Maximální hodnota koncentrace vinylchloridu byla zjištěna ve vrtu SM-59 dne 30.6.2015 ve výši 13 200 µg/l. Mapy izolinií koncentrací vinylchloridu je uvedena v příloze č. 21.1.

1,2-cis-DCE

V AAR bylo konstatováno, že v případě 1,2-cis-DCE byla zasažená plocha cca na 2 % (35 000 m²) původního rozsahu. Z hlediska výskytu nadlimitního obsahu DCE je situace velmi proměnlivá a souvisí s velkou pravděpodobností s **výskytem CIU v bývalé chemické kanalizaci**, viz kapitola 2.2.2.5. Ve vrtu SM-74 vzrostl obsah DCE z 2 290 µg/l (srpen 2011) na 24 700 µg/l (leden 2012) a v červnu 2015 na hodnotu 78 800 µg/l. Tento vrt je vzdálený cca 7 m od bývalé chemické kanalizace.

Jak je vidět v příloze 21.2, na lokalitě se vyskytují další dvě menší ohniska 1,2-cis-DCE, a to v okolí vrtu SM-8 a v okolí vrtu SM-59.

Nadlimitně kontaminovaná plocha 1,2 cis-DCE byla v rámci 2 monitorovacího cyklu v červnu-červenci 2015 odhadnuta na 11 069 m², což představuje cca 7 % plochy areálu společnosti.

TCE

Z výsledků uvedených v přílohách č. 24.1 a 25.1 a z plošného vykreslení izolinií koncentrací vyplývá, že kontaminace TCE se vyskytuje v okolí vrtu SM -8 (21 900 µg/l). Další dvě ohniska jsou v okolí vrtů SM-74 a SM-63.

Nadlimitně kontaminovaná plocha TCE byla v rámci 2 monitorovacího cyklu v červnu-červenci 2015 odhadnuta na 8 227 m².

PCE

Z výsledků uvedených v přílohách č. 24.1 a 25.1 a z plošného vykreslení izolinií koncentrací vyplývá, že kontaminace PCE se vyskytuje v okolí vrtu SM -8 (1 670 µg/l). Nadlimitně kontaminovaná plocha PCE byla v rámci 2 monitorovacího cyklu v červnu-červenci 2015 odhadnuta na 1 868 m².

Amonné ionty

V dubnu 2010 došlo ke zmenšení oproti původní ploše vymezené v roce 2004. V červenci 2010 nebylo, ve srovnání s dubnem, dokumentováno větší rozšíření mimo areál, byly však zaznamenány mírné nárůsty obsahu amonných iontů ve vrtech R-213 a R-212. Od října 2010 došlo ke zvýšení obsahu NH₄⁺ nad limit ve vrtu SM-39 a tento stav trvá dosud. V říjnu 2011 byl tedy kontaminační mrak mimo areál Farmaku protažen až do vrtu SM-39. Po zahájení sanačního čerpání došlo u 3 z 5-ti vrtů (AT-103, AT-107 a P-32) k nárůstu amonných iontů na cca dvojnásobek, po několika měsících obsah NH₄⁺ poklesl, ne však na původní hodnotu. Pod sanační limit amonné ionty poklesly pouze ve vrtu AT-103, a to od druhé poloviny roku 2011. Spojnice trendu dat neměla u vrtů, pro něž byly v rámci AAR zpracovány grafy, poklesový charakter, s výjimkou objektu AT-103. Nejvýraznější pokles byl zaznamenán ve vrtu SM-42, v němž bylo v říjnu 2008 stanoveno 60 mg/l a v červenci 2010 jen 4 mg/l. Takto nízký obsah byl zaznamenáván ve vrtu trvale. V tomto vrtu však vždy po zahájení čerpání vody ve výši 1 l/s poklesly koncentrace všech polutantů, takže nelze vyloučit, že čerpáním je přitahována čistá podzemní voda z okolí. Naopak ve vrtech R-212 a R-213 došlo po ukončení sanačního čerpání a zahájení zasakování vyčištěné vody k nárůstu obsahu amonných iontů, na cca 4násobek sanačního limitu.

U vrtu AT-103 platilo do poloviny roku 2010 pravidlo: čím byla hladina podzemní vody níže, tím byly vyšší obsahy amonných iontů. Poté, při poklesu hladiny podzemní vody v areálu, poklesl obsah amonných iontů. Stejná situace byla pozorovaná ve vrtu AT-107, do poloviny roku 2010 obvykle platilo čím mělčí hladina, tím nižší koncentrace. V roce 2011 byly však dokumentovány výkyvy v rozsahu 10 až 25 mg/l. Obsahy amonných iontů ve vrtu SM-12, který nebyl ovlivněn ani čerpáním, ani zásakem, byly průběžně zaznamenávány nevyrovnané s koncentracemi v desítkách mg/l.

V říjnu 2011 zaujímal území, znečištěné amonnými ionty v koncentracích vyšších než 7,2 mg/l, cca 85 % plochy kontaminované v roce 2004, ve srovnání s dubnem 2010 došlo tedy k nárůstu plošného rozšíření, a to na 112 000 m². V roce 1977, kdy bylo území podrobně zkoumáno, byly z 80 vzorkovaných objektů pouze ve třech obsaženy NH₄⁺ nad 20 mg/l. V areálu Farmaku ve vrtu P-56 (37 mg/l), mimo areál ve vrtu P-44 (25 mg/l) a ve studni Db-76 (76 mg/l). Ve většině ostatních vrtů byly amonné ionty v nižších jednotkách mg/l. V roce 2002 byly maximální hodnoty na lokalitě vyšší a v roce 2004 bylo maximum stanoveno ve vrtu FAR-2 (124 mg/l). V tomto vrtu se sanačními pracemi amonné ionty snížily a od května 2011 byly pod sanačním limitem. Během sanačních prací byly opakovaně zjišťovány v areálu Farmaku vyšší koncentrace NH₄⁺, s maximem nad 100 mg/l, v říjnu 2011 bylo stanoveno 123 mg/l ve vrtu SM-8 a 108 mg/l ve vrtu P-39.

V rámci Doplnku AAR byla nadlimitně kontaminovaná plocha amonnými ionty odhadnuta na 138 702 m², což je cca 88% areálu společnosti. Mapa izolinií koncentrací amonných iontů je součástí přílohy č. 21.8.

U nově vytipovaných látek na lokalitě (metanol, isopropanol, aceton a psychofarmaka) byl zpracován plošný rozsah znečištění z října 2011 v rámci AAR [32].

2.2.4 Posouzení šíření znečištění

2.2.4.1 Šíření znečištění v nesaturované zóně

Nesaturovaná zóna je tvořena jílovitými hlínami s různým stupněm písčité příměsi. Obsah TOC ve vzorku těchto hlín stanoven nebyl, v litologicky podobných sedimentech však byl ve výši 0,39 a 0,21 % [41]. Z hlediska hydraulických parametrů má charakter izolátoru a pro vodu je nepropustná. V areálu Farmaku se pohybuje od 0,5 m (vrt P-36) do 4,8 m (vrt P-67), s tím, že je v některých místech jejich svrchní část nahrazena navážkou. Pohyb kontaminantů v nesaturované zóně se uskutečňuje především vertikálním směrem. Obecně je migrace závislá na výskytu a četnosti pórů, puklin a jiných diskontinuit. Na šíření kontaminantů se podílí i vyluhování srážkovou nebo podpovrchovou vodou. V blízkosti hladiny podzemní vody může být pohyb kontaminantu způsoben i kolísáním hladiny, což platí pro zájmové území.

V areálu Farmaku je větší část plochy (60,5 %) zatravněná. Primární ohniska kontaminace se nacházejí jak v místech zpevněných ploch (okolí vrtu FAR-10), tak v zatravněném území (okolí vrtu P-32). Proto migrace polutantů v důsledku infiltrace atmosférických srážek je možná. Po průniku kontaminace do hlín se začínají uplatňovat fyzikální a chemické vazby a postup se výrazně zpomaluje. Část kontaminace je zachycena retenční kapacitou hlín, po dosažení limitních hodnot (nasycení sorpční kapacity) dochází k dalšímu postupu a následnému vyluhování do saturované zóny. V případě porušení vrstvy hlín, případně jejich redukce nebo absence, se uplatňuje výrazně nižší retenční schopnost navážek, což má za následek rychlejší přestup kontaminace do saturované zóny.

Vezmeme-li v úvahu rozsah a úroveň kontaminace zemin v nesaturované zóně, omezený rozsah zpevněných ploch a zkušenosti z probíhající sanace, je migrace kontaminantů do podzemní vody možná a představuje významné riziko, které je třeba eliminovat odstraněním kontaminovaných ploch.

Na vliv šíření znečištění v nesaturované zóně má s největší pravděpodobností vysoký podíl přítomnost staré chemické kanalizace v havarijním stavu, ve které byly zjištěny kontaminované sedimenty, viz kapitola 2.2.2.5.

2.2.4.2 Šíření znečištění v saturované zóně

Oběh podzemní vody v mělkém kvartérním kolektoru je vázán na průlinově propustné souvrství štěrkopísků. Hladina podzemní vody je volná nebo napjatá.

Odhad rychlosti proudění podzemní vody

Oběh podzemní vody v kvartérním fluvialním kolektoru je vázán na průlinově propustné štěrkopísky s různým stupněm zahlinění. Součinitel hydraulické vodivosti byl pro štěrkopísky v zájmovém území stanoven hydrodynamickými zkouškami v rozmezí hodnot $5,30 \times 10^{-4}$ m/s až $3,21 \times 10^{-3}$ m/s, jedná se tedy o prostředí dosti silně propustné. Tyto údaje byly převzaty z archivního průzkumu M. Kučery realizovaného v roce 1977 [19]. Proudění podzemní vody směřuje k JZ a je ovlivněno existencí PTS a čerpáním a zasakováním vody v areálu Farmaku v rámci sanačních prací. Hydraulický spád před zahájením sanačních prací na lokalitě činil 0,0035. Podloží kolektoru bylo při hloubení vrtů v areálu Farmaku ověřeno v hloubce cca 6,0 až 11,1 m p.t.

Odhad rychlosti proudění podzemní vody

Rychlost proudění podzemní vody byla počítána z Darcyho zákona na základě hydraulických parametrů zjištěných pro lokalitu:

$$v = -K \times I$$
$$v_s = v / n_e$$

kde:

- v – Darcyho filtrační rychlost proudění (m/s),
- K – součinitel hydraulické vodivosti - $5,30 \times 10^{-4}$ m/s a $3,21 \times 10^{-3}$ m/s; hodnoty z hydrodynamických zkoušek převzaté z archivního průzkumu M. Kučery [19],
- I – hydraulický gradient; -0,0035, vypočten z měření ve vrtech FAR-11 a R-99 dne 28. 6. 2007,
- v_s – skutečná rychlost proudění (m/s),
- n_e – efektivní pórovitost (odborný odhad 10 %).

pro $K_1 = 5,30 \times 10^{-4}$ m/s

Rychlost proudění podzemní vody byla odhadnuta na 585 m/rok.

pro $K_2 = 3,21 \times 10^{-3}$ m/s

Rychlost proudění podzemní vody byla odhadnuta na cca 3 543 m/rok.

Rozdíl mezi rychlostí proudění podzemní vody se za použití jednotlivých součinitelů hydraulické vodivosti liší o 1 řád.

Odhad šíření kontaminace

Látky rozpuštěné v podzemní vodě migrují saturovanou zónou advekčně – disperzním pohybem a zároveň jsou řízeny procesy sorpce a degradace. Výsledkem sorpce je retardace kontaminačního mraku (zpoždění), který se vytváří ve směru proudění. Pro výpočet faktoru retardace při lineární sorpci se užívají následující rovnice:

$$R = 1 + \frac{\rho_b}{n} \times K_d$$

kde:

- R – retardační faktor (bezrozměrný),
- ρ_b – objemová hmotnost zeminy (2,0 g/cm³),
- n – pórovitost (odborný odhad = 15 %),
- K_d – distribuční koeficient (cm³/g).

Pro distribuční koeficient K_d platí:

$$K_d = K_{oc} \times f_{oc}$$

kde:

- K_{oc} – dělicí koeficient voda-organický uhlík (cm³/g) – viz tabulka 17,
- f_{oc} – podíl organického uhlíku v zemině – 0,13 % a 0,005 % (viz kapitola 1.2.5).

a

$$v_r = v_s / R$$

kde:

- v_r – rychlost šíření prioritních kontaminantů v podzemní vodě (m/s),
- v_s – skutečná rychlost proudění podzemní vody (m/s).

Vypočtené rychlosti šíření kontaminantů jsou uvedeny v tabulkách č. 20 a 21, a to variantně pro dvě hodnoty f_{oc} (0,13 % a 0,005 %). Jako první byl pro výpočet použit průměrný obsah organického uhlíku ve štěrcích na lokalitě TOC = 0,13 %. V jílech byl laboratorně stanoven ukazatel TOC <0,01 %. Protože byl obsah TOC pod mezí stanovitelnosti a je tedy ve skutečnosti nižší než 0,01 %, byla pro výpočet použita hodnota TOC = 0,005 %, odpovídající mezi detekce laboratorní metody. *Mez detekce je nejnižší množství analytu ve vzorku, které lze detekovat, ale které není nutně kvantifikovatelné jako exaktní hodnota a je nižší než mez stanovitelnosti.*

Tabulka 25: Rychlost šíření kontaminantů ($f_{oc} = 0,13 \%$)

Látka	log K_{oc}	R	V_{r1} ($K = 5,30 \times 10^{-4}$ m/s)	V_{r2} ($K = 3,21 \times 10^{-3}$ m/s)
	[-]	[-]	[m/rok]	[m/rok]
benzen	1,85	2,23	263	1 591
toluen	2,37	5,06	116	700
chlorbenzen	2,46	6,00	98	591
vinylchlorid	1,41	1,45	405	2 451
1,2-cis-DCE	1,81	2,12	276	1 672
amoniak	-3,79	1,00	585	3 543
aceton	0,99	1,17	500	3 030
metanol	0,09	1,02	573	3 469
isopropanol	0,54	1,06	552	3 342
chlorprothixen báze	3,73	94,09	6	38
thiepinon	3,39	43,55	13	81
amitriptylin hydrochlorid	2,07	3,04	193	1 167

Z tabulky č. 25 je patrné, že při použití 2 různých součinitelů hydraulické vodivosti se rozdíl v rychlosti šíření kontaminantů liší až o 1 řád. Rychlost šíření kontaminantů byla vypočítána v rozmezí 6 m/rok až 585 m/rok, pokud uvažujeme nižší K ($5,3 \times 10^{-4}$ m/s), a tedy méně propustné prostředí a mezi 38 až 3 543 m/rok pro $K = 3,21 \times 10^{-3}$ m/s. Vypočtené hodnoty indikují, že uvedené látky rozpuštěné v podzemní vodě jsou zpomalovány vůči rychlosti proudění podzemní vody. Z hodnocených kontaminantů jsou nejvíce zpomalována psychofarmaka, z ostatních organických látek pak chlorbenzen, který se ve srovnání s podzemní vodou šíří cca 6x pomaleji a naopak nejrychleji se šíří amoniak, pro něhož byla vypočítána nejnižší hodnota retardačního faktoru (1,0) a také metanol (1,02), isopropanol (1,06), méně již aceton s retardačním faktorem 1,17.

V tabulce č. 26 jsou vypočítány rychlosti šíření kontaminantů při uvažování nižšího podílu organického uhlíku v zemině (0,005 %), odpovídajícího mezi detekce laboratorní metody použité pro jeho analytické stanovení (ve zvodnělých písčítých štěrcích na lokalitě byly hodnoty TOC většinou pod mezí stanovitelnosti). Při nižším f_{oc} je výrazně nižší také retardační faktor a kontaminanty se šíří rychleji, u vinylchloridu, 1,2-cis-DCE, benzenu a acetonu téměř stejnou rychlostí jako proud podzemní vody. Toluen a chlorbenzen jsou zpomaleny cca 1,2x, amoniak, metanol a isopropanol se šíří bez retardace. Psychofarmaka jsou zpomalena 1,1x až 4,6x.

Tabulka 26: Rychlost šíření kontaminantů ($f_{oc} = 0,005 \%$)

Látka	log K_{oc}	R	V_{r3} ($K = 5,30 \times 10^{-4}$ m/s)	V_{r4} ($K = 3,21 \times 10^{-3}$ m/s)
	[-]	[-]	[m/rok]	[m/rok]
benzen	1,85	1,05	559	3 383
toluen	2,37	1,16	506	3 064
chlorbenzen	2,46	1,19	491	2 972
vinylchlorid	1,41	1,02	575	3 483
1,2-cis-DCE	1,81	1,04	561	3 397

Látka	log K _{oc}	R	V_{r3} (K = 5,30 × 10 ⁻⁴ m/s)	V_{r4} (K = 3,21 × 10 ⁻³ m/s)
	[-]	[-]	[m/rok]	[m/rok]
amoniak	-3,79	1,00	585	3 543
aceton	0,99	1,01	581	3 520
metanol	0,09	1,00	585	3 540
isopropanol	0,54	1,00	584	3 535
chlorprothixen báze	3,73	4,58	128	774
thiepinon	3,39	2,64	222	1 344
amitriptylin hydrochlorid	2,07	1,08	543	3 286

Výše uvedené rychlosti šíření kontaminantů se liší od výpočtů uvedených v AR z roku 2002 [4]. Zde byly vypočítány rychlosti šíření od 1 323 m/rok do 1 812 m/rok. Rozdíl je způsoben použitím některých odlišných vstupních parametrů, a to především součinitele hydraulické vodivosti a dělicího koeficientu voda-organický uhlík. V AR z roku 2002 byla použita průměrná hodnota $K = 1,5 \times 10^{-3}$ m/s z dat čerpacích zkoušek převzatých z archivního průzkumu M. Kučery [19]. Pro výpočty v AAR byly použity dvě krajní hodnoty K převzaté ze stejného zdroje. Hodnoty K_{oc} uvedené v tabulce 17 byly převzaty ze zdrojů citovaných pod tabulkou, především z databáze U. S. EPA. V AR z roku 2002 není zdroj dat uveden. Nejvíce se vzájemně liší K_{oc} u DCE, kdy námi použitá hodnota je o tři řády vyšší. Liší se také parametr f_{oc}, kdy v AAR z roku 2002 byla použita hodnota 0,01 %. Hydraulický gradient použitý pro výpočet v roce 2002 byl přibližně stejný (-0,00383).

V červenci 2010, cca 2 měsíce po zvýšení úrovně hladiny podzemní vody na maximum ve sledovaném období, byly ve vzdálenosti 200 až 300 m od areálu Farmaku (ve vrtech SM-36 a SM-39) dokumentovány nárůsty obsahu benzenu (nižší hustota než voda) a chlorbenzen (vyšší hustota než voda) v podzemní vodě. Může to být výsledek transportu kontaminace podzemní vodou z areálu závodu, pokud uvažujeme vyšší rychlost šíření polutantů. Ale také nelze vyloučit, že došlo k vyplavení kontaminace z nenasycované zóny mimo areál Farmaku, což odpovídá variantě s nižší rychlostí šíření kontaminace podzemní vodou - cca 550 m/rok. Taková možnost reálně existuje, neboť v 70. letech 20. století byla volná fáze polutantů rozšířena i mimo areál Farmaku, jedná se tedy o zbytkovou kontaminaci zachycenou v nenasycované zóně a vymývanou při vysokých stavech hladiny podzemní vody v území.

Výpočet šíření znečištění má význam jak vzhledem k JÚ Černovír, tak i k okolním studnám a řece Moravě. V současnosti je směr proudění podzemní vody ovlivněn sanačním čerpáním v areálu Farmaku. Po ukončení sanačního čerpání může dojít k šíření kontaminantů, a to odhadovanou rychlostí cca 0,01 km/rok až 3,5 km/rok, v závislosti na rychlosti šíření podzemní vody a schopnosti sorpce kontaminantu na zeminu. V areálu Farmaku docházelo v minulosti k únikům polutantů po desítky let. Z hlediska šíření kontaminace jsou v zájmovém území 2 hlavní a přitom mezní recipienty - řeka Morava, do níž by mohla být kontaminace drénována a JÚ Černovír, do jehož studní by mohlo být znečištění přitaženo v důsledku vytvoření depresního kužele při vodárenských odběrech. Průzkumem v 70. letech 20. století, ještě před vybudováním podzemní těsnicí stěny, bylo prokázáno rozšíření masivní kontaminace směrem k řece Moravě. Naproti tomu ve směru k JÚ Černovír byly obsahy polutantů „zanedbatelné“ ve srovnání s koncentracemi v území z. a jz. od areálu Farmaku.

Poznámka:

Hodnoty vstupních parametrů (efektivní pórovitost, součinitele hydraulické vodivosti a distribuční koeficient K_d) použité pro výpočet se částečně liší od hodnot těchto parametrů použitých při matematickém modelování v rámci zpracování AAR [32]), a to na základě archivních podkladů, výsledků laboratorních analýz a zkoušek provedených během sanačních prací.

Vybudovaná PTS zabraňuje šíření kontaminace, což bylo v rámci AAR [32] doloženo průběžným monitoringem vrtů P-200 až P-204. V případě ukončení sanace bude v areálu Farmaku zbytková kontaminace polutantů. Samotná stěna bude značně omezovat ředění polutantů, především těch, které jsou těžší než voda (chlorbenzen, 1,2-cis-DCE a amonné ionty), neboť tvoří hydraulickou bariéru. Při středních a nízkých vodních stavech nebude docházet k přetékání stěny. Ovšem, historicky byly dokumentovány i extrémní stavy hladiny podzemní vody kolem 0,8 m p.t., při kterých může docházet k jejímu přetékání. Z toho důvodu byla zpracována aktualizace matematického modelu, jejímž cílem bylo především hodnocení rizik migrace kontaminantů pro JÚ Černovír po ukončení sanace. [32]

2.2.4.3 Šíření znečištění povrchovými vodami

K šíření polutantů z areálu Farmaku do řeky Moravy podzemní vodou může docházet za předpokladu, že je podzemní voda proudící z areálu drénována povrchovým tokem. Hydraulická spojitost řeky Moravy s mělkým kvartérním kolektorem je posouzena v kapitole 1.2.4. Do řeky Moravy by se mohlo znečištění šířit. Touto možností se však archivní průzkumy nezabývaly s výjimkou průzkumu M. Kučery [19], při němž byly odebírány vzorky v řece Moravě v několika profilech. Přítomnost polutantů nebyla prokázána. Práce navržené v realizačním projektu Doplnku AAR nezahrnovaly sledování kvality povrchové vody.

Výpočet přestupu kontaminace z podzemní vody do řeky Moravy byl proveden v AAR [32].

2.2.5 Shrnutí šíření a vývoje znečištění

K hodnocení šíření a vývoje znečištění je dispozici značné množství dat za období let 2006 až 2014 a data z let 1977, 1997, 2002 a 2004. Ze získaných údajů lze šíření a vývoj kontaminace v podzemní vodě v zájmovém území shrnout do následujících bodů:

- Během sanačních prací v letech 2006 až 2014 byla ověřena v areálu Farmaku masivní kontaminace ve formě volné fáze polutantů na hladině podzemní vody, která průzkumy v letech 2002 [4] a 2004 [23] zjištěna nebyla. Důvodem je pravděpodobně bodový charakter předchozích průzkumných prací, částečně podmíněný hustou sítí podzemních vedení.
- Výskyt volné fáze byl zjištěn v březnu 2010 v náhradním vrtu P-56, přestože v původním vrtu, vzdáleném cca 7 m v letech 2006 až 2009 fáze indikovaná nebyla. V prosinci 2011 byla detekována fáze až o mocnosti 0,2 m v nově vyhloubených vrtech SM-65 a SM-66. Celková plocha, na níž se během sanačních prací vyskytovala volná fáze, byla AAR odhadnuta na 1 350 m².
- Vysoká míra kontaminace podzemní vody, reprezentovaná širokou škálou organických sloučenin, způsobuje nehomogenitu kapalných vzorků a v důsledku toho rozdílné výsledky analýz. Proto byly od května 2010 vzorky vody fixovány kyselinou dusičnou na pH 2.

- Během sanačních prací byly zjištěny vysoké koncentrace metanolu, isopropanolu a acetonu v podzemní vodě. Pro tyto látky nejsou stanoveny sanační limity.
- V podzemní vodě v areálu Farmaku, především v okolí objektů č. 31 a 31b je přítomna řada různých organických polárních i nepolárních látek doložitelných ukazateli NEL a EL, nejvíce ve vrtech SM-64 a SM-66.
- V podzemní vodě i v zemině se vyskytují i psychofarmaka, především v prostoru objektů č. 31 a 32. Maximální koncentrace Σ psychofarmak činila 864 $\mu\text{g/l}$ ve vrtu SM-45. Mimo areál Farmaku byly obsahy psychofarmak v jednotkách $\mu\text{g/l}$ ve vrtu SM-33.
- V sv. části areálu Farmaku byla v roce 2011 zjištěna kontaminace podzemní vody toluenem v desítkách tisíc $\mu\text{g/l}$. Průzkumnými pracemi, provedenými v rámci Doplnku AAR, bylo zjištěno v okolí vrtů DF-2 a DF-3 ohnisko kontaminace podzemní vody toluenem. Plocha nadlimitně kontaminovaných podzemních vod toluenem v tomto prostoru byla vyčíslena na 5 275 m^2 .
- Přes odstranění 23,4 t organických látek a 5 t amonných iontů z horninového prostředí, je míra kontaminace podzemní vody v okolí objektu č. 31 velmi vysoká a plošně rozsáhlejší než bylo předpokládáno v sanačním doprůzkumu [23].
- V prostoru vrtů AT-103, AT-104, SM-11, a především v okolí vrtů FAR-2 a FAR-10, kde byla masivní kontaminace podzemní vody, byla tato sanačními pracemi odstraněna, sanační limity jsou v těchto vrtech dosahovány.
- Transport znečištění z míst masivní kontaminace se s největší pravděpodobností děje hlavně preferenčními cestami, kterými jsou podzemní inženýrské sítě a propustnější polohy ve šterkopísčitém kolektoru, jako např. v prostoru vrtů SM-36, SM-39 a „vrt 2“. Šířka preferenční zóny směrem k řece Moravě je cca 100 m.
- V AAR bylo konstatováno, že pro areál Farmaku je charakteristický nárůst polutantů v některém z vrtů na dobu několika měsíců a následný pokles. Příčinou je pravděpodobně kontaminace v podzemních objektech – starých kanalizačních šachtách nebo jímkách. Kontaminace z těchto prostor se může šířit při kolísání hladiny podzemní vody nebo při zemních pracích spojených se zásahem do hlubší části nesaturované zóny. Toto tvrzení bylo potvrzeno ověřením stavu staré chemické kanalizace v rámci zpracování Doplnku AAR, kdy obnažením 3 kanalizačních tras v šachtě Š11 u budovy č. 20 byla zjištěna přítomnost masivně kontaminovaných sedimentů toluenem, chlorbenzem a chlorovanými uhlovodíky. Kamerovou prohlídkou bylo ověřeno, že kanalizace je v havarijním stavu.
- Karotážní měření ve vrtech prokázalo, že navzdory existenci stejných propustných poloh není rychlost ani režim proudění úplně stejný, což má vliv na vytváření tzv. preferenčních zón, kterými se kontaminace šíří rychleji.
- Z výpočtů rychlosti proudění podzemní vody v areálu Farmaku a okolí a retardačního faktoru lze odhadnout, že se polutanty, pro něž jsou stanoveny cílové limity, šíří přibližně rychlostí cca 100 až 3 500 m/rok.
- Proces přirozené atenuace je prokázán u chlorovaných ethylenů, je však neukončený. Pro hodnocení procesu atenuace u ostatních polutantů chybí dostatek podkladů. Hodnocení by bylo zatíženo vysokou mírou nejistoty způsobenou přítomností řady organických sloučenin v podzemní vodě, o nichž není známo, zda byly surovinou pro výrobu, produktem rozkladu jiných látek nebo odpadní látkou.
- Masivní kontaminace byla v areálu Farmaku již v 70. letech 20. století před vybudování PTS a zahájením sanace. Přesto se do JÚ Černovír kontaminace nerozšířila, i když se vodárenské odběry pohybovaly od 150 do 200 l/s.

- Rozsáhlý průzkum v letech 1975 až 1977 zjistil v domovních studních, situovaných západně a jihozápadně od areálu, obsahy rozpuštěných organických látek ve stovkách tisíc µg/l.
- Šířka kontaminačního mraku, migrujícího z areálu Farmaku směrem k řece Moravě, se po vybudování PTS zmenšila z cca 500 m na cca 100 m.
- Určitá část kontaminace v nesaturované zóně, i když nepříliš velká, se pravděpodobně nachází i mimo areál Farmaku, za jeho západní hranicí. Předpokládáme, že mohlo dojít k nasorbování polutantů na jílovité částice v době rozšíření masivního znečištění v 70. a 80. letech 20. století.
- Podle výsledků matematického modelu se po ukončení sanačního čerpání nebude zbytková kontaminace šířit směrem k JÚ Černovír, ale k řece Moravě.
- Doplněným matematickým modelem se nepodařilo prokázat ohrožení JÚ Černovír po ukončení sanačních prací a ponechání zbytkové kontaminace v areálu Farmaku, i při nejpesimističtější modelovém scénáři, který bral v úvahu nulovou těsnicí schopnost PTS a minimální retardaci modelových kontaminantů, způsobenou nízkou koncentrací organického uhlíku.
- Pokud by nebyla odstraněna stávající kontaminace podzemní vody, byla by ohrožena kvalita vody v domovních studních jz. od areálu Farmaku a především kvalita povrchové vody v řece Moravě.

2.2.6 Omezení a nejistoty

Hlavní nejistoty v průběhu posuzování šíření znečištění jsou následující:

- Použití empirických rovnic a hodnot založených na odborném odhadu.
- Prostorová omezení – umístění sanačních i monitorovacích vrtů je v nepravidelné síti v důsledku existence podzemních inženýrských sítí a budov v areálu Farmaku.
- V projektu sanačních prací nebyly navrženy žádné práce pro zpřesnění potřebných parametrů - stanovení K hydrodynamickými zkouškami, sledování fyzikálních parametrů podzemní vody pomocí trvale osazených sond ve vrtech, atd.
- Nedostatek podkladů pro hodnocení přirozené atenuace.
- Možné chyby v rámci analytických stanovení.
- Nehomogenita vzorků podzemní vody s vyšší kontaminací, projevující se změnami v koncentracích polutantů v čase, jak bylo laboratorně prokázáno.

3. HODNOCENÍ RIZIKA

3.1 IDENTIFIKACE RIZIK

3.1.1 Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů

V AAR vypracované v roce 2012 [32] byly **vyloučeny** z prioritních škodlivin (tedy polutantů, pro něž jsou stanoveny sanační limity), **krezoły, PCE, TCE**, neboť tyto látky byly trvale pod cílovými limity sanace. Proto do výpočtů rizik nebyly zahrnuty.

Koncentrace krezolů byly jak při průzkumu v rámci DAAR, tak při postsanačním monitoringu realizovaném v červenci 2015 vždy pod sanačním limitem. Nejvyšší obsah byl stanoven v SM-65 a činil 1 068,0 µg/l. V nově vyhloubených objektech v rámci DAAR byl nejvyšší obsah stanoven ve vrtu DF-29 a činil 27,7 µg/l. Proto i v aktuálním hodnocení rizik krezolů nebyly uvažovány.

Z výsledků laboratorních analýz realizovaných v roce 2015 v rámci Doplnku AAR vyplývá, že v podzemní vodě jsou ve vysokých koncentracích přítomny i TCE a PCE. Tyto sloučeniny byly v průběhu sanačních prací do roku 2011 trvale pod cílovými limity sanace, a proto v AAR [32] nebyly do hodnocení rizik zahrnuty. V roce 2015 byl obsah TCE nad sanačním limitem stanoven v 5-ti vrtech, uvažujeme-li jak DAAR, tak postsanační monitoring (vrty AT-103, DF-35, SM-8, SM-63, SM-74), s maximem 21 900 µg/l ve vrtu SM-8. Obsah PCE nad cílovým limitem byl v roce 2015 ověřen ve vrtu SM-8 (1 670 µg/l). Z tohoto důvodu **jsou TCE a PCE zařazeny v aktualizovaném hodnocení rizik mezi látky potenciálního zájmu.**

Metanol, isopropanol a aceton, které byly přidány do prioritních škodlivin v AAR [32], byly během prací na DAAR ověřovány ve 46 vzorcích vody (v některých vrtech ve 2 kolech). Nejvyšší obsah metanolu byl stanoven ve vrtu DF-24 a činil 1 320 µg/l. Průměrná koncentrace byla 125,3 µg/l, 80-tý percentil pak 297,2 µg/l. Koncentrace isopropanolu byly podstatně vyšší, maximum bylo zjištěno ve vrtu DF-18 (12 900 µg/l). Průměrná koncentrace ze 46 vzorků je 1 944,9 µg/l. Obsah acetonu byl nejvyšší ve vrtu DF-6 a činil 3 690,0 µg/l. V rámci postsanačního monitoringu tyto 3 látky sledovány nejsou. Při průzkumu v rámci Doplnku AAR v roce 2015 byly na lokalitě potvrzeny vysoké koncentrace **metanolu, acetonu a isopropanolu** (v jednotkách a nižších desítkách tisíc µg/l), proto byly tyto látky zahrnuty do aktualizovaného hodnocení rizik, stejně jako v AAR v roce 2012.

V příloze č. 36 uvádíme v tabulce 7 statistické zpracování výsledků laboratorních analýz provedených v rámci DAAR (průměr, medián, 80-tý percentil), s výjimkou produktů oxidace a psychofarmak. Vzorky podzemní vody byly odebrány celkem z 63 vrtů, z toho ze 32 objektů ve 2 kolech.

V rámci postsanačního monitoringu bylo v červnu a červenci 2015 ovzorkováno 61 vrtů. Výsledky analýz byly použity pro stanovení průměrných a maximálních koncentrací pro jednotlivé možné expozice a jsou uvedeny v tabulce 1 v příloze č. 36. Pro srovnání jsou v téže tabulce uvedeny i maximální a průměrné koncentrace polutantů v areálu Farmaku, stanovené při DAAR.

Produkty oxidace toluenu a chlorbenzeny, které mohou vznikat při aplikaci Fentonova činidla (acetofenon, benzaldehyd, brommetan, ethylester kyseliny octové, chloretan, chlormetan, isobenzofuranon, kyselina benzoová) nevykazovaly během monitoringu zásaku FČ nárůst. Také výsledky analýz v roce 2015, provedené ve 3 vrtech, neprokázaly jejich zvýšené obsahy. Pouze ve 2 ukazatelích (isobenzofuranon a kyselina benzoová) z 8 sledovaných látek byl obsah nad mezí stanovitelnosti. Nejvyšší hodnoty byly stanoveny ve vrtu DF-18 – obsah kyseliny benzoové byl 10,0 µg/l a isobenzofuranonu 0,89 µg/l, což je ve srovnání s koncentracemi zjištěným např. ve vrtu SM-18 v letech 2008 a 2009 (nižší stovky µg/l), zanedbatelné. Proto je také nepovažujeme za látky potenciálního zájmu.

Výskyt psychofarmak byl ověřován v rámci DAAR v 10-ti vrtech. Ve většině případů stanovené obsahy byly výrazně nižší než koncentrace ověřené na lokalitě v prosinci 2011 (chlorprothixen báze, thiepinon, citronan butamirátu, karbinol melitracenu, prothiaden hydrochlorid, karbinol isokumaronu, karbinol prothiadenu), a to obvykle řádově. U sumy amitriptylin hydrochloridu byl nejvyšší zjištěný obsah v roce 2015 mírně vyšší než maximum v roce 2011. A pouze u 2-chlorthioxan-thonu byla dokumentována řádově vyšší maximální koncentrace - v objektu DF-20 (451 µg/l) – než maximum stanovené v roce 2011 (39,6 µg/l ve vrtu SM-74).

Prioritní škodliviny převzaté z AAR [32] - **benzen, toluen, chlorbenzen, VCE, 1,2-cis-DCE, NH₄⁺, metanol, isopropanol, aceton a psychofarmaka** - jsou rozšířeny o TCE a PCE.

Hlavním výstupem AAR [32] byla revize tehdy platných sanačních limitů. V tabulce č. 27 uvádíme platné sanační limity a AAR navržené limity.

Tabulka č. 27: Sanační limity pro lokalitu areálu Farmaku a okolí v Olomouci převzato z [32]

Kontaminant	Platný limit	Nově navržené limity		
		uvnitř PTS	místa výskytu volné fáze	vně PTS – směrem k řece Moravě a JÚ
	µg/l			
vinylchlorid	600	600	800	30
DCE	3 000	1 600	4 000	200
TCE	500	neřešeno v AAR z roku 2012		
PCE	200	neřešeno v AAR z roku 2012		
benzen	30	100	300	40
toluen	1 800	3 600	7 000	1 800
chlorbenzen	170	450	1 500	340
kresoly	1 600	neřešeno v AAR z roku 2012		
amonné ionty	7 200	20 000	20 000	10 000
metanol	-	2 000	4 000	600
isopropanol	-	2 500	4 000	750
aceton	-	3 000	6 000	900

Hodnocení rizika pro ekosystémy bylo provedeno v AAR [32]. Průzkum v rámci DAAR byl zaměřen pouze na areál Farmaku (obsahy polutantů v řece Moravě nebyly zjišťovány), takže nemohly být prokázány žádné nové skutečnosti, které by měly vliv na změny v hodnocení rizika pro ekosystémy.

Níže uvádíme charakteristiky škodlivin, pro které byla počítána rizika. Podklady [67] a [68] jsou citovány v seznamu literatury. Navíc uvádíme i charakteristiku psychofarmak, i když pro ně rizika nebyla počítána, neboť parametry pro kvantifikaci rizika nejsou publikovány (viz kapitola 3.2.1).

Benzen

Benzen je čirá, bezbarvá, nepolární kapalina s charakteristickým aromatickým zápachem. Je těkavý a hořlavý. Je dobře rozpustný ve většině organických rozpouštědel. Volně mísitelný s etanolem, éterem, acetonem a chloroformem. Používá se jako surovina pro výrobu chemických látek (barviva, detergenty, syntetická vlákna a tkaniny, pryskyřice, plastové hmoty, výbušniny, léčiva, insekticidy, přísady do maziv, nátěry a některé typy pryže). Benzen se také používá jako rozpouštědlo pro tuky, vosky, pryskyřice, inkousty, nátěry, plasty a pryž. Dále slouží jako odmašťovací prostředek. Benzen je velmi toxická látka. Benzen může vstupovat do těla převážně inhalačně nebo orálně. Průnik kůží není tak nebezpečný, protože se většina benzenu rychle odpaří. Po expozici se benzen distribuuje do celého těla. Nejvyšší koncentrace se nacházejí v kostní dřeni, v orgánech s vysokým zásobením krví (játra, ledviny) a v tkáních s vysokým obsahem tuků (mozek). Akutní toxicita je způsobena přímo benzenem, příčinou chronické toxicity jsou spíše jeho metabolity. IARC zařadila benzen do skupiny 1, tj. karcinogenní pro člověka (IARC, 2012). U.S. EPA benzen charakterizuje na základě přesvědčivých důkazů na lidech a podpůrných důkazů ze studií na zvířatech jako známý lidský karcinogen pro všechny cesty expozice a řadí jej do kategorie A (U.S. EPA, IRIS, 2000). Benzen primárně poškozuje centrální nervovou soustavu, imunitní systém a krevtvorbu. Projevem otravy jsou závratě, bolesti hlavy, euforie a zmatenost. Může dojít až ke smrti z důvodu selhání dýchání a srdeční arytmie. Chronická expozice poškozuje červené i bílé krvinky a krevní destičky a může způsobit anemii. Projevuje se zvýšenou únavou, anorexií a krvácením z dásní, nosu, kůže a trávicího traktu. Chronická expozice také poškozuje kostní dřeň.

Toluen

Toluen je bezbarvá kapalina s aromatickým zápachem. Při pokojové teplotě je těkavý a hořlavý. Může se rozpouštět v tucích a dobře se rozpouští v organických rozpouštědlech. Přirozeně se vyskytuje v ropě. Benzín obsahuje 5 – 7 % toluenu. Toluen patří mezi těkavé organické látky. Používá se jako průmyslové rozpouštědlo, také při tiskařských pracích, barvení kůží a k výrobě benzenu a dalších chemikálií. Toluen se také používá jako výchozí surovina při výrobě polymerů, ze kterých se potom vyrábí nylon, plastové lahve a polyuretany. Mezi další využití patří výroba léčiv, barviv a laků na nehty. Přidává se do benzínu ke zvyšování oktanového čísla. Primárním vstupem toluenu do těla je inhalace, vstřebává se 50 % vdechnutého toluenu. Může být absorbován také trávicím traktem nebo kontaktem s kůží. Toluen ovlivňuje hlavně centrální nervovou soustavu, dráždí dýchací orgány, kůži, oči, způsobuje srdeční arytmiu a poškozuje játra a ledviny. Akutní expozice způsobují bolesti hlavy, závratě, únavu, ztrátu koordinace a barevného vidění, zvracení a apatii. Chronická expozice způsobuje únavu, ztrátu soustředění a paměti, podrážděnost, trvalé bolesti hlavy a poškození mozečku. Ve většině případů jsou tyto příznaky (po ukončení expozice) dočasné. Toluen může přecházet placentou do plodu a může se

také nacházet v mateřském mléce. Z hlediska toxicity toluenu je významná hlavně profesionální chronická expozice. U koncentrace toluenu ve venkovním ovzduší není výrazné poškození zdraví nebo ekosystému pravděpodobné. IARC zařadila toluen do skupiny 3, tj. mezi látky, které nelze klasifikovat na základě jejich karcinogenity pro člověka (IARC, 1999).

Chlorbenzen

Chlorbenzen je bezbarvá hořlavá kapalina s charakteristickým aromatickým zápachem. Je běžně používaným rozpouštědlem a také meziproduktem pro výrobu dalších chemikálií. Chlorbenzen je těkavý, jeho biodegradace v půdě a podzemní vodě je pomalá. Produkty biodegradace jsou 2 a 4 chlorfenoly. Abiotická degradace je také možná, protože chlorbenzen absorbuje světlo v rozsahu 290 - 310 nm. Stejně tak ve troposféře i v povrchových vodách tento proces přispívá k odbourávání. Produktem je monochlorbiphenyl. Chlorbenzen je toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí. Při kontaktu s chlorbenzenem může dojít k podráždění kůže, očí. K nepříznivým účinkům na zdraví dochází při jeho inhalaci. Expozice velkému množství chlorbenzenu může mít nepříznivý vliv na nervovou soustavu a způsobit bolesti hlavy, ospalost, svalovou křeč, nepravidelný tep, zrychlené dýchání až bezvědomí. Nepříznivé účinky může mít inhalace chlorbenzenu také na kostní dřeň. Ostatní účinky na lidské zdraví spojené s dlouhodobou opakovanou expozicí malým dávkám chlorbenzenu nejsou známy. Chlorbenzen není zařazen v seznamu karcinogenních látek IARC. U.S. EPA jej zařadila do skupiny D, tj. není klasifikován jako karcinogen.

Vinylchlorid

Vinylchlorid (VCE) je bezbarvý plyn, lehce nasládlého zápachu, slabě rozpustný ve vodě, který snadno hoří a není příliš stabilní při vyšších teplotách. Může se vyskytovat i v kapalně formě, pokud je udržován pod vysokým tlakem nebo za nízké teploty. Téměř výhradním použitím vinylchloridu je jeho polymerace na polyvinylchlorid (PVC), případně na kopolymery vinylchloridu. PVC se používá na výrobu celé řady plastových produktů. Vinylchlorid se využívá i pro výrobu chlorovaných rozpouštědel. V minulosti se vinylchlorid používal také jako chladicí prostředek, palivo a anestetikum. Vzhledem k jeho těkavosti se většina VCE vyskytuje v atmosféře a to hlavně v plynné formě. Vinylchlorid z půdy a vody snadno odtěká do atmosféry. V půdě může docházet také k mikrobiální degradaci nebo vyluhování do podzemních vod. K biodegradaci ve vodách nedochází. K akumulaci v tělech organismů dochází jen v omezené míře. Vinylchlorid je mikrobiologický degradační produkt tetrachlorethylenu nebo trichlorethylenu, vyskytujících se v podzemní vodě, a tudíž může být v podzemní vodě detekován (ATSDR, 2004). Hlavní cestou vstupu do těla je inhalace, méně významným vstupem je průnik kůží. Akutní inhalační expozice ovlivňuje centrální nervovou soustavu (např. rozostřené vidění, závratě, nevolnost a bolesti hlavy). Chronická inhalační nebo orální expozice vinylchloridu může způsobovat např. ospalost, bolesti žaludku, ztrátu váhy, nevolnost a poškození jater (WHO, 1999). Podle klasifikace U.S. EPA je vinylchlorid zařazen mezi lidské karcinogeny, může způsobovat rakovinu jater (případně plic, mozku, lymfatického a krevního systému a centrální nervové soustavy). Je také mutagenní. IARC zařadila vinylchlorid do skupiny 1, tj. karcinogenní pro člověka (IARC, 2012).

1,2-dichlorethylen

1,2-dichlorethylen (1,2-DCE) je hořlavá bezbarvá kapalina ostrého štiplavého zápachu. Je to průmyslově vyráběná sloučenina, která se používá zejména k výrobě rozpouštědel. V minulosti

nebyl používán. Je meziproduktem rozpadu PCE a TCE. Existují dvě isoformy 1,2-dichlorethylenu: cis- a trans-1,2-dichlorethylen. Krátkodobá inhalace par 1,2-dichlorethylenu (vysoké koncentrace, do 10 mg/l) může vyvolat nevolnost, ospalost a únavu. Účinky na zdraví po dlouhodobé expozici nízkými koncentracemi nejsou známy (ATSDR, 1996). Podle U.S. EPA (2005a) nejsou dostatečné informace k vyhodnocení karcinogenního potenciálu cis-1,2-dichlorethylenu. IARC nemá tuto látku zařazenu v seznamu látek klasifikovaných dle karcinogenity.

Tetrachlorethylen (PCE)

Tetrachlorethylen (PCE) je bezbarvá nehořlavá kapalina s éterickým zápachem. Jedná se o látku velmi těkavou, proto tetrachlorethylen řadíme do skupiny těkavých organických látek (VOC). Se vzduchem vytváří hořlavé směsi. Tetrachlorethylen je díky svým vlastnostem vynikající čistící prostředek. Rozpouštějí se v něm mnohá organická znečištění (například povrchů), ať už se jedná o různé druhy maziv či olejů, nebo o přirozené znečištění například u oděvů. Ve stopových množstvích může být nalezen také v některém spotřebitelském zboží, jako jsou inkousty do tiskáren, lepidla, nosiče barev a silikonová maziva. V minulosti byl používán ve zdravotnictví jako anestetikum. Tetrachlorethylen je obecně látka nebezpečná pro zdraví člověka. IARC zařadila PCE do skupiny 2A, tj. pravděpodobný karcinogen pro člověka (IARC, 2014). Podle U.S. EPA (2012) je PCE charakterizován jako „pravděpodobně karcinogenní pro člověka“ všemi expozičními cestami. Do organismu může být látka vdechnuta a prostupuje i pokožkou. Uvádí se, že u exponované osoby může dojít k následujícím projevům a rizikům: zvýšení pravděpodobnosti onemocnění rakovinou, poškození reprodukčních funkcí u obou pohlaví, poškození zdravého vývoje plodu, podráždění pokožky, popáleniny, její vysušení a popraskání, poškození očí, nosu, úst a dýchacích cest, poškození jater a ledvin. Vyšší koncentrace mohou poškodit centrální nervovou soustavu. Může způsobit bolest hlavy, slabost, nevolnost, zvracení. Při inhalaci vyšších koncentrací PCE může dojít k tvorbě vody v plicích (edém).

Trichlorethylen (TCE)

Trichlorethylen (TCE) je bezbarvá viskóznější kapalina. Vyznačuje se nasládlým zápachem podobným chloroformu. Je mírně hořlavý, přičemž bod vzplanutí činí 32°C Vzhledem k tomu, že se jedná o látku těkavou, zařazujeme trichlorethylen do skupiny těkavých organických látek (VOC). Trichlorethylen se využívá jak v průmyslovém odmašťování kovových obrobků, tak v odmašťování vodní páry. Dále se používá v některých lepidlech, pro syntézy v chemickém průmyslu, jako surovina pro výrobu hydrochlorofluorohydroxidů (HCFC) a jako rozpouštědlo pro různé výrobky. Trichlorethylen je látka nebezpečná pro zdraví člověka. IARC zařadila TCE do skupiny 1, tj. karcinogenní pro člověka (IARC, 2014). Podle U.S. EPA (2011) je trichlorethylen charakterizován jako „karcinogenní pro člověka“ všemi expozičními cestami. Do organismu může vstupovat především inhalací. Expozice ovlivňuje centrální nervový systém. Uvádí se, že jeho dopady mají podobné projevy jako u alkoholu – bolest hlavy, závratě, zmatenost. Při pokračující expozici následuje bezvědomí i smrt. TCE může způsobovat mutace – poškození genetického kódu, dráždí a poškozuje pokožku a oči s možností nevratného poškození zraku, může způsobovat kožní alergie. Způsobuje závratě, bezvědomí, zrakové halucinace, nevolnost a zvracení. Vysoké koncentrace TCE mohou způsobit nepravidelný srdeční tep i smrt. Opakované expozice mohou způsobit ztrátu paměti, bolesti hlavy a deprese. Může poškodit játra a ledviny, způsobuje zvýšený výskyt rakoviny u zvířat.

Isopropanol

Isopropanol (též 2-propanol, isopropylalkohol) je bezbarvá, hořlavá, silně páchnoucí kapalina. Páry isopropanolu jsou těžší než vzduch a jsou snadno zápalné v širokém rozsahu koncentrací. Směs se vzduchem nebo s jinou oxidující látkou je výbušná. Isopropanol rozpouští širokou škálu nepolárních sloučenin. Je relativně netoxický a rychle se odpařuje. Proto se široce používá jako rozpouštědlo a jako čisticí prostředek. Jako konzervant (pro biologické preparáty) isopropanol poskytuje alternativu k formaldehydu a jiným syntetickým konzervantům. Isopropanol je hlavní složkou aditiv pro odvodňování benzínu. Také se často používá ve spreji na odmrazování skel dopravních prostředků. Podle [67] se rychle absorbuje z gastrointestinálního traktu, 80 % je absorbováno během 30 minut a 100 % během 3 hodin. Oproti tomu absorpce kůží je pomalá. Metabolismus isopropanolu v těle probíhá skrze oxidaci alkoholdehydrogenázou v játrech na aceton. Aceton je vyloučen vydechováním vzduchu a močí a podléhá také další oxidaci na sůl kyseliny octové a mravenčí a nakonec na CO₂. Isopropanol má senzibilizační účinek, není však dráždivý pro kůži. Inhalace isopropanolu po dobu několika minut vyvolává podráždění očí a nosohltanu. Orální příjem nízkých dávek (2,6 – 6,4 mg/kg tělesné váhy) nemá vliv na krevní buňky, sérum nebo moč a nevytváří žádné symptomy (IARC, 1977). Akutní inhalační expozice isopropanolu může způsobit útlum centrálního nervového systému, který může být ještě prodloužen acetonem, metabolitem isopropanolu. Letalita se vyskytuje u velmi malých a novorozenech dětí. IARC zařadila isopropanol do skupiny 3, tj. mezi látky, které nelze klasifikovat na základě jejich karcinogenity pro člověka (IARC, 1999).

Metanol

Metanol je průhledná, bezbarvá, alkoholicky páchnoucí kapalina, mísitelná s vodou a mnoha organickými rozpouštědly. Je těkavý, hořlavý a silně jedovatý. Přirozeně se vyskytuje u lidí, zvířat i rostlin. Je přirozenou součástí krve, moči, slin a vydechovaného vzduchu. Metanol vzniká v malém množství rozkladem organických látek působením některých mikroorganismů (např. oxidací metanu bakteriemi rodu *Methylococcus*), velice brzy se však ve vzduchu působením slunečního záření oxiduje na oxid uhličitý a vodu. Metanol má širokou škálu použití, mj. jako rozpouštědlo, přísada do nemrznoucích směsí, denaturační činidlo pro denuraci etanolu, přísada do pohonných látek nebo jako samostatná pohonná látka, jako surovina pro výrobu jiných organických látek (formaldehydu, kyseliny mravenčí, dimethyletheru). Metanol se metabolizuje především v játrech, a to pomocí enzymu alkoholdehydrogenázy na formaldehyd, který se dále přeměňuje na kyselinu mravenčí. Ta se pak oxiduje folátovou metabolickou dráhou na oxid uhličitý. Metanol se snadno vstřebává všemi cestami, tedy především z trávicího traktu, vdechováním nebo přes kůži. Již požití dávek 4 - 10 cm³ může způsobit trvalou slepotu. Toxicita metanolu nespočívá až tolik v působení této látky, jako v působení jejích metabolitů. Metanol samotný se metabolizuje zhruba poloviční rychlostí oproti etanolu. Celková eliminace metanolu je pomalá, odpovídá zhruba sedmině rychlosti pro etanol. Navíc má etanol asi dvacetkrát vyšší afinitu k alkoholdehydrogenáze než metanol, proto je preferovaným substrátem. To umožňuje podávat etanol jako antidotum při intoxikaci, protože se výrazně zpomalí metabolismus metanolu a podstatně se tak sníží jeho biochemické a klinické účinky. K časným příznakům otravy patří opilost a ospalost. Po 8 až 36 hodinách se přidávají bolesti hlavy, závratě, kóma, případně křeče. Zřítelnice jsou roztažené, s pomalou nebo žádnou reakcí na světlo. Zrak je zhoršený nebo rozmazaný, může zůstat na úrovni vnímání světla nebo může nastat úplná slepota. V akutní fázi je běžné překrvení čočky. Běžně se vyskytují bolesti břicha, občas akutní pankreatitida. Hlavním rizikem při intoxikaci metanolem je metabolická acidóza, která představuje přebytek kyselin v těle a může způsobit rozvrat mnoha buněčných funkcí. Je způsobena hromaděním kyseliny

mravenčí a v pozdější fázi také kyseliny mléčné. Dochází k útlumu centrálního nervového systému, poškozuje se sítnice a může dojít k trvalé úplné slepotě. Metanol není zařazen IARC v seznamu látek klasifikovaných dle karcinogenity.

Aceton

Aceton je bezbarvá kapalina specifického zápachu. Bývá také nazýván propan 2 – on nebo dimethylketon. Je to hořlavá a s vodou neomezeně mísitelná látka. Směs par s kyslíkem je výbušná. Aceton je základní surovinou chemického průmyslu. Používá se jako rozpouštědlo organických látek. Využívá se na výrobu podpatků a podrážek či jiných gumových dílů obuvi. V přírodě se přirozeně vyskytuje v rostlinách, stromech nebo sopečných plynech. Průmyslové procesy přispívají větší mírou produkce acetonu do životního prostředí, než procesy přirozené. Aceton může vstupovat do těla převážně inhalační nebo orální cestou. Při běžném použití vykazuje zřejmě jen mírnou toxicitu a neexistují dostatečné důkazy pro chronické účinky na zdraví, dodržují-li se základní zásady. Při velmi vysokých koncentracích par je aceton dráždivý a podobně jako u mnoho jiných rozpouštědel působí tlumivě na centrální nervový systém. Při požití způsobuje gastrointestinální poruchy a poškození ledvin a jater. Aceton není uveden na seznamu látek uvedených agenturou IARC (International Agency for Research on Cancer) a dle U.S. EPA údaj také není k dispozici.

Amonné ionty, amoniak

Amonné ionty (NH_4^+) jsou po chemické stránce formou rozpuštěného amoniaku. Ve vodním prostředí se ustavuje rovnováha mezi ionizovanou formou (NH_4^+) a rozpuštěným neionizovaným amoniakem (NH_3), poměr mezi ionizovanou a neionizovanou formou závisí především na pH vodního prostředí. Z terminologického hlediska je zapotřebí odlišovat (celkový) **amoniakální** dusík N ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$) od dusíku **amonného** (N-NH_4) a dusíku **amoniakového** (N-NH_3). Amoniakální dusík je jednou z hlavních forem anorganicky vázaného dusíku, tak jako dusitanový a dusičnanový dusík [41].

Pro inhalaci i pro příjem pitnou vodou je stanoven limit, referenční dávky a koncentrace pro amoniak. Tato skutečnost je v souladu s vlastnostmi amoniaku, jak jsou popsány v integrovaném registru znečišťování (<http://www.irz.cz/repository/latky/amoniak.pdf>) a na webu Agentury pro životní prostředí Velké Británie (<http://www.environment-agency.gov.uk>):

„Amoniak se velmi dobře rozpouští ve vodě, a to při 0 °C 1148 cm³ v 1 cm³ vody, za vzniku zásaditého roztoku, který se nazývá čpavek. Výsledný roztok je silně zásaditý a nazývá se taky „hydroxid amonný“. Tohle označení je však poněkud nesprávné, jelikož molekula „NH₄OH“ neexistuje. Neexistence molekuly „NH₄OH“ je v souladu s faktem, že amoniak je Brønstedtova, nikoli Arrheniova zásada. Zásaditý charakter amoniaku je tudíž podmíněn jeho schopností vázat proton vodíku H⁺, a ne tvořením hydroxidových iontů OH⁻ v průběhu reakce $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ (dle této reakce reagují pouze 4 z 1000 molekul amoniaku). Správné označení vodního roztoku amoniaku je tudíž NH₃(aq) nebo NH₃ • H₂O.“

Z uvedeného je zřejmé, že ionizovaná forma NH_4^+ se vyskytuje pouze ve vodním prostředí a je tvořena pouze disociovanou frakcí NH_3 , která vstupuje do interakce s molekulami vody. Tato disociace není kvantitativní (100 %) a rovnováha mezi disociovaným a nedisociovaným podílem NH_3 se ustavuje podle aktuálních podmínek prostředí. Přestup této škodliviny z vodního prostředí ovlivňuje, případně vylučuje přítomnost amoniaku (NH_3) ve formě amonného iontu

(NH_4^+). Pro expozici inhalací připadá jako aktivní sloučenina amoniak a i jeho ve vodě rozpuštěná část přechází mezi disociovanou a nedisociovanou formou (včetně vnitřního prostředí exponovaného organismu). Jako základní chemické individuum je proto hodnocen amoniak, který při expozici působí na cílový organismus.

Amoniak je bezbarvý, hořlavý plyn, intenzivně štiplavého zápachu, který lze cítit již v koncentraci 5 ppm. V životním prostředí se vytváří jako produkt metabolických procesů v zemědělství, industriální činnosti a z plošně disperzních zdrojů např. z dezinfekce chloraminem. Přirozeně se amoniak vyskytuje v atmosféře, v půdě a v povrchových vodách. Amoniak je významným komponentem metabolismu savců. Vlivem katabolických procesů a rozkladu neživé organické hmoty je amoniak spolu se zápachem považován za hlavní složku kontaminace ovzduší vlivem zemědělských provozů. Vyšší koncentrace amoniaku indikuje riziko na fekální znečištění vody. Problémy s chutí a zápachem vody mohou nastat v případě obsahu vyššího obsahu amoniaku v pitné vodě. Přítomnost amoniaku v pitné vodě může být následkem desinfekce vody chloraminem. Amoniak se používá jako umělé průmyslové hnojivo, v produkci potravy pro zvířata, na výrobu plastů, výbušnin, papíru, tkanin a gumových produktů. Další využití je v koksárenském průmyslu, ve výrobě kovů a jako startovací produkt pro mnoho sloučenin obsahujících dusík. Amoniak a amonné soli se využívají jako čistící a přídavné látky do potravin. Amoniak má toxické účinky na lidské zdraví jenom v případě vyššího příjmu než je kapacita těla k jeho detoxifikaci. Při pokusech na zvířatech pro akutní orální expozici amonným solím byla stanovena letální dávka LD50 v rozmezí 350 - 750 mg/kg váhy. Při jednorázové dávce různých amonných solí 200 - 500 mg/kg váhy mají vliv na plicní edémy, dysfunkci nervového systému, acidózu a poškození ledvin (http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health, 2004). Uvedené riziko pro veřejné zdraví prostřednictvím kontaminace vody, je nutno vzít v úvahu jako možné následné vlivy kontaminace prostředí v důsledku masivního vstupu plynného amoniaku do atmosféry během havarijního stavu technologie jeho výroby, skladování, manipulace, biogenních emisí, případně dalších vlivů. Vstupní cestou expozice plynného amoniaku jsou sliznice dýchací soustavy a exponovaná část kůže. Zdravotně bezpečná referenční koncentrace ve volném ovzduší je dle U.S. IRIS stanovena při použití modifikujícího faktoru a faktoru nejistoty na $\text{RFCi} = 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro chronickou inhalační expozici. Pro orální expozici nebyly v roce 2010 stanoveny referenční dávky této škodliviny vzhledem k jejímu masivnímu výskytu v prostředí i vlivem běžných biogenních procesů a vzhledem k chemickým přeměnám jednotlivých forem dusíku, které zahrnují i hodnocenou škodlivinu. Vysoké koncentrace amoniaku způsobují zástavu dechu. Nečastěji je to zástava přechodná, může však dojít i k velmi rychlé smrti. Hlavním nebezpečím je při delším pobytu ve vyšších koncentracích možnost vzniku edému plic. Při inhalaci amoniaku může dojít také i dráždění ústředního nervstva až křečím, mohou být poškozeny ledviny, u žen může dojít ke krvácení z rodidel, u těhotných k potratu. Chronické působení nižších koncentrací vede k poškození obdobnému jako u jiných dráždivých látek: nepříjemnosti s podrážděnými spojivkami, dráždění sliznice nosohltanu a průdušek kašel a možnost vzniku rozedmy plic se všemi vážnými důsledky. Smrtící koncentrace pro člověka při inhalaci trvající 5 minut = 30 000 ppm, což představuje $20\,850 \text{ mg}/\text{m}^3$. Podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů, jsou stanoveny v pracovním prostředí jako nejvyšší přípustné koncentrace $\text{NPK}=36 \text{ mg}/\text{m}^3$, přípustný expoziční limit $\text{PEL}=14 \text{ mg}/\text{m}^3$. Amoniak je typickou systémovou škodlivinou, v případě vyšších koncentrací působí i jako lokální škodlivina. Čichový práh v ovzduší byl zjištěn (Nauš, 1982) $1,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ (detekční) a $35 \text{ mg}/\text{m}^3$ (rekognoskační).

Psychofarmaka

Dostupné jsou pouze údaje ke 3 níže uvedeným látkám (z celkového počtu 9 analyzovaných psychofarmak).

Amitriptylin hydrochlorid

Amitriptylin hydrochlorid se vyskytuje ve formě prášku. Jedná se o silné oxidační činidlo, které je stabilní za doporučených skladovacích podmínek. Dráždí oči, dýchací cesty a kůži. Patří mezi látky s podezřením na poškození reprodukční schopnosti nebo plodu v těle matky. Z farmaceutického hlediska můžeme Amitriptylin zařadit mezi látky s antidepresivními účinky. Podle agentury IARC (International Agency for Research on Cancer) se nejedná o možný ani o potvrzený karcinogen.

Chlorprothixen báze

Chlorprothixen báze je bílý nebo slabě nažloutlý krystalický prášek, bez zápachu. Je rozpustný v etanolu, etheru a chloroformu. Látka je používána jako neuroleptikum, má antipsychotické účinky. Při požití je toxická. Způsobuje podráždění kůže, očí, sliznic a horních cest dýchacích. Při vdechování může být škodlivá. Způsobuje rovněž ekzémy a při dlouhodobém kontaktu s kůží může mít senzibilující účinky. Masivní nebo opakovaná expozice může postihnout orgány krvetvorby a centrální nervový systém, může mít za následek výskyt mikrobiální infekce, opoždění hojení a krvácení z dásní. V databázích IARC a U.S. EPA není Chlorprothixen báze klasifikován.

Thiepinon

Thiepinon se vyskytuje ve formě bílé až slabě nažloutlé krystalické látky, bez zápachu. Jedná se o hořlavou organickou látku, která není výbušná. Thiepinon je málo rozpustný v etanolu a dobře rozpustný v toluenu, ve vodě je rozpustný. Používá se jako meziprodukt. Při jednorázové expozici může prach způsobit podráždění dýchacích orgánů, kůže a očí. Údaje o vlivu na životní prostředí nejsou známy. Žádné údaje o karcinogenních vlastnostech této látky nejsou v databázích IARC a U.S. EPA k dispozici.

3.1.2 Základní charakteristika příjemců rizik

Charakteristika podmínek expozice

- V areálu Farmaku byla realizována následující sanační opatření:
 - odstranění všech identifikovaných ohnisek kontaminace v nesaturované zóně znečištěných různými organickými látkami s výjimkou plochy na parkovišti;
 - sanace nesaturované zóny horninového prostředí ventingem;
 - sanační čerpání podzemní vody;
 - in-situ chemická oxidace horninového prostředí Fentonovým činidlem;
 - plošný monitoring znečištění podzemní vody ve směru jejího proudění na hranici a za hranicí areálu Farmaku a ve směru k JÚ Černovír.

- Cílových limitů stanovených rozhodnutím ČIŽP v podzemní vodě nebylo dosud dosaženo.
- Byly zjištěny nové skutečnosti, které mají významný vliv na účinnost sanačních prací – výskyt volné fáze polutantů na hladině podzemní vody, existence starých podzemních jímek, nádrží a staré chemické kanalizace a výskyt toluenu v dříve vyloučených částech areálu.
- Zbývá dokončit odtěžení znečištěné nesaturované zóny na parkovišti vedle hlavní brány Farmaku (objekt 26a).
- Při ověření stavu chemické kanalizace v rámci Doplnku AAR byla obnažením tří kanalizačních tras v šachtě Š11 u budovy č. 20 zjištěna masivní kontaminace sedimentů, obsažených v kanalizaci, toluenem, chlorbenzenem a chlorovanými uhlovodíky. Kamerovou prohlídkou bylo ověřeno, že kanalizace je v havarijním stavu.
- Ve směru otevřené části PTS a proudění podzemní vody se nachází řada domovních studní, které jsou využívány jako zdroje vody pro zálivku, v některých případech jako voda pro sociální zařízení. Řada studní je vybudována v zahrádkářské kolonii, jsou využívány na zálivku. Studny jsou oficiálně evidované. Pitná voda v obytné zóně je dodávána z veřejného vodovodu.
- Podzemní voda ve sledovaných domovních studních situovaných ve směru jejího proudění od areálu Farmaku obsahovala v některých případech koncentrace překračující limitní hodnoty dané vyhláškou č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, která stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly, ve znění pozdějších předpisů.
- V případě, že podzemní voda v obytné zóně vykazuje senzoricky zápach (všechny studny v minulosti na lokalitě vzorkované), obyvatelé používají vodu ze studní pouze na zálivku, ne na sociální účely.
- Z hlediska výskytu obytných zón v okolí areálu Farmaku:
 - jihozápadním a západním směrem od Farmaku, za areály škol, se nachází v prostoru ulice Jablonského obytná zóna s jednopodlažními a dvojpodlažními rodinnými domky se zahradami a zahrádkářská kolonie.
- Ve vzdálenosti cca 380 až 580 m západně a jihozápadně od areálu Farmaku protéká řeka Morava.
- Za podzemní těsnicí stěnou se ve vzdálenosti 800 m od sv. okraje areálu Farmaku nachází JÚ Černovír zásobující pitnou vodou veřejný vodovod.
- Směr proudění podzemní vody:
 - je ovlivněn existencí funkční podzemní těsnicí stěny,
 - z areálu Farmaku směřuje k západu až jihozápadu,
 - rozvodnice v důsledku vodárenských odběrů v JÚ Černovír se vytváří v. a sv. od hranice areálu Farmaku.
- Dle sdělení zástupců společnosti FARMAK, a.s. je vyloučeno, že by mohlo docházet ke kontaminaci horninového prostředí chemickými látkami používanými v areálu Farmaku, a tím by byl ovlivněn průběh sanačních prací.
- V areálu Farmaku je větší část plochy (60,5 %) zatravněná.

Charakteristika ohrožitelných subjektů

Charakteristika ohrožitelných subjektů byla převzata z AAR [32]:

Osoby

- Zaměstnanci Farmaku nebo zaměstnanci externích firem – mohou být ohroženi např. při výkopových pracích při budování nových objektů v areálu objednatele

Jako potenciálně exponovaná populace jsou uvažováni pracovníci provádějící výkopové práce. Jejich počet je max. 10 osob v pracovním prostředí.

- Obyvatelé místních částí Černovír a Klášterní Hradisko žijící v rodinných domcích nebo majitelé zahrádek situovaných ve směru proudění podzemní vody – mohou být ohroženi při používání podzemní vody jímáné z domovních studní

Počet obytných domů se zahradami v této oblasti je 62 (příloha č. 11), uvažuje se průměrné osídlení 4 osoby/dům, tj. 248 osob. Předpokládáme, že zálivku budou provádět 2 osoby, obývající každý dům. Početnost této potenciálně exponované populace je 124 osob, věkové složení není známo. Počet zahrádek v zahrádkářské kolonii v této oblasti je 30, předpokládá se obvyklý režim využívání zahrádkářské osady s výskytem pouze v letní sezóně (duben – říjen, tj. 7 měsíců/rok) s frekvencí průměrně 2x týdně, počet osob byl odhadnut na 2 osoby/zahrádku. Početnost této populace je za uvedeného předpokladu 184 osob. Jak vyplývá z tabulky 27 v příloze č. 19 AAR [32], ne všechny domovní studny jsou kontaminovány. Také v monitorovacích vrtech v obytné zóně obvykle není kontaminace přítomna (s výjimkou vrtů SM-36, SM-39 a „vrt 2“). Proto pro hodnocení rizik uvažujeme cca 50 % studní za ohrožených a tedy cca 100 osob.

- Studenti, učitelé a zaměstnanci Střední školy zemědělské

Potenciálně exponovanou populací jsou studenti, kteří na pozemku provádějí praktická cvičení. Počet studentů, kteří provádějí praktická cvičení ze zemědělské praxe je 60, jejich věk je 15 až 19 let. Demonstrační metoda výuky však podstatně omezuje riziko expozice studentů. Vzhledem k odpařování NH_4^+ do volného ovzduší připadá v úvahu prakticky pouze expozice během zalévání pozemků. Zalévání provádí pouze pověřená osoba – zahradník – max. 1 osoba s výskytem 9 měsíců/rok (10x/měsíc) po dobu max. 6 hod/týden (max. 2,5 hod/den). V tomto areálu probíhá i výuka jiných oborů, avšak tito studenti vzhledem k zaměření jejich výuky nepatří mezi potenciálně exponovanou populaci. Potenciální expozice reálně připadá v úvahu pouze u zahradníka (1 osoba). Výpěstky (ovoce, zelenina) nejsou podle sdělení ředitele školy konzumovány.

- Správce sportoviště v areálu Střední školy logistiky a chemie

Sportoviště (zatravněný ovál a antukové dráhy) je využíváno pro studenty 2 škol:

- Střední škola logistiky a chemie, U Hradiska 29 (330 žáků, stav k 30. 9. 2011)
- Střední škola stavební – HORSTAV, U Hradiska 4 (84 žáků, stav k 30. 9. 2011).

Celkem se jedná o 414 studentů. Počet žáků celkem využívajících tuto plochu je 414, sportoviště je využíváno po dobu 9 měsíců/rok (mimo prázdniny). Tenisové kurty jsou využívány studenty Střední školy logistiky a chemie (1 kurt) a veřejností (2 kurty). Odhad početnosti této populace je max. 50 osob po dobu 9 měsíců/rok. Údržbu hřiště provádí zaměstnanec školy (celkem cca 1 osoba), klopení provádí 1 osoba po dobu 5 měsíců/rok s frekvencí 3x týdně po dobu 1,5 hodin,

obvykle večer. Hadice na kropení jsou rozvedeny v zemi, údržbář tuto hadici nedrží a kropení je ovládáno dálkově. Během sportovních aktivit údržba sportoviště neprobíhá. Tenisové kurty obhospodařuje samostatný správce, který provádí kropení 3 kurtů pomocí hadice (manuální kropení). Období kropení je rozloženo na dobu od května do září podle potřeby. Obvyklá frekvence kropení je 2x týdně mimo hrací dobu, tj. brzy ráno nebo pozdě večer, po dobu 1,5 hodiny.

K expozici může docházet v důsledku aplikace kontaminované vody na plochu sportoviště. Při kropení sportoviště je přítomnost sportovců – žáků a mimoškolních uživatelů vyloučena.

Lokalizace výše uvedených příjemců zdravotních rizik je znázorněna v příloze č. 11.

Ekosystémy

- Ekosystémy potenciálně ovlivněné kontaminací v zájmovém území jsou ekosystémy vázané na povrchové vody – řeku Moravu.

3.1.3 Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice

Koncepční model (tabulka č. 28) byl převzat z AAR [32]. Pouze u expozice pracovníků provádějících výkopové práce v areálu Farmaku byl nahrazen tzv. náhradní scénář pro amonné ionty při ingesci zeminou, a to výpočtem pro amoniak ve scénáři č. 1b. Ten nebyl v AAR [32] proveden, neboť parametr RfD pro orální expozici u NH_4^+ nebyl stanoven. Důvodem této změny je, že toxické nejsou amonné ionty, ale volný amoniak, a tudíž lze provést výpočet v rámci scénáře 1b (nahodilá perorální expozice při manipulaci s vodou ve výkopu). Při aktualizaci modelu byly zohledněny reálné mechanismy migrace, ze kterých vyplynuly nejdůležitější transportní cesty kontaminace. U expozice pro Střední školu zemědělskou a pro Střední školu logistiky a chemie u amonných iontů nedošlo ke změnám parametrů u amonných iontů a amoniaku pro kvantifikaci rizika. Navíc v rámci DAAR byl doprůzkum zaměřen pouze na areál Farmaku. Původní výpočty provedené samostatně v příloze č. 29 AAR [32] není tedy nutné aktualizovat. Hodnocením nebyla pro amonné ionty identifikována žádná rizika pro inhalaci par z kontaminované podzemní vody při zalévání demonstračních pozemků ve Střední škole zemědělské a při kropení sportovišť ve Střední škole logistiky a chemie.

Při stanovení jednotlivých scénářů byl zohledněn požadavek na výběr pouze reálných expozičních scénářů.

Tabulka č. 28: Aktualizovaný koncepční model

Možná expozice obyvatel	Expoziční cesta		Scénář vybrán pro kvantifikaci a jeho označení	Důvod pro výběr nebo vyloučení
On-site				
Pracovníci (externí) – provádějící výkopové práce v areálu Farmaku	podzemní voda	dermální kontakt s kontaminovanou podzemní vodou při výkopových pracích	ano/1a	Neovlivněná hladina může být i 2,0 m p.t. Bereme-li do úvahy maximální hloubku výkopu 3 metry, dermální kontakt s kontaminovanou vodou může nastat při manipulaci s vodou při odčerpávání. Ve větší hloubce budou použity strojní mechanismy pro výkopové práce.
		nahodilá perorální expozice při manipulaci s vodou ve výkopu	ano/1b	Neovlivněná hladina může být i 2,0 m p.t. Bereme-li do úvahy maximální hloubku výkopu 3 metry, budou muset pracovníci např. odčerpávat kontaminovanou vodu z výkopu.

Možná expozice obyvatel	Expoziční cesta		Scénář vybrán pro kvantifikaci a jeho označení	Důvod pro výběr nebo vyloučení
Off-site				
Střední škola zemědělská – personál (zahradník)	výpary	inhalace par z kontaminované podzemní vody při zalévání demonstračních pozemků	ano, pouze pro NH ₄ ⁺ (příloha č. 29 AAR [32])	Výpočet bude proveden jen pro NH ₄ ⁺ , neboť organické polutanty jsou přítomny v minimálních koncentracích. Pro organické polutanty bude pro stejný scénář proveden výpočet u zálivky z domovních studní, kdy je míra expozice i obsah polutantů podstatně vyšší.
Střední škola logistiky a chemie – správce sportoviště	výpary	inhalace par z kontaminované podzemní vody při kropení sportoviště	ano, pouze pro NH ₄ ⁺ (příloha č. 29 AAR [32])	Výpočet bude proveden jen pro NH ₄ ⁺ , neboť organické polutanty jsou přítomny v minimálních koncentracích. Pro organické polutanty bude pro stejný scénář proveden výpočet u zálivky z domovních studní, kdy je míra expozice i obsah polutantů podstatně vyšší.
Obyvatelé žijící v obytné zóně ve směru proudění	podzemní voda	dermální kontakt při zalévání zahrady	ano/2a	Kontaminace podzemní vody zjištěna, v lokalitě je řada domovních studní a studní v zahrádkářské kolonii.

Možná expozice obyvatel	Expoziční cesta		Scénář vybrán pro kvantifikaci a jeho označení	Důvod pro výběr nebo vyloučení
Off-site				
podzemní vody a zahrádkáři		nahodilá perorální expozice při zalévání zahrady	ano/2b	Kontaminace podzemní vody zjištěna, v lokalitě je řada domovních studní a studní v zahrádkářské kolonii.
	výpary	inhalace par při kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou při zalévání zahrady	ano/2c	Kontaminace podzemní vody zjištěna, v lokalitě je řada domovních studní a studní v zahrádkářské kolonii, polutanty jsou těkavé organické látky.
	ovoce a zelenina	konzumace vlastní produkce	ne	Kontaminace podzemní vody využívané na zálivku zjištěna. Jedná se o těkavé organické látky, které při zalévání vytěkají (využívá se v sanační technologii stripování). Amonné ionty jsou pěstovanými plodinami v zahrádkách využívány jako součást biologicky dostupných živin obsahujících dusík. V ČSN 75 7143 Jakost vody pro závlahu není žádný z polutantů, pro něž jsou rizika počítána, uveden.
Obyvatelé žijící v obytné zóně ve směru proudění podzemní vody	podzemní voda	dermální kontakt při sprchování kontaminovanou podzemní vodou	ano, podmíněně/3a	Kontaminace podzemní vody zjištěna, v lokalitě je domovní studna, u níž je povoleno využití jako pitné vody (St-Gajdovi). Výpočet bude pouze orientační, neboť domácnost je napojena na veřejný vodovod. Studna povolená k zásobování zahradního bazénu (p. č. 154/4 k. ú. Černovír, leží mimo kontaminaci).
	výpary	inhalace par při sprchování kontaminovanou podzemní vodou	ano, podmíněně/3b	Kontaminace podzemní vody zjištěna, v lokalitě je domovní studna, u níž je povoleno využití jako pitné vody (St-Gajdovi). Výpočet bude pouze orientační, neboť domácnost je napojena na veřejný vodovod. Studna povolená k zásobování zahradního bazénu (p. č. 154/4 k. ú. Černovír, leží mimo kontaminaci).

Z tabulky č.28 je zřejmé, že nejpravděpodobnějším expozičním scénářem je transport kontaminace podzemní vodou a přímý kontakt obyvatel a zahrádkářů s podzemní vodou. Šíření kontaminace představuje potenciální riziko pro ekosystémy povrchových vod a pro obyvatele v okolí, kteří využívají podzemní vodu. Scénář využití vody z domovních studní pro sprchování je zařazen do reálných scénářů pouze podmíněně, neboť všechny obytné domy jsou napojeny na veřejný vodovod. Výsledky rizik z tohoto scénáře budou mít pouze informativní charakter, neboť pro pitnou vodu (tedy i tu, která je používána pro sprchování) platí limity dané vyhláškou č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Vzhledem k vysoké kontaminaci, zjištěné v domovních studních v 70. letech 20. století, nelze v blízké době očekávat snížení polutantů pod tyto limity. Ovšem jak ukázalo vzorkování studní v průběhu sanačních prací, ne všechny studny jsou kontaminovány. Používání vody ze studní je záležitost jejich vlastníků, česká legislativa jakost vody z individuálních studní neřeší.

Při výpočtu rizik jednotlivých expozičních scénářů bylo postupováno následovně:

- Byly vypočteny průměrné a maximální koncentrace polutantů pro možné 4 expozice (areál Farmaku, obyvatelé a zahrádkáři, Střední škola zemědělská a Střední škola logistiky a chemie), a to jak z výsledků postsanačního monitoringu provedeného v červnu a červenci 2015, tak z výsledků průzkumu v rámci DAAR (pouze pro areál Farmaku, neboť mimo areál průzkum nebyl prováděn). Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1 v příloze č. 36. Pro zachování kontinuity bylo ve výpočtech z výsledků postsanačního monitoringu postupováno shodně jako v AAR [32] – do výpočtu byly zahrnuty stejné objekty. Pro stanovení průměrných a maximálních hodnot z výsledků průzkumu DAAR byly použity všechny výsledky z obou kol monitoringu.
- Následně byl proveden výběr koncentrací prioritních škodlivin, které byly použity pro výpočet rizik. Pro expozice v areálu Farmaku byly použity hodnoty z průzkumu DAAR, neboť maximální hodnoty byly vždy vyšší než ty z postsanačního monitoringu (tabulka 1 v příloze č. 30). Pro expozici v obytné zástavbě a zahrádkách byly použity pro výpočty pouze maximální koncentrace u benzenu, chlorbenzenu, vinylchloridu, 1,2-cis-DCE a amoniaku, protože průměrné obsahy těchto látek a obsahy ostatních škodlivin byly zanedbatelné. Koncentrace kontaminantů v podzemní vodě použité pro výpočet rizik jsou uvedeny v tabulce 2 v příloze č. 36.
- Pro průměrné a maximální koncentrace všech prioritních škodlivin s výjimkou psychofarmak byla vypočtena rizika podle scénářů definovaných v tabulce č. 28. Pro expozice středních škol nebyla rizika počítána, neboť, jak je uvedeno výše, parametry pro kvantifikaci rizika u amoniaku se nezměnily. A pro organické polutanty, které jsou navíc přítomny v minimálních koncentracích, je pro stejný scénář proveden výpočet u zálivky domovních studní, kde je míra expozice i obsah polutantů podstatně vyšší. Výsledky jsou uvedeny v příloze č. 30 v tabulce 3. Modrou barvou jsou vyznačeny hodnoty, které po součtu rizik ze všech škodlivin budou nepřijatelné, červenou barvou jsou vyznačeny hodnoty, které překročily přijatelnou míru rizika i samostatně.

Pro použité koncentrace byla především pro scénář výkopových prací v areálu Farmaku u mnoha polutantů míra rizika nepřijatelná, a naopak u některých škodlivin i při vysokých koncentracích byla rizika přijatelná, takže by mohl být pro takovou látku (např. benzen, toluen, isopropanol) sanační limit vysoký. Tím by však byl ohrožen vodní ekosystém v řece Moravě a domovní studny. Navíc je třeba vzít v úvahu synergický vliv polutantů a jejich vysoký počet (11 škodlivin). Revize stávajících sanačních limitů jen na základě těchto výpočtů by mohla být

chybná. Z toho důvodu a z důvodu návaznosti byl proveden výpočet rizik, tak jako v AAR [32], pro koncentrace stávajících sanačních limitů u VCE, DCE, TCE a PCE a pro dvojnásobek sanačních limitů pro benzen, toluen, chlorbenzen a amonné ionty a pro koncentrace zjištěné na lokalitě pro metanol, isopropanol a aceton v konkrétních vrtech tak, jak je uvedeno v tabulce č. 30. U VCE byla použita hodnota cílového limitu, protože v původní AR nebyla pro VCE rizika počítána. Obsah VCE >600 µg/l nebyl během sanace mimo areál Farmaku nikdy stanoven, v areálu pak jen ojediněle. U DCE byla zvolena hodnota cílového limitu, protože byla relativně vysoká. Níže uvedené scénáře byly kvantifikovány jako nejpravděpodobnější expozice (most likely exposure - MLE), kdy se předpokládalo, že jedinec se vyskytuje v dané lokalitě nahodile, tj. expozice může být nízká i vysoká, a během výpočtů rizik byly použity průměrné hodnoty parametrů.

Pro výpočet rizik NH_4^+ (po chemické stránce se jedná o formu rozpuštěného amoniaku) byl proveden přepočten na koncentraci amoniaku (NH_3). Pro inhalaci a orální příjem je stanovena referenční koncentrace, resp. referenční dávka pro amoniak, což vyplývá z jeho vlastností (viz kap. 3.1.1). Pro odhad přestupu iontu NH_4^+ z podzemní vody do ovzduší ve formě NH_3 byla použita laboratorně stanovená průměrná hodnota 2,8 % v AAR [32], tzn. 2,8 % NH_4^+ bude z podzemní vody uvolněno do ovzduší ve formě NH_3 . Pro výpočet inhalačních rizik byla tedy použita koncentrace amoniaku 0,4032 mg/l. Pro hodnocení orální a dermální expozice podzemní vodě kontaminované NH_4^+ byl použit přepočten na koncentraci 7,2 mg/l amoniaku. Jedná se o 50 % koncentrace NH_4^+ . Tento přepočten se používá při pH vody 9 – 10 a byl použit z důvodu konzervativní přístupu na straně bezpečnosti. Ve skutečnosti bude koncentrace amoniaku v podzemní vodě pravděpodobně nižší.

Expoziční scénář č. 1 – pracovníci provádějící výkopové práce v areálu Farmaku

Odhad zdravotních rizik byl proveden pro případ, že by byly v areálu Farmaku prováděny zemní práce a pracovníci, provádějící tyto práce, by přišli do dermálního kontaktu s kontaminovanou vodou při manipulaci s vodou ve výkopu – např. odčerpávání (scénář č. 1a), nebo náhodně požili cca 1 cl kontaminované vody (scénář č. 1b), neboť hladina podzemní vody se pohybuje v hloubce cca 2 až 4 m p.t. Počet pracovníků je max. 10 osob v pracovním prostředí. Koncentrace látek použitých pro výpočet expozice jsou uvedeny v tabulce č. 30. Jsou uvažovány nárazové výkopové práce trvající 20 dní v roce po dobu 8 hod/den. Jedná se o krátkodobou expozici, která je s příklonem na stranu vyšší bezpečnosti hodnocena jako subchronická (opakovaná expozice od cca 30 dnů po cca desetinu délky života, tedy 7 let).

Vzorec pro výpočet expozičního scénáře č. 1a:

Dermální kontakt s kontaminovanou vodou při výkopových pracích

Denní příjem kontaminantu dermálním kontaktem s podzemní vodou lze odhadnout pomocí následující rovnice:

$$\text{DAD} / \text{LADD} = \frac{\text{DA}_{\text{ev}} \times \text{EV} \times \text{ED} \times \text{EF} \times \text{SA}}{\text{BW} \times \text{AT}}$$

Absorbovaná dávka při jednom případě (DA_{ev}) se odvozuje buď pro krátkodobé působení (jestliže $T_{\text{ev}} \leq T_{\text{st}}$) nebo pro dlouhodobé působení (jestliže $T_{\text{ev}} > T_{\text{st}}$). V tomto případě platí pro

všechny hodnocené kontaminanty s výjimkou PCE, že $T_{ev} > T_{st}$ a byl tedy použit výpočet DA_{ev} pro dlouhodobé působení:

$$DA_{ev} = FA \times Kp \times CW \times CF \times \left[\frac{T_{ev}}{1+B} + 2\tau \left(\frac{1+3B+3B^2}{(1+B)^2} \right) \right]$$

Pro PCE platí, že $T_{ev} \leq T_{st}$, jedná se tedy o krátkodobé působení a pro výpočet byl použit následující vzorec:

$$DA_{ev} = 2FA \times Kp \times CW \times CF \times (6\tau \times T_{ev} / \pi)^{1/2}$$

kde:

DAD	dermální absorbovaná dávka [mg/kg/den],
LADD	celoživotní denní absorbovaná dávka [mg/kg/den],
DA_{ev}	absorbovaná dávka při jednom případě [mg/cm ² /případ],
EV	počet případů za den [případ/den]; 5 (teoretický odhad),
EF	frekvence expozice [den/rok]; 20 dní/rok,
ED	trvání expozice [rok]; 0,05 roku, celoživotní expozice 70 let,
SA	plocha exponovaného povrchu kůže [cm ²]; lze předpokládat, že dermální expozici budou vystaveny ruce, potom se dle MP MŽP (2011) [44] uvažuje cca 1 000 cm ² pro dospělého muže,
BW	váha těla [kg]; 70 kg,
AT	doba průměrování [den]; pro nekarcinogenní účinky $AT = ED \times 365$ dní/rok, pro karcinogenní účinky $AT = 70$ let $\times 365$ dní/rok,
FA	absorbovaný podíl [-]; 1,
Kp	koeficient permeability průniku kůží [cm/hod]; tento parametr je pro každou látku specifický, viz tabulka č. 29 (data převzata z databáze IRIS),
CW	koncentrace kontaminantu v podzemní vodě [mg/l],
CF	konverzní faktor 0,001 [l/cm ³],
T_{ev}	trvání případu [hod/případ]; $T_{ev} = ET / EV$,
ET	doba expozice [hod/den]; 8 hod/den,
τ	doba zpoždění [hod/případ]; pro každou látku specifický (data převzata z databáze IRIS),
T_{st}	čas potřebný k dosažení rovnovážného stavu [hod]; $T_{st} = 2,4 \tau$,
B	poměr Kp pro průchod zrohovatělou částí a živými buňkami pokožky [-]; $B = Kp \times \sqrt{MW} / 2,6$
MW	molekulová váha [g/mol],
π	Ludolfovo číslo, tj. 3,14.

Vzorec pro výpočet expozičního scénáře č. 1b:

Nahodilá perorální expozice kontaminované podzemní vody při manipulaci s vodou ve výkopu

$$CDI = \frac{CW \times CR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

kde:

CDI	chronický denní příjem [mg/kg/den],
CW	koncentrace kontaminantu v podzemní vodě [mg/l],
CR	množství požití vody [l/hod]; 1 cl/den = 0,00125 l/hod,
ET	doba expozice [hod/den]; 8 hod/den,
EF	frekvence expozice [den/rok]; 20 dní/rok,
ED	trvání expozice [rok]; 0,05 roku, celoživotní expozice 70 let,
BW	váha těla [kg]; 70 kg,
AT	doba průměrování [den]; pro nekarcinogenní účinky $AT = ED \times 365$ dní/rok, pro karcinogenní účinky $AT = 70$ let $\times 365$ dní/rok.

Expoziční scénář č. 2 – obyvatelé žijící v obytné zóně ve směru proudění podzemní vody a zahrádkáři

Ve směru proudění podzemní vody se nachází obytná zóna a zahrádkářská kolonie. Počet obytných objektů se zahradami v této oblasti je 62, uvažuje se průměrné osídlení 4 osoby/dům, tj. 248 osob. Předpokládáme, že závlaku budou provádět 2 osoby, obývající každý dům. Početnost této potenciálně exponované populace je 124 osob, věkové složení není známo. Počet zahrádek v zahrádkářské kolonii v této oblasti je 30, předpokládá se obvyklý režim využívání zahrádkářské osady s výskytem pouze v letní sezóně (duben – říjen – 7 měsíců/rok) s frekvencí průměrně 2x týdně, počet osob byl odhadnut na 2 osoby/zahrádku. Početnost této populace je za uvedeného předpokladu 184 osob.

Nepředpokládá se záměrné používání této vody jako vody pitné. Trvalá obydlí mají zabezpečenou dodávku pitné vody z veřejného vodovodního systému a nepředpokládá se ani používání této vody k pití zahrádkáři. Kontaminovaná voda je však používána v celé oblasti k zavlažování, přičemž může dojít k dermálnímu kontaktu s vodou (scénář č. 2a), jejímu nahodilému požití (scénář č. 2b), případně inhalaci par uvolňovaných z podzemní vody při zalévání (scénář č. 2c). Při náhodném požití vody je expozice realizována přenosem z potřísněných rukou, případně náhodným rozstříkem. Množství takto přijaté vody bylo odhadnuto max. do 0,1 l/den. Expozice inhalační byla uvažována v rozsahu obvyklého zalévání zahrady – 10 konví/den (objem 15 l) během 8 měsíců intenzivního zalévání. Délka zalévání byla odhadnuta na 2 hodiny/den, frekvence 3x týdně.

Vzorec pro výpočet expozičního scénáře č. 2a:

Dermální kontakt s kontaminovanou vodou při zalévání zahrady

V případě *chronických* účinků lze denní příjem kontaminantu dermálním kontaktem s podzemní vodou odhadnout pomocí následující rovnice:

$$DAD / LADD = \frac{DA_{ev} \times EV \times ED \times EF \times SA}{BW \times AT}$$

Absorbovaná dávka při jednom případě (DA_{ev}) je pro všechny hodnocené látky s výjimkou metanolu a amoniaku odvozena pro krátkodobé působení, protože platí, že $T_{ev} \leq T_{st}$ a tedy:

$$DA_{ev} = 2FA \times Kp \times CW \times CF \times (6\tau \times T_{ev} / \pi)^{1/2}$$

Pro metanol a amoniak platí, že $T_{ev} > T_{st}$, jedná se tedy o dlouhodobé působení a pro výpočet byl použit následující vzorec:

$$DA_{ev} = FA \times Kp \times CW \times CF \times \left[\frac{T_{ev}}{1+B} + 2\tau \left(\frac{1+3B+3B^2}{(1+B)^2} \right) \right]$$

kde:

DAD	dermální absorbovaná dávka [mg/kg/den],
LADD	celoživotní denní absorbovaná dávka [mg/kg/den],
DA_{ev}	absorbovaná dávka při jednom případě [mg/cm ² /případ],
EV	počet případů za den [případ/den]; 5 (teoretický odhad),
EF	frekvence expozice [den/rok]; 105 dní/rok,
ED	trvání expozice [rok]; max. doba pobytu na jedné lokalitě 30 let, celoživotní expozice 70 let,
SA	plocha exponovaného povrchu kůže [cm ²]; uvažujeme-li ruce a předloktí - 2 000 cm ² (MP MŽP, 2011 [44]),
BW	váha těla [kg]; 70 kg,
AT	doba průměrování [den]; pro nekarcinogenní účinky AT = ED × 365 dní/rok, pro karcinogenní účinky AT = 70 let × 365 dní/rok,
FA	absorbovaný podíl [-]; 1,
Kp	koeficient permeability průniku kůží [cm/hod], viz tabulka č. 29,
CW	koncentrace kontaminantu v podzemní vodě [mg/l],
CF	konverzní faktor 0,001 [l/cm ³],
T_{ev}	trvání případu [hod/případ]; $T_{ev} = ET / EV$,
ET	doba expozice [hod/den]; 2 hod/den,
τ	doba zpoždění [hod/případ], pro každou látku specifický (data převzata z databáze IRIS),
T_{st}	čas potřebný k dosažení rovnovážného stavu [hod]; $T_{st} = 2,4 \tau$,
B	poměr Kp pro průchod zrohovatělou částí a živými buňkami pokožky [-]; $B = Kp \times \sqrt{MW} / 2,6$
MW	molekulová váha [g/mol],
π	Ludolfovo číslo, tj. 3,14.

Vzorec pro výpočet expozičního scénáře č. 2b:

Nahodilá perorální expozice kontaminované podzemní vody při zalévání zahrady

$$CDI = \frac{CW \times CR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

CDI	chronický denní příjem [mg/kg/den],
CW	koncentrace kontaminantu v podzemní vodě [mg/l],
CR	množství požití vody [l/hod]; 1 dl/den = 0,05 l/hod,
ET	doba expozice [hod/den]; 2 hod/den,
EF	frekvence expozice [den/rok]; 105 dní/rok,

ED	trvání expozice [rok]; max. doba pobytu na jedné lokalitě 30 let, celoživotní expozice 70 let,
BW	váha těla [kg]; 70 kg,
AT	doba průměrování [den]; pro nekarcinogenní účinky $AT = ED \times 365$ dní/rok, pro karcinogenní účinky $AT = 70$ let $\times 365$ dní/rok.

Vzorce pro výpočet expozičního scénáře č. 2c:

Inhalace par při kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou při zalévání zahrady:

$$EC = CA \times ET \times EF \times ED / AT$$

$$CA = ((2/\pi)^{1/2}) \times (X^{(1-b)} / (a \times (1-b))) \times (Q/u)$$

$$Q = (CW \times f \times FI) / (X^2 \times 3\,600 \text{ s/hod})$$

kde:

EC	expoziční koncentrace [mg/m^3],
CA	koncentrace kontaminantu ve vzduchu [mg/m^3],
ET	obvyklá doba expozice [hod/den]; 2 hod/den,
EF	frekvence expozice [den/rok]; 105 dní/rok,
ED	trvání expozice [rok]; max. doba pobytu na jedné lokalitě 30 let, celoživotní expozice 70 let,
AT	doba průměrování [hod] – nekarcinogenní účinek = trvání expozice (ED) v rocích $\times 365$ dní/rok $\times 24$ hod/den, karcinogenní účinek = 70 let $\times 365$ dní/rok $\times 24$ hod/den,
Q	vydatnost zdroje [$\text{mg}/\text{s}/\text{m}^2$],
CW	koncentrace kontaminantu ve vodě [mg/l],
*f	frakce uvolnitelného kontaminantu [-]; 0,5,
FI	průtok zavlažovací vody [l/hod]; 75 l/hod,
π	Ludolfovo číslo, tj. 3,14,
X	strana čtvercové zavlažované plochy [m]; uvažována průměrná hodnota 10 m,
*a, b	konstanty vztahující se k vertikální disperzi stability atmosféry; $a = 0,15$, $b = 0,75$,
*u	přípovrchová rychlost větru [m/s]; tj. 2 m/s.
* = hodnoty převzaty z Metodického pokynu MŽP (Věstník MŽP č. 3/2011 [44])	

Expoziční scénář č. 3 – obyvatelé žijící v obytné zóně ve směru proudění podzemní vody

Uvažován je hypotetický scénář, při kterém by někteří obyvatelé obytné zóny ve směru proudění podzemní vody (počet obyvatel a domů viz expoziční scénář č. 2) využívali kontaminovanou podzemní vodu ke sprchování, při kterém by došlo k dermálnímu kontaktu s kontaminovanou vodou (scénář č. 3a) a inhalaci par uvolňovaných z rozstříkované vody (scénář č. 3b). Uvažované využití kontaminované vody pro sprchování předpokládá frekvenci 7 dní týdně a délku sprchování 10 minut. Při předpokladu, že několik dní v roce stráví obyvatel mimo domov, je odhadovaná frekvence expozice 350 dní/rok (dle MP MŽP, 2011 [44]). Pro současné poměry v ČR je uvažována spotřeba vody 80 l na každé sprchování. Tato voda tvoří aerosol, který je do

určité míry vdechován. Množství vdechnutého vzduchu 0,6 m³ bylo převzato z MP MŽP (2011) [44].

Vzorec pro výpočet expozičního scénáře č. 3a:

Dermální kontakt s kontaminovanou vodou při sprchování

V případě *chronických* účinků lze denní příjem kontaminantu dermálním kontaktem s podzemní vodou odhadnout pomocí následující rovnice:

$$\text{DAD} / \text{LADD} = \frac{\text{DA}_{\text{ev}} \times \text{EV} \times \text{ED} \times \text{EF} \times \text{SA}}{\text{BW} \times \text{AT}}$$

Absorbovaná dávka při jednom případě (DA_{ev}) je odvozena pro krátkodobé působení, pro všechny látky platí vztah T_{ev} ≤ T_{st}.

$$\text{DA}_{\text{ev}} = 2\text{FA} \times \text{Kp} \times \text{CW} \times \text{CF} \times (6\tau \times \text{T}_{\text{ev}} / \pi)^{1/2}$$

kde:

DAD	dermální absorbovaná dávka [mg/kg/den],
LADD	celoživotní denní absorbovaná dávka [mg/kg/den],
DA _{ev}	absorbovaná dávka při jednom případě [mg/cm ² /případ],
EV	počet případů za den [případ/den]; 1 (teoretický odhad),
EF	frekvence expozice [den/rok]; 350 dní/rok,
ED	trvání expozice [rok]; max. doba pobytu na jedné lokalitě 30 let, celoživotní expozice 70 let,
SA	plocha exponovaného povrchu kůže [cm ²]; 18 000 cm ² (dle MP MŽP, 2011),
BW	váha těla [kg]; 70 kg,
AT	doba průměrování [den]; pro nekarcinogenní účinky AT = ED × 365 dní/rok, pro karcinogenní účinky AT = 70 let × 365 dní/rok,
FA	absorbovaný podíl [-]; 1,
Kp	koeficient permeability průniku kůží [cm/hod], viz tabulka č. 29,
CW	koncentrace kontaminantu v podzemní vodě [mg/l],
CF	konverzní faktor 0,001 [l/cm ³],
T _{ev}	trvání případu [hod/případ]; T _{ev} = ET / EV,
ET	doba expozice [hod/den]; 0,25 hod/den,
τ	doba zpoždění [hod/případ], pro každou látku specifický (data převzata z databáze IRIS),
T _{st}	čas potřebný k dosažení rovnovážného stavu [hod]; T _{st} = 2,4 τ,
π	Ludolfovo číslo, tj. 3,14.

Vzorce pro výpočet expozičního scénáře č. 3b:

Inhalace par při kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou při sprchování:

$$EC = CA \times ET \times EF \times ED / AT$$

$$CA = (CW \times f \times F \times t) / V/2$$

kde:

EC	expoziční koncentrace [mg/m ³],
CA	koncentrace kontaminantu ve vzduchu [mg/m ³],
ET	doba expozice [hod/den]; 0,25 hod/den,
EF	frekvence expozice [den/rok]; 350 dní/rok,
ED	trvání expozice [rok]; max. doba pobytu na jedné lokalitě 30 let, celoživotní expozice 70 let,
AT	doba průměrování [hod] – nekarcinogenní účinek = trvání expozice (ED) v rocích x 365 dní/rok x 24 hod/den, karcinogenní účinek = 70 let x 365 dní/rok x 24 hod/den,
CW	koncentrace kontaminantu ve vodě [mg/l],
*f	frakce uvolnitelného kontaminantu [bezrozměrný]; 0,75,
F	průtok vody [l/hod]; 480 l/hod,
π	Ludolfovo číslo, tj. 3,14,
t	délka sprchování [hod]; 10 minut = 0,166 hod,
*V	objem koupelny [m ³]; 9 m ³ ,
* = hodnoty převzaty z Metodického pokynu MŽP (Věstník MŽP č. 3/2011)	

3.2 HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK

3.2.1 Hodnocení expozice

Hodnocení vztahu dávka - účinek je postup, při kterém se kvantitativně popisuje vztah mezi dávkou a rozsahem škodlivého účinku. Cílem je získání základních parametrů pro kvantifikaci rizika, přičemž existují dva typy účinků: prahový (nekarcinogenní) a bezprahový (karcinogenní). Pro hodnocení zdravotních rizik byla použita metodika U.S. EPA.

V případě chemických látek, které se vyznačují jiným než karcinogenním účinkem, se předpokládá existence prahové dávky. Referenční hodnotou pro prahový účinek je tzv. referenční dávka (RfD). **Referenční dávka** je odhad (s přesností možná jednoho řádu) každodenní expozice lidské populace (včetně citlivých populačních skupin), která velmi pravděpodobně nepředstavuje žádné riziko nepříznivých účinků, ani když trvá po celý život jedince. Pro výpočet rizika chronické expozice látkám s nekarcinogenním účinkem (scénáře č. 2 a 3) byly použity hodnoty chronických referenčních dávek. Pro výpočet rizika subchronické expozice látkám s nekarcinogenním účinkem (scénář č. 1) byly použity subchronické RfD. V případě, že v dostupných databázích nebyla pro hodnocenou chemickou látku subchronická RfD uvedena (vinylchlorid), byla při výpočtech použita RfD chronická. Pro dermální expozici byly použity

orální referenční dávky upravené podle následujícího vztahu (U.S. EPA, 2004) a jsou uvedeny v tabulce č. 29:

$$RfD_d = RfD_o \times ABS_{GI}$$

kde:

RfD_d = dermální referenční dávka (mg/kg/den),

RfD_o = orální referenční dávka (mg/kg/den),

ABS_{GI} = gastrointestinální absorpce (-), viz tabulka 29.

V současnosti je pro inhalační expoziční scénáře používána místo RfD tzv. **referenční koncentrace** RfC (mg/m^3). Pro přepočítání RfC na RfD může být použita následující rovnice: $RfD = RfC \times IR/BW$. Referenční koncentrace (RfC) byly převzaty z databáze IRIS (U.S. EPA) a jsou uvedeny v tabulce č. 29.

Účinek karcinogenních látek je považován za bezprahový, tzn. že neexistuje dávka, která by nebyla spojována s rizikem vzniku zhoubného novotvaru. Referenční hodnotou pro bezprahový účinek je tzv. **faktor směrnice** (SF), kterým se obecně rozumí biologicky možný horní okraj odhadu pravděpodobnosti vzniku zhoubného novotvaru vztažený na jednotku průměrné denní dávky přijímané po celý život. Pro dermální expozici byly použity orální faktory směrnice upravené podle následujícího vztahu (U.S. EPA, 2004) a jsou rovněž uvedeny v tabulce č. 29:

$$SF_d = \frac{SF_o}{ABS_{GI}}$$

kde:

SF_d = faktor směrnice pro dermální expozici ($mg/kg/den$)⁻¹

SF_o = faktor směrnice pro orální expozici ($mg/kg/den$)⁻¹

ABS_{GI} = frakce kontaminantu absorbovaná v gastrointestinálním traktu (-), viz tabulka č. 29.

Pro inhalační expozici je používáno tzv. **riziko inhalační jednotky** (IUR), odpovídající horní hranici pravděpodobnosti celoživotního rizika vzniku rakoviny při stálé expozici látky o koncentraci 1 $mg \cdot m^{-3}$ vzduchu, a uvádí se proto v jednotkách ($mg \cdot m^{-3}$)⁻¹. Rizika inhalační jednotky (IUR) byly převzaty z databáze IRIS (U.S. EPA) a jsou uvedeny v tabulce č. 29.

Pro porovnání jsou v tabulce 4 v příloze č. 36 uvedeny jednotlivé hodnoty parametrů pro kvantifikaci rizika tak, jak se postupně měnily během doby zpracování AAR [32] a DAAR.

Referenční dávky pro psychofarmaka nejsou v dostupných chemických databázích uvedeny. Toxikologické informační středisko Praha eviduje pouze hladiny léčiv, při kterých došlo k intoxikaci organismu. Fakultní nemocnice Olomouc, Ústav farmakologie poskytl k látkám, které jsou registrovány jako léčiva, terapeutické dávky. Podle informací pracovníka ústavu Doc. MUDr. Karla Urbánka, Ph.D. lze zdravotní rizika počítat pro orální expozici (psychofarmaka jsou většinou přijímány perorálně ve formě tablet). Pro výpočet zdravotních rizik vyplývajících z příjmu psychofarmak ingescí však nejsou k dispozici některé vstupní parametry (orální faktor směrnice), a proto nelze zdravotní rizika vypočítat.

Psychofarmakum	Terapeutická dávka
	(mg/kg/den)
Chlorprothixen báze	8,57
Thiepinon	NS
Citronan butamirát	1,20
Karbinol melitracen	0,71
2 – Chlorthioxan – thon	NS
Prothiaden hydrochlorid	6,42
Karbinol isokumaronu	NS
Karbinol prothiaden	6,42
Amitriptylin hydrochlorid	4,28

Poznámka:

V tabulce jsou uvedeny horní limity používaných terapeutických dávek.

NS = není stanovena (nejde o léčiva, zřejmě prekursorzy).

Tabulka č. 29: Základní parametry pro kvantifikaci rizika

Chemická látka	RfD				RfC	SF		IUR	Kp	ABS _{GI}	Karcinogenita	
	Orální		Dermální		Inhalační	Orální	Dermální	Inhalační			U.S. EPA	IARC
	chronická	subchron.	chronická	subchron.	(mg/m ³)	(mg.kg ⁻¹ .den ⁻¹) ⁻¹	(mg/m ³) ⁻¹					
	(mg.kg ⁻¹ .den ⁻¹)							(cm/hod)				
benzen	4,00 × 10 ⁻³	1,00 × 10 ⁻²	4,00 × 10 ⁻³	1,00 × 10 ⁻²	3,00 × 10 ⁻²	1,5 × 10 ⁻² - 5,50 × 10 ⁻²	1,5 × 10 ⁻² - 5,50 × 10 ⁻²	2,2 × 10 ⁻⁹ - 7,8 × 10 ⁻⁹	1,50 × 10 ⁻²	1,0	A	1
toluen	8,00 × 10 ⁻²	8,00 × 10 ⁻¹	8,00 × 10 ⁻²	8,00 × 10 ⁻¹	5,00 × 10 ⁰	-	-	-	3,10 × 10 ⁻²	1,0	^{*3}	3
chlorbenzen	2,00 × 10 ⁻²	7,00 × 10 ⁻²	2,00 × 10 ⁻²	7,00 × 10 ⁻²	5,00 × 10 ⁻²	-	-	-	2,80 × 10 ⁻²	1,0	D	N
vinylchlorid	3,00 × 10 ⁻³	-	3,00 × 10 ⁻³	-	1,00 × 10 ⁻¹	7,2 × 10 ⁻¹ (1,5 × 10 ⁰) ^{*4}	7,2 × 10 ⁻¹ (1,5 × 10 ⁰) ^{*4}	4,4 × 10 ⁻⁹ (8,8 × 10 ⁻⁹) ^{*4}	8,40 × 10 ⁻³	1,0	A	1
1,2-cis-DCE	2,00 × 10 ⁻³	2,00 × 10 ⁻²	2,00 × 10 ⁻³	2,00 × 10 ⁻²	-	-	-	-	1,10 × 10 ⁻²	1,0	^{*3}	N
TCE	5,00 × 10 ⁻⁴	5,00 × 10 ⁻⁴	5,00 × 10 ⁻⁴	5,00 × 10 ⁻⁴	2,0 × 10 ⁻³	4,60 × 10 ⁻²	4,60 × 10 ⁻²	4,10 × 10 ⁻⁹	1,20 × 10 ⁻²	1,0	^{*1}	1
PCE	6,00 × 10 ⁻³	8,00 × 10 ⁻³	6,00 × 10 ⁻³	8,00 × 10 ⁻³	4,0 × 10 ⁻²	2,10 × 10 ⁻³	2,10 × 10 ⁻³	2,60 × 10 ⁻¹⁰	3,30 × 10 ⁻²	1,0	^{*2}	2A
metanol	2,00 × 10 ⁰	5,00 × 10 ⁰	2,00 × 10 ⁰	5,00 × 10 ⁰	2,00 × 10 ¹	-	-	-	3,20 × 10 ⁻⁴	1,0	NA	N
isopropanol	2,00 × 10 ⁰	2,00 × 10 ⁰	2,00 × 10 ⁰	2,00 × 10 ⁰	2,00 × 10 ⁻¹	-	-	-	7,80 × 10 ⁻⁴	1,0	NA	3
amoniak	3,40 × 10 ¹	3,40 × 10 ¹	3,40 × 10 ¹	3,40 × 10 ¹	1,00 × 10 ⁻¹	-	-	-	1,00 × 10 ⁻³	1,0	NA	N
aceton	9,00 × 10 ⁻¹	2,00 × 10 ⁰	9,00 × 10 ⁻¹	2,00 × 10 ⁰	3,09 × 10 ¹	-	-	-	5,10 × 10 ⁻⁴	1,0	^{*3}	N
cyklohexan	-	-	-	-	6,00 × 10 ⁰	-	-	-	1,00 × 10 ⁻¹	1,0	^{*3}	N
bromobenzen	8,00 × 10 ⁻³	2,00 × 10 ⁻²	8,00 × 10 ⁻³	2,00 × 10 ⁻²	6,00 × 10 ⁻²	-	-	-	2,00 × 10 ⁻²	1,0	^{*3}	N

Pozn. ^{*1} - karcinogenní pro člověka, ^{*2} - pravděpodobný karcinogen pro člověka, ^{*3} - nedostatečné informace k vyhodnocení karcinogenního potenciálu, ^{*4} - průběžná celoživotní expozice během dospělosti, v závorce průběžná celoživotní expozice od narození.

Zdroj: Integrated Risk Information System (IRIS), The Risk Assessment Information System (RAIS), International Agency for Research on Cancer (IARC), data uvedená k 19. 8. 2015.

Vysvětlivky:

Kp - koeficient permeability průniku kůží (cm/hod)

ABS_{GI} - frakce kontaminantu absorbovaná v gastrointestinálním traktu (-)

Klasifikace karcinogenity dle U.S. EPA:

A - prokázaný lidský karcinogen

B1 - pravděpodobný karcinogen pro člověka; omezené množství průkazných dat v případě studií u člověka

B2 - pravděpodobný karcinogen pro člověka; prokázáno u zvířat v případě člověka chybí data

C - možný lidský karcinogen

D - není klasifikován jako karcinogen

NA - údaj není k dispozici

Doplněk aktualizace analýzy rizik ve společnosti FARMAK, a.s.

Klasifikace karcinogenity IARC:

- 1 – látky prokazatelně karcinogenní pro člověka
- 2 – látky pravděpodobně karcinogenní pro člověka
- 2A – látky s aspoň omezenou průkazností karcinogenity pro člověka a dostačujícím důkazem karcinogenity pro zvířata
- 2B – látky s nedostatečně doloženou karcinogenitou pro člověka a s dostatečně doloženou karcinogenitou pro zvířata
- 3 – látky, které nelze klasifikovat na základě jejich karcinogenity pro člověka
- N – látka není uvedena v seznamu

Vyhodnocení expozice je proces posouzení intenzity, četnosti a trvání možné expozice (kontakt organismu s danou látkou). Posouzení spočívá především ve vytipování možných expozičních cest, velikosti a složení exponované populace, expozičních scénářů a kvantifikaci expozice. Kontaminace benzenem, toluenem, chlorbenzenem, vinylchloridem, 1,2-cis-DCE, TCE, PCE, amonnými ionty, acetonem, metanolem a isopropanolem na posuzovaném území přetrvává v podzemní vodě, proto tomuto faktu byly přizpůsobeny i expoziční scénáře. Odhad zdravotních rizik pro jednotlivé expoziční scénáře byl proveden nejprve pro maximální a průměrné koncentrace polutantů, zjištěné z vrtů nebo studní situovaných nejbližší příjemci rizik (příloha č. 36). Výsledné hodnoty rizik byly velmi proměnlivé, často byly překročeny míry rizik. Protože na lokalitě je skupina polutantů s různými toxikologickými vlastnostmi, je obtížné přiřadit každému polutantu odpovídající váhu (pro multikriteriální analýzu). Proto byl proveden výpočet rizik pro dvojnásobek stávajících sanačních limitů u benzenu, toluenu, chlorbenzenu a amonných iontů, pro stávající sanační limity u vinylchloridu, 1,2-cis-DCE, TCE a PCE. Pro metanol, isopropanol a aceton byly použity koncentrace ověřené v areálu Farmaku v nově vyhloubených objektech (DF-24, DF-18 a DF-6) v roce 2015, které odpovídají maximálním koncentracím zjištěným na lokalitě. Obsahy hodnocených chemických látek použité při výpočtech rizik jsou uvedeny v tabulce č. 30.

Tabulka č. 30: Koncentrace hodnocených chemických látek použité při výpočtech ($\mu\text{g/l}$)

Chemická látka	Koncentrace ($\mu\text{g/l}$)	Poznámka
benzen	60	dvojnásobek platného sanačního limitu
toluen	3 600	
chlorbenzen	340	
vinylchlorid	600	platný sanační limit
1,2-cis-DCE	3 000	
TCE	500	
PCE	200	
metanol	1 320	koncentrace ve vrtu DF-24 ze dne 18. 5. 2015
isopropanol	12 900	koncentrace ve vrtu DF-18 ze dne 30. 6. 2015
amonné ionty	14 400	dvojnásobek platného sanačního limitu
aceton	3 690	koncentrace ve vrtu DF-6 ze dne 30. 6. 2015

3.2.2 Odhad zdravotních rizik

Účelem charakterizace rizika je shrnout všechny dostupné údaje a informace získané v předchozích krocích hodnocení, které mohou přispět k posouzení míry a rozsahu rizika. Při odhadu zdravotních rizik je nezbytné odlišovat akutní, subchronickou a chronickou expozici a používat odpovídající referenční dávky. Za měřítko rizika **nekarcinogenního účinku** látky pro zdraví člověka se považuje kvocient nebezpečnosti HQ, popřípadě součet kvocientů nebezpečnosti jako sumárního indexu nebezpečnosti HI u látek se stejnými nebo obdobnými účinky. Kvocient nebezpečnosti lze získat vydělením vypočtené průměrné denní dávky

(expozice) referenční dávkou RfD. Zvýšené zdravotní riziko toxického nekarcinogenního účinku nastává při hodnotě HQ (HI) > 1.

$$HQ = ADD / RfD \quad \text{nebo} \quad HQ = CDI / RfD$$

V případě inhalační expozice lze kvocient nebezpečnosti získat porovnáním zjištěné, resp. vypočtené koncentrace kontaminantu ve vzduchu při kontinuální inhalační expozici s referenční koncentrací. Pro inhalační expozici platí následující vztah.

$$HQ = CA / RfC \quad \text{nebo} \quad HQ = EC / RfC$$

Míra rizika **karcinogenního účinku** se stanoví výpočtem celoživotního vzestupu pravděpodobnosti vzniku nádorů u jednotlivce exponované populace v důsledku expozice hodnocené dávce (ELCR – Excess Lifetime Cancer Risk). Teoretické riziko rakoviny spojené s expozicí látkám označeným jako karcinogeny (látky U. S. EPA klasifikovány jako A, B1, B2) se počítá jako násobek konzervativně odhadnuté celoživotní průměrné denní dávky (LADD, CDI) a faktoru směrnice karcinogenity (cancer slope factor – SF). Měřítkem rizika karcinogenního účinku látky je vzestup celoživotní pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění nad všeobecný průměr.

$$ELCR = LADD \times SF \quad \text{nebo} \quad ELCR = CDI \times SF$$

Pro inhalační expozici se adekvátně násobí zjištěná, resp. vypočtená expoziční koncentrace kontaminantu ve vzduchu a IUR (riziko inhalační jednotky).

$$ELCR = CA \times IUR \quad \text{nebo} \quad ELCR = EC \times IUR$$

Za přijatelnou míru rizika jsou považovány pro danou lokalitu tyto hodnoty ELCR:

- 1×10^{-6} – obvykle nad 100 ohrožených osob (hodnocení regionálních vlivů),
- 1×10^{-5} – řádově mezi 10 a 100 ohroženými osobami (hodnocení lokálních vlivů),
- 1×10^{-4} – při hodnocení jednotlivců do 10 osob (hodnocení jednotlivců).

Při možném současném působení více kontaminantů je pak, obdobně jako u nekarcinogenních účinků, nutné počítat s jejich synergickým účinkem a tento fakt zohlednit při hodnocení rizik. Výsledné hodnoty HI a ELCR pro jednotlivé expoziční scénáře jsou uvedeny v tabulce č. 31.

Tabulka č. 31: Hodnoty výpočtů HQ, HI a ELCR sledovaných škodlivin vypočtené pro jednotlivé expoziční scénáře

Možná expozice obyvatel	Expoziční cesta		Kontaminant	HQ	ELCR
On-site					
Pracovníci – výkopové práce v areálu Farmaku	podzemní voda	Dermální kontakt s kontaminovanou podzemní vodou při výkopových pracích (scénář 1a) HI = 1,70 × 10⁻¹	benzen	7,51 × 10 ⁻⁴	8,05 × 10 ⁻¹¹
			toluen	1,21 × 10 ⁻³	-
			chlorbenzen	1,30 × 10 ⁻³	-
			vinylchlorid	1,35 × 10 ⁻²	2,08 × 10 ⁻⁸
			1,2-cis-DCE	1,49 × 10 ⁻²	-
			TCE	1,28 × 10 ⁻¹	2,10 × 10 ⁻⁹
			PCE	1,07 × 10 ⁻²	1,28 × 10 ⁻¹⁰
			metanol	6,35 × 10 ⁻⁷	-
			isopropanol	4,05 × 10 ⁻⁵	-
			aceton	7,51 × 10 ⁻⁶	-
			amoniak	1,54 × 10 ⁻⁶	-
Pracovníci – výkopové práce v areálu Farmaku	podzemní voda	Nahodilá perorální expozice při manipulaci s vodou ve výkopu (scénář 1b) HI = 1,10 × 10⁻²	benzen	4,70 × 10 ⁻⁵	5,03 × 10 ⁻¹²
			toluen	3,52 × 10 ⁻⁵	-
			chlorbenzen	3,80 × 10 ⁻⁵	-
			vinylchlorid	1,57 × 10 ⁻³	2,42 × 10 ⁻⁹
			1,2-cis-DCE	1,17 × 10 ⁻³	-
			TCE	7,83 × 10 ⁻³	1,29 × 10 ⁻¹⁰
			PCE	1,96 × 10 ⁻⁴	2,35 × 10 ⁻¹²
			metanol	2,07 × 10 ⁻⁶	-
			isopropanol	5,05 × 10 ⁻⁵	-
			aceton	1,44 × 10 ⁻⁵	-
			amoniak	1,66 × 10 ⁻⁶	-
Off-site					
Obyvatelé žijící v obytné zóně ve směru proudění podzemní vody a zahrádkáři	podzemní voda	Dermální kontakt při zalévání zahrady (scénář 2a)	benzen	8,71 × 10 ⁻³	2,24 × 10 ⁻⁷
			toluen	5,93 × 10 ⁻²	-
			chlorbenzen	2,29 × 10 ⁻²	-
			vinylchlorid	5,91 × 10 ⁻²	5,47 × 10 ⁻⁵
			1,2-cis-DCE	7,21 × 10 ⁻¹	-
			TCE	6,51 × 10 ⁻¹	6,42 × 10 ⁻⁶
			PCE	7,46 × 10 ⁻²	4,03 × 10 ⁻⁷
			metanol	6,25 × 10 ⁻⁶	-
			isopropanol	1,73 × 10 ⁻⁴	-
			aceton	7,05 × 10 ⁻⁵	-

Možná expozice obyvatel	Expoziční cesta		Kontaminant	HQ	ELCR
		Nahodilá perorální expozice při zalévání zahrady (scénář 2b)	HI = 1,60 × 10⁰ amoniak	5,74 × 10 ⁻⁶	-
			benzen	6,16 × 10 ⁻³	1,59 × 10 ⁻⁷
			toluen	1,85 × 10 ⁻²	-
			chlorbenzen	6,99 × 10 ⁻³	-
			vinylchlorid	8,22 × 10 ⁻²	7,61 × 10⁻⁵
			1,2-cis-DCE	6,16 × 10 ⁻¹	-
			TCE	4,11 × 10 ⁻¹	4,05 × 10 ⁻⁶
			PCE	1,37 × 10 ⁻²	7,40 × 10 ⁻⁸
			metanol	2,71 × 10 ⁻⁴	-
			isopropanol	2,65 × 10 ⁻³	-
			aceton	1,68 × 10 ⁻³	-
		HI = 1,16 × 10⁰ amoniak	8,70 × 10 ⁻⁵	-	-
	Výpary	Inhalace par při kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou při zalévání zahrady (scénář 2c)	benzen	9,45 × 10 ⁻⁵	2,67 × 10 ⁻¹⁵
			toluen	3,40 × 10 ⁻⁵	-
			chlorbenzen	3,21 × 10 ⁻⁴	-
			vinylchlorid	2,83 × 10 ⁻⁴	5,35 × 10 ⁻¹⁴
			1,2-cis-DCE	-	-
			TCE	1,18 × 10 ⁻²	4,15 × 10 ⁻¹⁴
			PCE	2,36 × 10 ⁻⁴	1,05 × 10 ⁻¹⁵
			metanol	3,12 × 10 ⁻⁶	-
			isopropanol	3,05 × 10 ⁻³	-
			aceton	5,64 × 10 ⁻⁶	-
		HI = 1,60 × 10⁻² amoniak	1,90 × 10 ⁻⁴	-	-
Obyvatelé žijící v obytné zóně ve směru proudění podzemní vody	podzemní voda	Dermální kontakt při sprchování kontaminovanou podzemní vodou (scénář 3a)	benzen	4,13 × 10 ⁻²	1,06 × 10 ⁻⁶
			toluen	2,81 × 10 ⁻¹	-
			chlorbenzen	1,09 × 10 ⁻¹	-
			vinylchlorid	2,81 × 10 ⁻¹	5,41 × 10⁻⁴
			1,2-cis-DCE	3,42 × 10⁰	-
			TCE	3,09 × 10⁰	3,04 × 10⁻⁵
			PCE	3,54 × 10 ⁻¹	1,91 × 10 ⁻⁶
			metanol	2,88 × 10 ⁻⁵	-
			isopropanol	8,22 × 10 ⁻⁴	-
			aceton	3,34 × 10 ⁻⁴	-
		HI = 7,58 × 10⁰ amoniak	2,60 × 10 ⁻⁵	-	-
	výpary	Inhalace par při sprchování kontaminovanou podzemní vodou (scénář 3b)	benzen	6,63 × 10 ⁻²	1,88 × 10 ⁻¹²
			toluen	2,39 × 10 ⁻²	-
			chlorbenzen	2,26 × 10 ⁻¹	-

Možná expozice obyvatel	Expoziční cesta		Kontaminant	HQ	ELCR
			vinylchlorid	$1,99 \times 10^{-1}$	$7,50 \times 10^{-11}$
			1,2-cis-DCE	-	-
			TCE	$8,29 \times 10^0$	$2,91 \times 10^{-11}$
			PCE	$1,66 \times 10^{-1}$	$7,39 \times 10^{-13}$
			metanol	$2,19 \times 10^{-3}$	-
			isopropanol	$2,14 \times 10^0$	-
			aceton	$3,96 \times 10^{-3}$	-
			amoniak	$1,34 \times 10^{-1}$	-

$HI = 1,12 \times 10^1$

Poznámka:

červenou barvou jsou vyznačeny hodnoty, které překročily přijatelnou míru rizika

3.3 HODNOCENÍ EKOLOGICKÝCH RIZIK

Z hlediska jednotlivých složek životního prostředí by mohly být ohroženy v hodnocené lokalitě fauna a flóra. Charakteristika aktuálního stavu flóry a fauny v zájmovém území nebyla zpracována. Stávající keře a stromy v areálu závodu ani v okolí nevykazují žádné zjevné poškození.

Také interakční prvky nacházející se ve vzdálenějším okolí, jako například aleje dřevin podél cest, nevykazují žádné zjevné poškození. Mimo areál je zeleň u rodinných domků umístěna ve směru proudění podzemní vody, také je v těsné blízkosti areál Střední školy zemědělské, jehož součástí jsou pozemky pro demonstrační pěstování zeleniny, ovocných stromů, keřů a květin. Ani v tomto případě nebylo zaznamenáno poškození flóry. Vzhledem k výše uvedenému se nepředpokládá výskyt rizik pro tyto prvky.

Z fauny lze uvažovat výskyt volně žijících ptáků, kteří jsou lehce zjištělní v oblasti městské zástavby a průmyslových komplexů. Jsou to např. zvonohlík zahradní, hrdlička zahradní, kos černý a doprovodné druhy: stehlík obecný, konopka obecná, pěnkava obecná, drozd zpěvný, vrabec polní, špaček obecný.

Vzhledem k tomu, že v areálu Farmaku se nenachází žádné rozsáhlé přírodní (zelené) prostředí a podzemní voda je v dostatečné hloubce pod terénem, nepředpokládáme ohrožení uvedené fauny kontaminovanou podzemní vodou.

Jiné ekosystémy, potenciálně ovlivněné kontaminací na lokalitě, jsou ekosystémy vázané na povrchové vody. Protože nebyl aktuálně ověřován obsah polutantů v místech, kde může být podzemní voda drénována řekou Moravou, nelze riziko takto posoudit. Proto byly využity testy ekotoxicity, jako prokazatelný důkaz vyloučení environmentálních rizik, které byly uskutečněny v rámci terénní zkoušky STP na vzorcích kontaminované podzemní vody z vrtů AT-107, SM-18 a SM-42 v letech 2008 a 2009, tedy v případě SM-18 a SM-42 z objektů s výskytem volné fáze polutantů, resp. jejího filmu na hladině podzemní vody. Zkoušky byly uskutečněny jak na vzorcích vody odebraných před aplikací oxidačních činidel, tak po jejich infiltraci do vrtů s tím, že byly sledovány i účinky produktů rozkladu primárních polutantů. Výsledky testů jsou zpracovány v tabulce 25 v příloze č. 19 AAR [32] včetně podrobného hodnocení. Protokoly testů

Doplňek aktualizace analýzy rizik ve společnosti FARMAK, a.s

jsou součástí závěrečné zprávy za STP [2], z níž je hodnocení testů převzato. Důležitý je fakt, že ani na jednom vzorku podzemní vody nebyla prokázána dle vyhlášky č. 376/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, nebezpečná vlastnost H14 Ekotoxická, tzn. že hodnoty LC (EC, IC) 50 se zdaleka nepřiblížily k limitní koncentraci 10,0 ml/l. Riziko pro povrchové vody tedy nenastane.

Z matematického modelu realizovaného v rámci AAR [32] však vyplynulo, že po ukončení sanačního čerpání podzemní vody se bude zbytková kontaminace šířit ve směru proudění podzemní vody k řece Moravě. Pro povrchové toky platí normy environmentální kvality, vyjádřené jako celoroční průměrná hodnota jednotlivých ukazatelů stanovené v příloze č. 3 k nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů (od vydání AAR v roce 2012 nedošlo ke změně NEK-RP u prioritních škodlivin). V kapitole 2.3.4 AAR [32] byly vypočítány maximální přípustné koncentrace polutantů, které mohou být obsaženy v podzemní vodě drénované řekou Moravou a při nichž ani při průtoku Q_{364} nedojde k překročení norem environmentální kvality. Pro TCE a PCE byly výpočet doplněn (metodika viz kapitola 2.3.4 AAR) a uvádíme jej i s ostatními polutanty v tabulce č. 32.

Tabulka č. 32: Příron jednotlivých kontaminantů do řeky Moravy

Látka	Jednotka	Koncentrace v Moravě (mez detekce nebo Ø)	NEK-RP (příloha č. 3 nařízení vlády č. 61/2003 Sb.)	Maximální přípustná koncentrace při $Q = 4,375 \text{ l/s}$
benzen	µg/l	0,09	10	5 854,1
toluen	µg/l	0,20	5	2 835,6
chlorbenzen	µg/l	0,07	1	549,4
vinylchlorid	µg/l	0,11	1	525,8
1,2-cis-DCE	µg/l	0,17	1	490,5
TCE	µg/l	0,07	10	5 865,9
PCE	µg/l	0,05	10	5 877,7
aceton*	µg/l	-	nestanoveno	2 835,6
metanol*	µg/l	-	nestanoveno	2 835,6
isopropanol*	µg/l	-	nestanoveno	2 835,6
psychofarmaka**	µg/l	-	nestanoveno	525,8
NH_4^{+***}	mg/l	0,16	0,29	77,0

* - pro orientační výpočet je uvažována stejná hodnota jako pro toluen, neboť z hlediska toxikologických charakteristik jsou si tyto látky blízké

** - pro orientační výpočet je uvažována odborným odhadem stejná hodnota jako pro vinylchlorid

*** - hodnota NH_4^{+} je přepočtena: v 1 mg NH_4^{+} = 0,7765 mg N

Poznámka: Mez detekce (LOD – limit of detection) - odpovídá koncentraci, pro kterou je analytický signál statisticky významně odlišný od šumu. Je to nejmenší množství analytu ve vzorku, které lze detekovat, ale které není nutně kvantifikovatelné jako exaktní hodnota (je nižší než mez stanovitelnosti). Každá laboratoř si stanovuje vlastní meze detekce a stanovitelnosti na základě přístrojového vybavení, meze detekce v tabulce č. 32 platí pro laboratoř společnosti AQUATEST a.s.

V tabulce č. 31 jsou uvedeny maximální koncentrace polutantů v podzemní vodě, drénované řekou Moravou, při nichž nedojde k překročení norem environmentální kvality v povrchové vodě.

3.4 SHRnutí CELKOVÉHO RIZIKA

Shrnutí celkového rizika je uvažováno pro koncentrace uvedené v **tabulce č. 30**. Obecně je za přijatelné karcinogenní riziko pro hodnocení lokálních vlivů, což platí pro areál Farmaku a jeho okolí, považována hodnota 1×10^{-5} . Nebezpečnost konkrétní expozice HQ je signalizována hodnotami $HQ > 1$.

Dermální kontakt s kontaminovanou podzemní vodou a nahodilá perorální expozice při výkopových pracích v areálu Farmaku – expoziční scénář č. 1

Při expozicích námi zvoleného expozičního scénáře byla průměrná míra zdravotního rizika pro nekarcinogenní účinky sledovaných škodlivin (HQ) odhadnuta v řádech 10^{-7} až 10^{-1} . Z výše uvedených hodnot je zřejmé, že hodnota $HI = 1$ nebude při uvažování expozičního scénáře č. 1 překročena, i při zahrnutí rizika z expozice amoniakálním dusíkem, a tudíž lze konstatovat, že **zdravotní riziko účinků navolených expozic uvažovanými polutanty bude pravděpodobně přijatelné.**

Při expozici námi zvoleného expozičního scénáře se maximální míra rizika vyjádřená nadměrným celoživotním karcinogenním rizikem (ELCR) pohybovala v řádech 10^{-12} až 10^{-8} . Obecně je za přijatelné karcinogenní riziko pro hodnocení lokálních vlivů považována hodnota 1×10^{-5} . **Obecně přijatelná míra karcinogenního rizika při námi uvažovaném expozičním scénáři překročena nebyla, a tudíž lze konstatovat, že karcinogenní riziko z dermálního kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou a z nahodilé perorální expozice sledovanými škodlivinami z vody při výkopových pracích v areálu Farmaku lze považovat za nevýznamné.**

Dermální kontakt, nahodilá perorální expozice a inhalace par při zalévání vodou z domovních studní v obytné zóně – expoziční scénář č. 2

Při dlouhodobých expozicích je průměrná míra zdravotního rizika pro nekarcinogenní účinky sledovaných škodlivin (HQ) odhadnuta v řádech 10^{-6} až 10^{-1} při uvažování expozice koncentracím uvedeným v **tabulce č. 30**. Z výše uvedených hodnot je zřejmé, že hodnota $HI = 1$ bude při uvažování expozičních scénářů č. 2a, 2b překročena, při uvažování scénáře č. 2c nebude překročena. Z provedených odhadů vyplývá, že zdravotní riziko **chronických účinků kontaminované vodě uvažovanými polutanty při námi zvolenými expozičními scénáři bude pravděpodobně nepřijatelné.**

Pro karcinogenní účinky je maximální míra rizika vyjádřena nadměrným celoživotním karcinogenním rizikem (ELCR) v řádech 10^{-15} až 10^{-5} . Obecně je za přijatelné karcinogenní riziko v daném případě považována hodnota 1×10^{-5} . **Míra karcinogenního rizika při námi uvažovaném expozičním scénáři pro dermální kontakt s vodou a pro nahodilou perorální expozici při zalévání se pohybovala pro VCE v řádu nepřijatelné míry, a tudíž lze karcinogenní riziko z dermální a perorální expozice sledovaným škodlivinám v podzemní vodě považovat za významné.**

Dermální expozice a inhalace par při sprchování vodou z domovních studní v obytné zóně – expoziční scénář č. 3 – podmíněný (nereálný)

Při dlouhodobých expozicích je průměrná míra zdravotního rizika pro nekarcinogenní účinky sledovaných škodlivin (HQ) odhadnuta v řádech 10^{-5} až 10^0 při uvažování expozice koncentracím uvedeným v **tabulce č. 30**. Z výše uvedených hodnot je zřejmé, že hodnota $HI = 1$ bude při uvažování expozičních scénářů č. 3a a 3b překročena. Z provedených odhadů vyplývá, že zdravotní riziko **chronických účinků kontaminované vodě uvažovanými polutanty při námi zvoleném expozičním scénáři dermálního kontaktu a inhalací par při sprchování vodou z domovních studní bude pravděpodobně nepřijatelné.**

Pro karcinogenní účinky je maximální míra rizika vyjádřena nadměrným celoživotním rizikem (ELCR) v řádech 10^{-13} až 10^{-4} . Obecně je za přijatelné karcinogenní riziko v daném případě považována hodnota 1×10^{-5} . **Míra karcinogenního rizika při námi uvažovaném expozičním scénáři se pohybovala pro VCE a TCE v řádu nepřijatelné míry karcinogenního rizika pro dermální kontakt, a tudíž lze karcinogenní riziko z dermální expozice sledovaným škodlivinám v podzemní vodě považovat za významné.**

Jak bylo uvedeno výše, je scénář č. 3 uvažován jako podmíněný (nereálný), v dalším hodnocení nebude brán v úvahu. **Voda z domovních studní nesmí být používána jako pitná, tedy ke konzumaci, pro sprchování a umývání.**

Ekosystémy, potenciálně ovlivněné kontaminací na lokalitě, jsou ekosystémy vázané na povrchové vody. Ekotoxikologickými testy na vzorcích podzemní vody nebyla prokázána nebezpečná vlastnost ekotoxicitu, **riziko pro povrchovou vodu v řece Moravě, do níž je podzemní voda drénována tedy nenastane.** Ovšem podle matematického modelu, pokud by se kontaminace v areálu Farmaku neodstranila, došlo by během 30 let k migraci polutantů do povrchové vod a překračování norem environmentální kvality. Proto byly vypočítány maximální přípustné koncentrace polutantů, které mohou být obsaženy v podzemní vodě drénované řekou Moravou (tabulka č. 32) a při nichž ani při průtoku Q_{364} nedojde k překročení norem environmentální kvality. Tyto koncentrace pak byly zohledněny při revizi sanačních limitů pro podzemní vodu.

Ve srovnání s výsledky hodnocení rizik v AAR [32] se u původně hodnocených polutantů rizika téměř nezměnila. Avšak především v důsledku započítání vlivu TCE došlo u scénáře 2a - dermální kontakt při zalévání zahrady a 2b - nahodilá perorální expozice při zalévání zahrady k změně z přijatelné míry rizika na nepřijatelnou míru rizika u látek s nekarcinogenním účinkem. Pokud uvažujeme samostatně nově hodnocené látky TCE a PCE, pak byla zjištěna nepřijatelná míra rizika u TCE pro scénář č. 3 – pro dermální kontakt i inhalací par při sprchování z hlediska nekarcinogenních účinků a významné riziko z hlediska karcinogenních účinků. Pro tento scénář bylo také zjištěno nepřijatelné riziko pro isopropanol. Je třeba upozornit, že koncentrace použita pro výpočet byla převzata z areálu Farmaku, neboť mimo areál nebyl isopropanol ověřován. U tohoto scénáře došlo ke změně pro amoniak (amonné ionty) z nepřijatelné na přijatelnou míru rizika látek s nekarcinogenním účinkem.

3.5 OMEZENÍ A NEJISTOTY

- Koncentrace sledovaných polutantů mohou být ovlivněny nehomogenitou vzorků podzemní vody.
- Přijatelná míra karcinogenního rizika je hodnocena pro lokální vlivy, přesný počet uživatelů studní není znám.
- Vzhledem k dlouhodobé kontaminaci zájmového území nejsou studny podle výsledků terénního šetření příliš využívány, v současné době především z důvodu zápachu.
- U parametru „skutečný čas přímé expozice s vodou při zalévání“ byl přístup na straně bezpečnosti.
- Do výpočtu rizik nebyly zahrnuty krezoly, takže celkové HI může být nepatrně vyšší.
- V podzemní vodě se mohou, v důsledku používání různých chemických látek v minulosti v areálu Farmaku, vyskytovat i jiné organické látky, které se také mohou určitým způsobem podílet na zvýšení rizika.
- V rámci vzorkovacích prací realizovaných pro DAAR byl ověřován aktuální stav znečištění podzemní vody pouze v areálu Farmaku se zaměřením především na severovýchodní a střední část areálu společnosti. Hydrogeologické vrty a domovní studny mimo tento areál nebyly vzorkovány.

4. DOPORUČENÍ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

4.1 DOPORUČENÍ CÍLOVÝCH PARAMETRŮ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

4.1.1. Doporučení cílových parametrů pro podzemní vodu

V AAR [32] byla provedena revize platných cílových parametrů pro podzemní vodu, včetně podrobného zdůvodnění. Porovnáním aktualizovaných výpočtů rizik s výsledky uvedenými v AAR [32] došlo jen k nepatrným změnám v jednotlivých scénářích pro ty látky, které byly hodnoceny v AAR. Změna na nepřijatelnou míru rizika látek s nekarcinogenním účinkem byla způsobena zahrnutím TCE mezi prioritní škodliviny. Také z hlediska látek s karcinogenním účinkem byl zjištěno při použité koncentraci 500 µg/l TCE významné riziko ve scénáři 3a a 3b, tj. dermální kontakt a inhalace par při sprchování. Není tedy nutné měnit již navržené sanační limity pro podzemní vodu. Pouze je třeba je doplnit o hodnoty pro TCE a PCE.

Při hodnocení zdravotních rizik bylo zjištěno pro používání vody z domovních studní při sprchování pro expoziční cesty dermální kontakt a inhalace par nepřijatelné riziko. Protože jsou všechny rodinné domy připojeny na veřejný vodovod, není tento scénář při návrhu cílových parametrů zohledněn. Kvalita vody jímáné z domovních studní není českou legislativou řešena, limity dané vyhláškou č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, platí pro hromadné zásobování. Ale z hlediska zdravotních rizik je zřejmé, že by měla tato voda, pokud by byla používána ke sprchování, teoreticky také splňovat limity dané citovanou vyhláškou. To je však pro tuto lokalitu nereálné. Zpětným výpočtem, založeným na expozičních datech v posuzovaném území, a užívajícím poměr mezi cílovým rizikem a vypočteným rizikem pro jednotlivé chemické sloučeniny v daném médiu:

$$RGO_i = C_i \cdot \frac{TR}{CR_i}$$

by se cílové sanační limity pro TCE pro scénář sprchování musel rovnat limitu pro pitnou vodu daným ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., v platném znění, což je pro danou lokalitu nereálné.

Dále tedy se scénářem č. 3 není uvažováno, za podmínky, že voda ze studní nebude používána ke sprchování, mytí, konzumaci, případně k napouštění bazénů.

Na základě zhodnocení průběhu a efektivnosti sanačních prací, s ohledem na výpočty rizik provedené v AAR a v DAAR a na aktuální obsahy látek v podzemní vodě, byly ponechány cílové limity sanace tak, jak je uvedeno AAR. Limity pro TCE a PCE byly uvnitř PTS ponechány v původní výši, pro místa výskytu volné fáze byly navýšeny a pro oblast vně PTS směrem k řece Moravě a JÚ byly výrazně zpřísněny, tak jak, jak je uvedeno v tabulce č. 33.

Podmínkou pro akceptaci doporučené úpravy sanačních limitů je:

- voda z domovních studní v obytné zóně nebude používána jako pitná, tedy ke konzumaci, pro sprchování a umývání;

Tabulka č. 33: Doporučené sanační limity pro lokalitu areálu Farmaku a okolí v Olomouci pro podzemní vodu

Kontaminant	Platný limit	Nově navržené limity		
		uvnitř PTS	místa výskytu volné fáze	vně PTS – směrem k řece Moravě a JÚ
		µg/l		
vinylchlorid	600	600	800	30
DCE	3 000	1 600	4 000	200
TCE	500	500	1 000	150
PCE	200	200	200	100
benzen	30	100	300	40
toluen	1 800	3 600	7 000	1 800
chlorbenzen	170	450	1 500	340
kresoly	1 600	neřešeno v DAAR		
amonné ionty	7 200	-	-	-
metanol	-	2 000	4 000	600
isopropanol	-	2 500	4 000	750
aceton	-	3 000	6 000	900

Linii mezi plochami „uvnitř PTS“ a „vně PTS“ je těleso podzemní těsnící stěny, v místě, kde je otevřená, to jsou vrty P-211, R-211, R-212, R-213, R-214, FAR-3, SM-12 a P-200. Pro tyto vrty budou platit limity uvnitř PTS.

Místem výskytu volné fáze je každý vrt, v němž byla volná fáze na hladině podzemní vody zjištěna přístroji pro měření fáze nebo byla stanovena laboratorně z odebraného vzorku média z hladiny vody ve vrtu. Za místo výskytu volné fáze je uvažována i detekce filmu na hladině, tedy mocnost 0 až 1 mm.

Zdůvodnění vypuštění sanačního limitu pro amonné ionty

Platným Rozhodnutím ČIŽP OI Olomouc č.j. 08/OV/03761/03/Sn ze dne 2.5.2003 byl stanoven limit pro amonné ionty pro podzemní vodu v úrovni 7,2 mg.l⁻¹. Aktualizací analýzy rizik (2012) [32] byla navržena aktualizace cílového sanačního limitu pro amonné ionty ve výši 20 000 mg.l⁻¹. V příloze č. 29 AAR (2012) je uvedeno hodnocení rizik pro NH₄⁺: Zdravotní rizika staré ekologické zátěže NH₄⁺ z provozu společnosti FARMAK, a.s. Olomouc (RNDr. Alexander Skácel). Z vyhodnocení mimo jiné vyplývá, že zdravotní riziko způsobené kontaminací podzemní vody NH₄⁺ v okolí areálu Farmak Olomouc, a.s. bylo v době jeho zpracování (2012) pro vzdálenější objekty nevýznamné, a nepředstavuje riziko pro veřejné zdraví při uvažovaných expozičních scénářích.

V rámci hodnocení rizik v předloženém Doplnku AAR byly provedeny výpočty HQ, HI a ELCR pro jednotlivé škodliviny, mj. i pro NH₄⁺ (viz tabulka č. 31) pro možné expoziční cesty, specifikované v kapitole 3.1.3. Jak vyplývá z tabulky č. 31, konkrétně pro NH₄⁺ byly vypočteny hodnoty HQ pro dermální kontakt s kontaminovanou vodou při výkopových pracích (scénář 1a), nahodilou perorální expozici při manipulaci s vodou ve výkopu (scénář 2b), dermálním kontaktem při zalévání zahrady (scénář 2a), nahodilou perorální expozici při zalévání zahrady (scénář 2b), pro inhalaci par při kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou při zalévání zahrady (scénář 2c), pro dermální kontakt při sprchování s kontaminovanou podzemní vodou (scénář 3a) a pro inhalaci par při sprchování kontaminovanou podzemní vodou (scénář 3b). Vypočtené hodnoty HQ pro každý expoziční scénář samostatně jsou nižší než 1, což znamená, že pro uvažované expoziční scénáře nepředpokládáme zvýšené zdravotní riziko pro nekarcinogenní účinky. Vzhledem ke skutečnosti, že výpočty rizik pro NH₄⁺ byly v tabulce č. 31 kvantifikovány pro koncentrace o výši dvojnásobku platného sanačního limitu (14,4 mg/l), jsou dále, z důvodu bezpečnosti, uvedeny výpočty HQ pro maximálně zjištěnou koncentraci NH₄⁺ na lokalitě. Výpočet uvažuje s koncentrací 28,5 mg.l⁻¹ (výsledek analýzy vzorku z vrtu SM-10 ze dne 25.6..2015).

Expoziční cesta	HQ
dermální kontakt s kontaminovanou vodou při výkopových pracích (scénář 1a)	3,05 x 10 ⁻⁶
nahodilá perorální expozice při manipulaci s vodou ve výkopu (scénář 2b)	3,29 x 10 ⁻⁶
dermální kontakt při zalévání zahrady (scénář 2a)	1,14 x 10 ⁻⁵
nahodilá perorální expozice při zalévání zahrady (scénář 2b)	1,72 x 10 ⁻⁴
inhalace par při kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou při zalévání zahrady (scénář 2c)	3,76 x 10 ⁻⁴
dermální kontakt při sprchování s kontaminovanou podzemní vodou (scénář 3a)	5,15 x 10 ⁻⁵
inhalace par při sprchování kontaminovanou podzemní vodou (scénář 3b)	2,65 x 10 ⁻¹

Z důvodu kvantifikace míry rizika nekarcinogenních účinků **pro maximální koncentrace NH₄⁺** v podzemní vodě, která **nesignalizuje ohrožení zdraví lidí při zohlednění uvedených expozičních scénářů**, navrhuje **sanační limit pro amonné ionty dále neuvažovat**.

Zdůvodnění doporučených sanačních limitů TCE a PCE

Pro posouzení vhodnosti navržených sanačních limitů byl proveden výpočet rizik pro jednotlivé scénáře při použití koncentrací ve výši limitů uvedených v tabulce č. 33. Výpočty jsou uvedeny v příloze č. 36 v tabulce 5 pro areál Farmaku, v tabulce 6 pro scénáře off-site. Z tabulek je zřejmé, že míra rizika v areálu Farmaku pro scénář výkopových prací (č. 1a a 1b) i pro scénář použití vody pro zálivku (č. 2a a 2b) bude výrazně pod mezemi pro významné karcinogenní riziko (1×10^{-5}) i pro nepřijatelné nekarcinogenní riziko ($HI > 1$) pro úroveň sanačních limitů uvedenou v tabulce č. 33.

U kontaminantů, u kterých je v reálném expozičním scénáři prokázáno překročení přijatelné míry rizik, se používá odvození cílových parametrů tzv. obrácenou úlohou. To se, pokud neuvažujeme scénář č. 3 (viz výše), netýká u aktuálních výpočtů žádného polutantu, tedy ani nově zahrnutých škodlivin TCE a PCE. U TCE se ve scénáři č. 2a – dermální kontakt při zalévání zahrady koncentrace ve výši 500 µg/l výrazně podílela na překročení sumární hodnoty $HI = 1$. Proto byl limit pro TCE vně PTS snížen o cca 2/3 na hodnotu **150 µg/l**, při které původní $HQ = 6,51 \times 10^{-1}$ klesne na $3,54 \times 10^{-3}$ a hodnota HI pak bude přijatelná (tabulka 6 v příloze č. 30). Podobně bylo uvažováno pro limit v místech výskytu volné fáze, kde lze akceptovat relativně vyšší koncentraci škodliviny. Vzhledem k výskytu TCE v nižších v desítkách tisíc doporučujeme zvýšit hodnotu limitu v místě výskytu volné fáze na **1 000 µg/l**. Jak vyplývá z tabulky 5 v příloze č. 36, míra rizika se zvýší nepatrně a stále bude přijatelná. Uvnitř PTS pak navrhujeme ponechat původní limitní koncentraci **500 µg/l**, neboť plocha uvnitř PTS na jv. okraji zasahuje i vně areálu Farmaku.

U PCE navrhujeme jak pro lokality uvnitř PTS, tak i pro místa výskytu volné fáze ponechat původní limit **200 µg/l**, neboť tento polutant se vyskytuje v areálu Farmaku pouze ojediněle. Pro lokalitu vně PTS směrem k řece Moravě a JÚ navrhujeme snížit hodnotu cílového limitu na polovinu, tedy **100 µg/l**. Důvodem je snaha, aby celková zátěž podzemní vody polutanty byla v místě, kde je podzemní voda využívána k zalévání, co nejnižší.

Druhým aspektem, který musí být zohledněn při návrhu sanačních limitů TCE a PCE, je drénování zbytkové kontaminace, přítomné v podzemní vodě, řekou Moravou, které bylo predikováno matematickým modelem v AAR [32]. Podle transportního modelu šíření zbytkového znečištění porostou koncentrace polutantů v podzemní vodě, která bude drénována Moravou během let, až na 30 % úrovně zbytkové kontaminace, tj. hodnotu sanačních limitů uvnitř PTS. V tabulce č. 32 byl vypočten maximálně možný příron polutantů při očekávaném množství podzemní vody, která bude Moravou drénována (4,375 l/s). V tabulce č. 34 jsou porovnány maximální přípustné koncentrace polutantů s 30% hodnotami navržených sanačních limitů.

Tabulka č. 34: Úroveň 30% hodnot zbytkové koncentrace znečištění v podzemní vodě drénované řekou Moravou

Látka	Jednotka	Maximální přípustná koncentrace při $Q = 4,375 \text{ l/s}$	Navržený sanační limit uvnitř PTS	30 % sanačního limitu
TCE	$\mu\text{g/l}$	5 865,9	500,0	150,0
PCE	$\mu\text{g/l}$	5 877,7	200,0	60,0

* - pro orientační výpočet je uvažována stejná hodnota jako pro toluen, neboť z hlediska toxikologických vlastností jsou si tyto látky blízké

Pokud by uvnitř PTS zůstal cílový limit pro TCE 500 $\mu\text{g/l}$, pak by 30% koncentrace činila 150 $\mu\text{g/l}$, což je přípustná hodnota pro řeku Moravu. Stejně tak pro cílový limit uvnitř PTS pro PCE 200 $\mu\text{g/l}$ bude 30% koncentrace ve výši 60 $\mu\text{g/l}$ přijatelná.

Diskuze k návrhu rozdělení sanačních limitů z hlediska území

Vzhledem k tomu, že se bude kontaminace šířit přes obytnou zónu k řece Moravě, jsou pro tuto oblast (vně PTS – směrem k řece Moravě) doporučeny sanační limity na základě výpočtu zdravotních rizik. Jejich splnění však může být obtížně realizovatelné, protože **sanače je vázána pouze na oblast uvnitř PTS** (areál Farmaku a linie vrtů R-211 až R-214). Nelze ji tedy rozšiřovat do obytné zóny. To by bylo z technického i ekonomického hlediska neproveditelné, neboť obsahy polutantů (benzenu, chlorbenzenu a amonných iontů), vyšší než jsou doporučené limity uvedené v tabulce č. 33, se sice vyskytují v určitém pásu vázaném na preferenční cesty šíření kontaminace (vrty SM-36, SM-39 a „vrt 2“), ovšem, jak vyplynulo ze vzorkování domovních studní v rámci AAR, byly zjištěny ojedinělé nadlimitní koncentrace i mimo tuto oblast.

Ve výše uvedené oblasti došlo od poloviny roku 2009 do dubna 2010 k poklesu polutantů pod stávající sanační limity. V důsledku vysoké úrovně hladiny podzemní vody (od května 2010) však byl dokumentován jejich nárůst. To lze hodnotit jako určitou rozkolísanost, kterou nelze sanačními pracemi výrazně ovlivnit. Jedná se o zbytkovou kontaminaci masivního znečištění (viz tabulka 7 v příloze č. 19 původní AAR), které zasahovalo celé území mezi hranicí areálu Farmaku a řekou Moravou v pásu širokém cca 500 m. Proto také v minulosti probíhalo sanační čerpání ve vrtech podél řeky Moravy, čímž mohlo dojít i k určitému „rozvlečení“ kontaminace (pro zhodnocení účinnosti tohoto čerpání není dostatek podkladů). Lze očekávat, s vysokou pravděpodobností, dodržení navržených sanačních limitů pro oblast „vně PTS“ směrem k řece Moravě. Ovšem pokud budou ojediněle překračovány, neměl by to být důvod k následným sanačním pracím. Tento požadavek bude zohledněn při zpracování způsobu hodnocení dosažení cílů nápravných opatření - sanačních limitů.

Pro oblast vně PTS - směrem k JÚ tyto limity budou závazné, protože pokud by došlo k jejich překročení, signalizovalo by to odchylku od závěrů matematického modelu a tato situace, i když nepředpokládána, by musela být řešena.

V případě překračování limitů, uvedených v tabulce č. 33 pro území „vně PTS – směrem k řece Moravě“, nesmí být voda používána ani na zálivku. Oblast obytné zóny by musela být dostatečně monitorována, v rámci postsanačního monitoringu by byly sledovány i vybrané

domovní studny v počtu 10 objektů (určení konkrétních studní by bylo navrženo v metodice prokázání dosažení cílových limitů sanace, která bude zpracována v případě akceptace revize stávajících sanačních limitů).

4.1.1.1 Metodika průkazu splnění sanačních limitů pro podzemní vodu

Vzhledem k navržené změně koncentrací sanačních limitů pro podzemní vodu, vyplývající z nově zjištěných skutečností, je stávající způsob prokázání dosažení sanačních limitů, který je uveden v Realizačním projektu [11] v kapitolách č. 7.2. a 14., nevyhovující. V projektu bylo navrženo provádět, po ukončení aktivního sanačního zásahu, monitorování 43 vrtů v areálu Farmaku a 17 vrtů mimo areál Farmaku 1x za tři měsíce po dobu dvou let. Konkrétní vrty měly být upřesněny před ukončením sanačního čerpání podle aktuální situace. Sanace měla být považována za ukončenou, pokud v rámci postsanačního monitoringu dvě po sobě následující čtvrtletí aritmetický průměr koncentrací ze všech odebraných vzorků nepřekročí sanační limit navýšený o % nejistoty stanovení.

V současné době neexistuje závazná metodika pro způsob prokázání dosažení sanačních limitů. Pouze byl v listopadu 2008 ČAH vypracován návrh metodického pokynu MŽP „Způsob prokázání dosažení cílových parametrů sanace“, který však nebyl definitivně schválen. Níže doporučený způsob prokázání dosažení sanačních limitů vychází částečně z tohoto návrhu a ze zkušeností zpracovatele AAR a DAAR při realizaci sanačních prací na jiných lokalitách.

4.1.1.1.2 Definice používaných pojmů

Parametr: kontaminant s určeným sanačním limitem (vinylchlorid, 1,2-cis-dichlorethylen, benzen, toluen, chlorbenzen, amonné ionty, 1,1,2-trichlorethylen, 1,1,2,2-tetrachlorethylen, krezoly, aceton, metanol, isopropanol), v lokalitě Farmak je 12 parametrů.

Stanovení: analyticky stanovená koncentrace jednoho parametru na jednom objektu v jedné odběrové periodě.

Sanační limit: cílová koncentrace parametru v podzemní vodě v oblastech zájmového prostoru, která je stanovena ČIŽP.

Nejvyšší přípustná koncentrace parametru: koncentrace kontaminantu, která nesmí být v regulérním stanovení parametru v průkazním souboru překročena. V daném případě je rovna hodnotě **sanačního limitu** pro jednotlivé kontaminanty.

Přípustný počet překročení: počet stanovení, ve kterém mohou koncentrace parametrů převyšovat sanační limit daných kontaminantů.

Objekt: objekt vybraný pro průkaz splnění sanačních limitů v oblasti.

Období průkazu: období, ve kterém bude prokazováno splnění sanačních limitů.

4.1.1.1.3. Přehled oblastí pro průkaz splnění sanačních limitů

V AAR [32] byly sanační limity kontaminantů navrženy v různých koncentracích pro 3 vymezené oblasti (plochy) - **místa s výskytem volné fáze**, oblast „**uvnitř PTS**“ a oblast „**vně PTS**“. Oblast „**vně PTS**“ je **rozdělena** na území situované západně od PTS a od linie vrtů P-211, R-211, R-212, R-213, R-214, FAR-3, SM-12 a P-200, tedy ve směru proudění podzemní vody - **směrem k řece Moravě** a na území situované východně od PTS - **směrem k JÚ Černovír**, celkem jsou tedy stanoveny **4 oblasti** pro průkaz splnění sanačních limitů. Předložený Doplněk

AAR toto rozdělení akceptuje a považuje ho za vhodné, vzhledem k rozsahu provedených průzkumných prací v rámci Doplnku je upravena pouze oblast „uvnitř PTS“.

4.1.1.1.4. Výběr objektů pro průkaz splnění sanačních limitů

Při výběru počtu a situování objektů (vrtů a studní) v jednotlivých oblastech, které budou použity pro prokázání splnění sanačních limitů, tedy pro postsanační monitoring, byly zohledněny tyto skutečnosti:

Oblast místa s výskytem volné fáze v areálu Farmaku - počet objektů 12

- výskyt volné fáze je dosud zjištěn uvnitř areálu Farmaku,
- jako volná fáze je uvažován i film polutantů na hladině podzemní vody,
- do monitoringu jsou zahrnuty všechny vrty, v nichž byla dosud identifikována volná fáze polutantů (P-32, P-56, SM-18, SM-42, SM-43, SM-44, SM-45, SM-60, SM-65, SM-66, SM-68, SMŠ-6), dále budou zahrnuty všechny další vrty, v nichž se vyskytne volná fáze do doby ukončení sanačních prací,
- protože v nově vyhloubeném vrtu VV-1 (původní vrt s výskytem fáze byl poškozen při sanaci objektu č. 32a) již volná fáze nebyla identifikována, nebude do postsanačního monitoringu pro místa s výskytem volné fáze zahrnut.

Oblast „uvnitř PTS“ - počet objektů 41

- do monitoringu jsou zahrnuty vrty tvořící linii mezi plochami „uvnitř PTS“ a „vně PTS“ v místě, kde je stěna otevřená - P-211, R-211, R-212, R-213, R-214, FAR-3, SM-12, P-200, neboť náleží do oblasti uvnitř „PTS“,
- do monitoringu jsou zahrnuty všechny vrty, které byly v průběhu sanace čerpány a nevyskytla se v nich volná fáze (AT-103, AT-106, AT-107, FAR-2, FAR-10, SM-9, SM-11, VV-1) s výjimkou vrtu AT-104, který bude v důsledku výstavby skladu zlikvidován a v němž byly sanační limity trvale dosaženy již v prosinci 2007,
- do monitoringu jsou zahrnuty vybrané vrty situované podél východní a západní linie PTS,
- vrty situované uvnitř PTS, ale severně od areálu Farmaku, v nichž nebyla kontaminace v průběhu sanačních prací nikdy zjištěna, nejsou do monitoringu zahrnuty,
- do monitoringu je zahrnut i vrt SM-7, situovaný mimo oblast sanačního čerpání podzemní vody, ovšem s kolísavým výskytem polutantů,
- do monitoringu je zahrnut i nově vyhloubený vrt SM-74, situovaný mimo oblast sanačního čerpání podzemní vody, v němž byly stanoveny velmi vysoké obsahy polutantů,
- do monitoringu jsou zahrnuty vrty DF-2, DF-3, DF-6, DF-10, DF-11, DF-13, DF-18, DF-19, DF-21, DF-29, DF-30, DF-42 realizované v rámci Doplnku AAR a v nichž byla zjištěna kontaminace,
- do monitoringu je zahrnut vrt SM-8, kde byly opakovaně zjištěny nadlimitní koncentrace CIU.

Oblast „vně PTS - plocha směrem k řece Moravě“ - počet objektů 14

- do monitoringu jsou vybrány vrty a studny situované ve směru proudění podzemní vody na výstupu z areálu Farmaku na ploše předpokládaného šíření zbytkové kontaminace stanovené matematickým modelem v AAR [32]

Oblast „vně PTS - území směrem k JÚ Černovír“ - počet objektů 6

- oblast zahrnuje území mezi východní částí tělesa PTS a studnami v JÚ Černovír,
- do monitoringu jsou zahrnuty vrty HV-111, HV-114, HV-402, HV-403, P-12, P-21, v nichž byl již v rámci zpracování AAR opakovaně ověřován výskyt kontaminantů a které jsou situovány tak, že plošně postihují celé území mezi PTS a JÚ Černovír.

Monitorovací objekty, v nichž bude ověřován obsah polutantů v jednotlivých oblastech, jsou uvedeny v tabulce č. 35 a vyznačeny v příloze č. 11. V případě, že bude některý z vrtů, určených pro postsanační monitoring a situovaných vně areálu Farmaku, poškozen, bude nahrazen nejbližším stávajícím vrtem.

Tabulka č. 35: Přehled monitorovacích objektů navržených pro průkaz splnění sanačních limitů v jednotlivých oblastech

Poř. č.	Oblast	Počet objektů	Monitorované objekty
1	místa s výskytem volné fáze	12	P-32, P-56, SM-18, SM-42, SM-43, SM-44, SM-45, SM-60, SM-65, SM-66, SM-68, SMŠ-6
2	uvnitř PTS	41	AT-103, AT-106, AT-107, FAR-2, FAR-3, FAR-10, FAR-12, P-200, P-201, P-209, P-211, R-211, R-212, R-213, R-214, R-217, SM-7, SM-8, SM-9, SM-11, SM-12, SM-13, SM-14, SM-15, SM-25, SM-29, SM-30, SM-74, VV-1, DF-2, DF-3, DF-6, DF-10, DF-11, DF-13, DF-18, DF-19, DF-21, DF-29, DF-30, DF-42
3	vně PTS - k řece Moravě	14	FAR-6, R-96, R-97, R-99, R-101, SM-27, SM-36, SM-37, SM-39, SM-40, SM-41, St-Polívkovy p. č. 42/9, St-Blatňákovy p. č. 46/38, St-SŠZ Olomouc p. č. 44
4	vně PTS - k JÚ Černovír	6	HV-111, HV-114, HV-402, HV-403, P-12, P-21

4.1.1.1.5. Způsob prokázání dosažení sanačních limitů a sledované parametry

Dosažení sanačních limitů bude kontrolováno postsanačním monitoringem, který bude sestávat z odběru vzorků podzemní vody a laboratorních analýz.

Výsledky laboratorních analýz budou porovnávány se sanačními limity navrženými v předkládaném Doplnku AAR pro vinylchlorid, 1,2-cis-dichlorethylen, TCE, PCE, benzen, toluen, chlorbenzen, amonné ionty, metanol, isopropanol a aceton a se sanačními limity uvedenými v Rozhodnutí ČIŽP Olomouc č.j. 08/OV/03761/03/Sn ze dne 2. 5. 2003 pro krezoly.

Vzorky podzemní vody budou odebírány v dynamickém režimu po ustálení fyzikálně chemických parametrů. Vlastní odběr vzorku vody bude proveden na konci vzorkovacího čerpání sacím košem čerpadla z úrovně 2 m nad bází kolektoru.

Metodika vzorkování a kontrola kvality bude v souladu s Metodickým pokynem MŽP z prosince 2006 „Vzorkovací práce v sanační geologii“ [66]. Podrobný postup byl uveden v Realizačním projektu [11] a tímto na něho odkazujeme. Laboratorní rozborů budou provedeny v akreditované laboratoři podle platných norem, metodik a laboratorních postupů. Kvalita vzorkovacích

a analytických prací bude také ověřována odběrem kontrolních duplicitních vzorků supervizi v rozsahu cca 3 % celkového počtu vzorků.

4.1.1.1.6. Období průkazu dosažení sanačních limitů

Délka postsanačního monitoringu je stanovena na 2 roky od ukončení sanačních prací. Vzorkování bude prováděno 1x za tři měsíce, celkem tedy bude realizováno 8 kol postsanačního monitoringu. V každém kole monitoringu budou vzorkovány všechny objekty uvedené v tabulce 44.

V tabulce č. 36 je uveden rozsah postsanačního monitoringu. Během postsanačního monitoringu bude odebráno celkem 480 vzorků podzemní vody (60 objektů x 8 kol).

Tabulka č. 36: Rozsah postsanačního monitoringu po dobu 2 let od ukončení sanačních prací

Poř. č.	Oblast	Počet objektů	Četnost	Druh analýz	Celkem počet vzorků
1	místa s výskytem volné fáze	12	čtvrtletně	vinylchlorid, 1,2-cis-dichlorethylen, 1,1,2-trichlorethylen, 1,1,2,2-tetrachlorethylen, benzen, toluen, chlorbenzen, amonné ionty, krezoly, metanol, isopropanol a aceton	96
2	uvnitř PTS	40	čtvrtletně		320
3	vně PTS - k řece Moravě	14	čtvrtletně		112
4	vně PTS - k JÚ Černovír	6	čtvrtletně		48

Vysvětlivky:

kurzívou psané analýzy budou stanoveny jen ve vybraných kolech monitoringu

Ve srovnání s původními sanačními limity došlo k rozšíření o 3 parametry (aceton, metanol a isopropanol). Vzhledem k tomu, že krezoly byly v průběhu sanačních prací v 98 % případů pod sanačními limity a nově navržené parametry (aceton, metanol a isopropanol) se vyskytují pouze lokálně, budou tyto parametry sledovány jen ve vybraných kolech monitoringu (tabulka č. 37). V posledních dvou kolech monitoringu, která jsou pro průkaz dosažení cílových limitů rozhodující, budou sledovány všechny parametry.

Tabulka č. 37: Počet stanovovaných parametrů v jednotlivých kolech monitoringu

Poř. č.	Oblast	Kolo monitoringu							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	místa s výskytem volné fáze	12	8	8	8	8	8	12	12
2	uvnitř PTS	12	8	8	8	8	8	12	12
3	vně PTS - k řece Moravě	12	8	8	8	8	8	12	12
4	vně PTS - k JÚ Černovír	12	8	12	8	12	12	12	12

Vysvětlivky:

12 - počet stanovovaných parametrů v daném kole monitoringu (vinylchlorid, 1,2-cis-dichlorethylen, benzen, toluen, chlorbenzen, amonné ionty, 1,1,2-trichlorethylen, 1,1,2,2-tetrachlorethylen, krezoly, aceton, metanol, isopropanol),

8 - počet stanovovaných parametrů v daném kole monitoringu (vinylchlorid, 1,2-cis-dichlorethylen, benzen, toluen, chlorbenzen, amonné ionty, 1,1,2-trichlorethylen, 1,1,2,2-tetrachlorethylen).

4.1.1.1.7. Počet stanovení v jednotlivých kolech monitoringu a přípustný počet překročení

Počet stanovení pro jednotlivé oblasti v daném kole monitoringu definujeme jako celkový počet stanovení parametrů na všech průkazných objektech v období průkazu, tj.

$$\text{počet objektů} \times \text{počet provedených parametrů.}$$

Přípustný počet překročení, tedy počet stanovení parametrů, ve kterém mohou koncentrace parametrů převyšovat sanační limit parametru je převzat z přílohy č. 5 k nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro oblasti č. 1, 2 a 3. Pro oblast č. 4 „vně PTS - k JÚ Černovír“ musí být ve všech objektech všechny parametry pod sanačním limitem.

Přehled počtu stanovení a přípustného počtu překročení pro jednotlivé oblasti v jednotlivých kolech monitoringu je uveden v tabulce 47.

Tabulka č. 38: Přehled počtu stanovení a přípustný počet překročení v jednotlivých kolech monitoringu

Poř. č.	Oblast	Počet objektů	Soubor stanovení/přípustný počet překročení v daném kole monitoringu							
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	místa s výskytem volné fáze	12	144/12	96/9	96/9	96/9	96/9	96/9	144/12	144/12
2	uvnitř PTS	28	480/30	320/23	320/23	320/23	320/23	320/23	480/30	480/30
3	vně PTS - k řece Moravě	14	168/13	112/10	112/10	112/10	112/10	112/10	168/13	168/13
4	vně PTS - k JÚ Černovír	6	72/0	48/0	72/0	48/0	72/0	72/0	72/0	72/0

4.1.1.1.8. Způsob průkazu dosažení sanačních limitů

Splnění sanačních limitů v podzemní vodě bude v konkrétní oblasti prokázáno, pokud budou splněny následující podmínky:

- splněním sanačního limitu bude laboratorně stanovený obsah kontaminantů nižší nebo roven hodnotě sanačního limitu pro daný parametr, překročením bude laboratorně stanovený obsah kontaminantů vyšší než hodnota sanačního limitu pro daný parametr,
- celkový počet stanovení překračující nejvyšší přípustné koncentrace příslušných parametrů (tj. sanační limity) nepřesáhne hodnotu přípustného počtu překročení podle č. tabulky č. 38, přičemž koncentrace příslušného kontaminantu přesáhne hodnotu parametru maximálně o 50%,
- v žádném z vrtů nebude přítomna na hladině podzemní vody volná fáze polutantů.

Výše uvedená metodika průkazu dosažení sanačních limitů s ohledem na maximálně 50% překročení sanačního limitu v přípustném počtu objektů byla navržena s ohledem na hodnocení rizik a na použité vstupní koncentrace pro výpočty rizik.

Sanace bude považována za ukončenou, pokud v posledních dvou kolech postsanačního monitoringu celkový počet překročení nepřesáhne hodnoty přípustného počtu překročení v jednotlivých oblastech sanace tak, jak je uvedeno v tabulce č. 38 a pokud se na hladině podzemní vody nebude vyskytovat volná fáze polutantů.

4.1.1.1.9. Stanovení postupu pro případy překročení limitních hodnot sledovaných parametrů

V případě, že v průběhu postsanačního monitoringu nebudou v jednotlivých kolech sanační limity dodrženy, zajistí zhotovitel prací do 14 dnů od obdržení protokolů laboratorních analýz projednání zjištěného stavu se zúčastněnými stranami a dočištění lokality aplikací Fentonova činidla v množství 150 kg na 1 objekt do vybraných vrtů v areálu Farmaku. Počet vybraných vrtů bude roven počtu stanovení, překračujících přípustný počet překročení v daném kole monitoringu. Vybrány budou vrty s nejvyššími obsahy kontaminantů. Následně budou po 7 dnech od aplikace odebrány vzorky vody. Nevyhoví-li opakovaně odebraný vzorek sanačním limitům, bude aplikace Fentonova činidla opakována až do doby snížení obsahu kontaminantů pod sanační limit. V případě výskytu volné fáze polutantů na hladině podzemní vody v některém z vrtů v areálu Farmaku, bude tato odčerpávána až do jejího úplného odstranění.

Příklad 1: Ve III. kole monitoringu bude v oblasti č. 1 překročen sanační limit v 13 stanoveních (povoleno je 9 stanovení). Budou tedy vybrány 4 vrty s nejvyšším obsahem kontaminantů v areálu Farmaku, do nichž bude aplikováno Fentonovo činidlo.

Příklad 2: V VI. kole monitoringu bude v oblasti č. 1 překročen sanační limit ve 13 stanoveních (povoleno je 9 stanovení), v oblasti č. 2 v 28 stanoveních (povoleno je 23) a v oblasti č. 3 v 11 stanoveních (povoleno je 10 stanovení). Bude tedy vybráno 10 vrtů v areálu Farmaku s nejvyšším obsahem kontaminantů, do nichž bude aplikováno Fentonovo činidlo.

4.1.2 Doporučení cílových parametrů pro půdní vzduch

Cílové limity pro půdní vzduch považujeme za neúčelné a **navrhujeme omezit jejich platnost** na základě důvodů uvedených v AAR [32].

4.1.3 Doporučení cílových parametrů pro zeminy a stavební konstrukce

Cílové parametry pro zeminy a stavební konstrukce dané Rozhodnutím ČIŽP OI Olomouc č.j. 08/OV/03761/03/Sn ze dne 2.5.2003 lze i nadále doporučit.

Tabulka č.39: Cílové sanační zeminy pro zeminy stavební konstrukce dle Rozhodnutí ČIŽP OI Olomouc č.j. 08/OV/03761/03/Sn ze dne 2.5.2003

Ukazatel znečištění	Zeminy (mg.kg ⁻¹)	Stavební konstrukce (mg.kg ⁻¹)
vinylchlorid	1	1
cis-1,2-dichlorethen (DCE)	40	40
1,1,2- trichlorethen (TCE)	40	40
1,1,2,2 – tetrachloreten (PCE)	5	5
benzen	5	5
toluen	150	150
chlorbenzen	10	10
kresoly	10	10
NEL	1000	1000

S ohledem na navržená nápravná opatření v oblasti staré chemické kanalizace doporučujeme vymezit sanaci staré chemické kanalizace v souladu s Metodickým pokynem MŽP: Analýza rizik kontaminovaného území (2011) technicky, a to konkrétně:

sanační zásah v oblasti staré chemické kanalizace realizované sanačním výkopem, odstraněním sedimentu a vybouráním konstrukcí kanalizace bude ukončen po dosažení úrovně 0,5 m pode dnem kanalizačního potrubí. Plošné vymezení sanačního zásahu bude šířka pažené rýhy pro odtěžbu kanalizace.

Technický parametr pro sanaci staré chemické kanalizace byl zvolen s ohledem na liniový charakter stavby a na skutečnost, že předmětná kanalizace je uložena v zóně kolísání hladiny podzemní vody a hlubší sanační zásah by byl neefektivní z důvodu kontaminace zásypového materiálu podzemní vodou.

4.1.3.1. Prokázání dosažení cílových parametrů

Prokazování splnění cílových parametrů nápravných opatření v nesaturované zóně horninového prostředí bude s ohledem na dané podmínky zájmové lokality, míru a rozsah kontaminace, legislativní požadavky, atd., provedeno následovně:

- při závěrečném vzorkování zemin bude ve vytýčeném sektoru dosažen předepsaný cílový limit nápravných opatření dle vzorce 90/10/50. Za dosažení sanačního limitu v určité oblasti lze považovat skutečnost, kdy 90% odebraných vzorků bude vykazovat obsah sledovaných polutantů nižší než je sanační limit a zbývajících 10% nesmí překročit stanovený limit o více než 50%.

- bude dosaženo linie výkopu předepsané v projektové dokumentaci definované podle rozsahu kontaminace a technických možností sanace
- bude dosaženo hloubky výkopu předepsané v projektové dokumentaci definované podle hloubkového dosahu kontaminace.

4.2 DOPORUČENÍ POSTUPU NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

Varianty sanačních prací

Varianta 0 – neprovádění sanačních ani monitorovacích prací

S ohledem na:

- výsledky průzkumných prací, které potvrdily přítomnost kontaminace podzemní vody v úrovni nad stávající a navržené sanační limity a existenci kontaminovaných sedimentů v části staré chemické kanalizace,
- výpočty hodnocení rizika, kdy **míra karcinogenního rizika** při expozičním scénáři pro dermální kontakt s vodou a pro nahodilou perorální expozici při zalévání se pohybovala pro VCE v řádu nepřijatelné míry, a tudíž lze karcinogenní riziko z dermální a perorální expozice sledovaným škodlivinám v podzemní vodě **považovat za významné** a míra karcinogenního rizika uvažovaném expozičním scénáři dermální expozice a inhalace par při sprchování vodou z domovních studní v obytné zóně se pohybovala pro VCE a TCE v řádu nepřijatelné míry karcinogenního rizika pro dermální kontakt, a tudíž lze **karcinogenní riziko z dermální expozice sledovaných škodlivin** v podzemní vodě považovat rovněž za **významné**,
- situování zlegalizovaných domovních studní ve směru šíření podzemní vody,
- skutečnost, že území leží dle NV č. 71/2003 Sb. v povodí kaprových vod – Morava olomoucká a v povodí lososových vod – Bystřice hanácká,
- lokalita leží v záplavovém území pro Q20 a Q100,
- zájmové území je dle Přílohy č. 1 k NV č. 262/2012 Sb. součástí zranitelné oblasti Klášterní Hradisko,
- zájmové území spadá dle NV č. 61/2003 Sb. do citlivé oblasti (všechny povrchové vody – jejich povodí jsou vymezeny jako citlivé oblasti),
- území je součástí chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) – Kvartér řeky Moravy,
- ve vzdálenosti 0,8 km severozápadně od zájmového území se nachází nejbližší ptačí oblast je Litovelské Pomoraví, jejíž hranice je identická s hranicí CHKO Litovelské Pomoraví,

je nulová varianta nepřijatelná.

Varianta 1 – Monitoring podzemní a povrchové vody

S ohledem na důvody uvedené v nulové variantě variantu monitoringu nelze doporučit. Kontaminace podzemní vody byla průzkumnými pracemi v rámci Doplnku AAR potvrzená, rizika pro lidské zdraví byla kvantifikována jako významná. Průzkumnými pracemi byly zjištěny koncentrace v podzemní vodě, převyšující hodnoty stávajících i navržených cílových limitů, byla potvrzena existence podzemních jímek u objektu č. 31d a objektu č. 46a a detekována přítomnost masivně kontaminovaného sedimentu toluenem, chlorbenzenem, CIU a kresoly v části staré chemické kanalizace ve 2 větvích u šachty Š11.

Tato varianta by umožnila pouze sledování vývoje kontaminace podzemní a povrchové vody, v případě realizace varianty 1 by nebyl plněn zásadní cíl daný rozhodnutím ČIŽP OI Olomouc č. j. 08/OV/03761/03/Sn ze dne 2. 5. 2003, tj. odstranit kontaminaci podzemních vod v areálu podniku FARMAK, a.s. a sanačními pracemi dosáhnout cílových sanačních limitů.

Zvolením varianty 1 by došlo ke znehodnocení výsledků již provedených sanačních prací.

Varianta 2 – Nezbytný sanační zásah

Tato varianta řeší odstranění kontaminované staré chemické kanalizace v jižním úseku mezi šachtami Š7 a Š13, demolici jímek u objektu č. 46 a č. 31d a související sanační odtěžbu nadlimitně kontaminovaných zemin v jejich okolí a podloží. Hloubky sanačních výkopů budou zasahovat pod hladinu podzemní vody, proto je při provádění prací navrženo stavebně-sanační čerpání s dekontaminováním čerpaných vod. Sanační odtěžba bude řízena dle výsledků sanačního monitoringu. V průběhu sanačních prací bude probíhat sanační monitoring podzemní vody. Sanační zásah v nesaturované zóně uvedených částí je směřován do prokazatelných ohnisek kontaminace - nadlimitní koncentrace v sedimentu v kanalizaci mezi šachtami Š12, Š11 a Š10 a v okolí uvedených jímek. Sanace staré nefunkční kanalizace je navržena vymístěním potrubí staré chemické kanalizace, obsažených sedimentů a podložních zemin do úrovně 0,5 m pode dnem potrubí. Vytěžený materiál bude odstraněn v souladu s platnou legislativou. Stěny výkopu musí být staticky zajištěny. Výkop po odstranění kanalizace bude zasypán vhodným dobře hutnitelným inertním materiálem a povrch bude upraven do původního stavu (kamenná dlažba, asfaltobeton). Výkop jímek u objektu č. 46 a č. 31 d bude realizován po zajištění stěn výkopu vhodným pažením, konstrukce jímek budou odhaleny, s vytěženou zeminou bude nakládáno v souladu s platnou legislativou. Jímky budou vybourány a proběhne sanační odtěžba podložních a okolních zemin do úrovně sanačních limitů. Vytěžený prostor bude zasypán a území rekultivováno do původního stavu.

Sanace saturované zóny horninového prostředí bude směřována na využití oxidačních inovativních sanačních metod, zejména na lokalitě již ověřeném využití Fentonova činidla. Bližší charakteristiky nasazení aplikací v jednotlivých ohniscích budou specifikovány po realizaci a vyhodnocení poloprovozních zkoušek v rámci zpracování prováděcího projektu další etapy realizace sanačních prací. Aplikaci ISM navrhujeme doplnit o provoz sanačního čerpání a dekontaminaci podzemní vody se zpětným zásakem do horninového prostředí.

S ohledem na zjištění dosud neidentifikovaného ohniska kontaminace CIU ve vrtech SM-8 a DF-6 navrhujeme provést v rámci prováděcího projektu doprůzkumné práce, spočívající ve vybudování 2 až 3 vrtů, nevystrojených závrtů, odběrech vzorků půdního vzduchu a podzemní vody za účelem ohraničení ohniska kontaminace CIU mezi vrty DF-6 a SM-8.

V rámci zpracování projektu sanačního zásahu bude proveden dvoukolový ověřovací monitoring podzemní vody pro upřesnění rozsahu kontaminace. V jednom monitorovacím cyklu se

předpokládá odběr 60ti vzorků podzemní vody ze stávajících i nově budovaných objektů (celkem 120 ks vzorků podzemní vody). Vzorky budou analyzovány v ukazatelích: benzen, toluen, chlorbenzen, methanol, aceton, izopropanol, CIU včetně vinylchloridu při současném respektování aktuálního rozhodnutí ČIŽP OI Olomouc.

Zhotovitel projektové dokumentace provede doprůzkum staré nefunkční chemické kanalizace tak, aby upřesnil nutný rozsah vymístění kontaminované kanalizace. Opakovaně upozorňujeme na skutečnost, že všechny šachty staré chemické kanalizace jsou zabetonovány, a tudíž je nutné provést průzkumné práce (odběry a analýzy vzorků sedimentů z nefunkční staré kanalizace) prostřednictvím kopaných sond na jednotlivých úsecích kanalizačních větví. Projekt bude zpracován v rozsahu platné legislativy a bude obsahovat veškeré nutné práce k provedení sanačního zásahu.

Rozsah prací a odhadované náklady na variantu uvádíme v následujícím přehledu:

Činnost	Cena celkem bez DPH
Projekční příprava, doprůzkumné práce, povolení sanace	2 450 000 Kč
<i>Doprůzkum kanalizace – kopané sondy, odběry vzorků, laboratorní analýzy, vytyčení sítí technické infrastruktury, geodetické zaměření řešeného území, IG průzkum v rámci provádění kopaných sond, uvedení do původního stavu</i>	900 000 Kč
<i>Doprůzkum mezi vrty DF-6 a SM-8, vyhloubení a vystrojení 3 ks monitorovacích vrtů, nevystrojené a dočasně vystrojené sondy o celkové metrži 100 m, odběry vzorků podzemní vody, zemin a půdního vzduchu, laboratorní analýzy</i>	600 000 Kč
<i>Monitoring podzemní vody v 60 hg objektech ve 2 cyklech (celkem 120 ks) – odběry vzorků, laboratorní analýzy, terénní a režimní měření</i>	380 000 Kč
<i>Vyhodnocení doprůzkumných prací</i>	60 000 Kč
<i>Zpracování projektu nápravných opatření dle platné legislativy včetně schválení PD dotčenými orgány státní správy</i>	510 000 Kč
Přípravné práce	300 000 Kč
Sanace úseku staré chemické kanalizace (cca 240 m)	4 979 000 Kč
Sanace šachet na staré chemické kanalizaci (6 šachet)	430 000 Kč
Odstranění sedimentů z nepřístupných částí kanalizace (točna, objekt č. 20, apod. – variantně možno objekt č. 20 demolovat)	600 000 Kč
Rozebrání a obnovení kolidujících úseků vlečky	750 000 Kč
Přeložky sítí, jejich zajištění, ochrana	3 400 000 Kč
Zajištění stability sousedních objektů v blízkosti prací	2 500 000 Kč
Sanační odtěžba a demolice jímky v okolí objektu č. 31 d	4 175 000 Kč
Sanační odtěžba a demolice jímky v okolí objektu č. 46	2 335 000 Kč
Stavebně sanační čerpání - dekontaminace vod	4 000 000 Kč
Sanační monitoring - zeminy	900 000 Kč
Sanační monitoring - voda	6 000 000 Kč
ISM (doplnění aplikačních objektů, aplikace, vyhodnocení)	25 000 000 Kč
Řízení, koordinace a vyhodnocování prací, inženýrská činnost	5 000 000 Kč
VRN, Zařízení staveniště (provizorní komunikace, zpevněné plochy, doprava materiálu a strojů...), náklady na umístění stavby, provozní vlivy	950 000 Kč
Celkem	63 769 000 Kč

Doplňek aktualizace analýzy rizik ve společnosti FARMAK, a.s

Rámcový časový odhad na realizaci varianty 2

Termíny realizace prací v rámci varianty 2 odhadujeme následovně:

Činnost	Doba trvání realizace
Projekční příprava, průzkumné práce, povolení sanace	12 měsíců
Přípravné práce	2 měsíce
Sanace nesaturované zóny -úseky staré chemické kanalizace, podzemní jímky	18 měsíců
Sanace saturované zóny	8 až 10 let
Celková předpokládaná doba na realizaci varianty 2	10 let

Realizace této varianty umožní sanační zásah v nezbytném rozsahu, tak aby byl omezen negativní vliv kontaminace na lidské zdraví a ekosystémy vázané na řeku Moravu. Zásah je směřován pouze na areál společnosti FARMAK a.s. a neřeší nadlimitní koncentrace polutantů v podzemní vodě v okolí areálu. Vývoj koncentrací mimo areál je pouze monitorován.

Rozsah prací varianty 2 je nezbytně nutný pro naplnění cílů sanačních prací.

Varianta 3 - Optimální sanační zásah

Varianta 3 navrhuje odstranění kontaminované staré chemické kanalizace v celé její trase, demolici jímek u objektu č. 46 a č. 31d a související sanační odtěžbu nadlimitně kontaminovaných zemin v jejich okolí a podloží. Dále bude sanace nesaturované zóny zaměřena na další lokální ohniska kontaminace kolem vrtu SM-8, DF-6, DF-29, ZF-05 a ZF-37. Hloubky sanačních výkopů budou zasahovat pod hladinu podzemní vody, proto je při provádění prací navrženo stavebně-sanační čerpání s dekontaminováním čerpaných vod. Sanační odtěžba bude řízena dle výsledků sanačního monitoringu. V průběhu sanačních prací bude probíhat sanační monitoring podzemní vody.

Sanace saturované zóny horninového prostředí bude směřována na využití oxidačních inovativních sanačních metod, zejména na lokalitě již ověřeném využití Fentonova činidla. Bližší charakteristiky nasazení aplikací v jednotlivých ohniscích budou specifikovány po realizaci a vyhodnocení poloprovozních zkoušek v rámci zpracování prováděcího projektu další etapy realizace sanačních prací. Aplikaci ISM navrhujeme doplnit o provoz sanačního čerpání a dekontaminaci podzemní vody se zpětným zásakem do horninového prostředí.

S ohledem na zjištění dosud neidentifikovaného ohniska kontaminace CIU ve vrtech SM-8 a DF-6 navrhujeme provést v rámci prováděcího projektu doprůzkumné práce, spočívající ve vybudování 2 až 3 vrtů, nevystrojených závrtů, odběrech vzorků půdního vzduchu a podzemní vody za účelem ohrazení ohniska kontaminace CIU mezi vrty DF-6 a SM-8.

V rámci zpracování projektu sanačního zásahu bude proveden dvoukolový ověřovací monitoring podzemní vody pro upřesnění rozsahu kontaminace. V jednom monitorovacím cyklu se předpokládá odběr 60ti vzorků podzemní vody ze stávajících i nově budovaných objektů (celkem 120 ks vzorků podzemní vody). Vzorky budou analyzovány v ukazatelích: benzen, toluen, chlorbenzen, methanol, aceton, izopropanol, CIU včetně vinylchloridu při současném respektování aktuálního rozhodnutí ČIŽP OI Olomouc.

Zhotovitel projektové dokumentace provede doprůzkum staré nefunkční chemické kanalizace tak, aby upřesnil nutný rozsah vymístění kontaminované kanalizace. Opakovaně upozorňujeme na skutečnost, že všechny šachty staré chemické kanalizace jsou zabetonovány, a tudíž je nutné

provést průzkumné práce (odběry a analýzy vzorků sedimentů z nefunkční staré kanalizace) prostřednictvím kopaných sond na jednotlivých úsecích kanalizačních větví. Projekt bude zpracován v rozsahu platné legislativy a bude obsahovat veškeré nutné práce k provedení sanačního zásahu.

Rozsah prací a odhadované náklady na variantu uvádíme v následujícím přehledu:

Činnost	Cena celkem bez DPH
Projekční příprava, doprůzkumné práce, povolení sanace	2 650 000 Kč
<i>Doprůzkum kanalizace – kopané sondy, odběry vzorků, laboratorní analýzy, vytýčení sítí technické infrastruktury, geodetické zaměření řešeného území, IG průzkum v rámci provádění kopaných sond, uvedení do původního stavu</i>	900 000 Kč
<i>Doprůzkum mezi vrty DF-6 a SM-8 a dalších oblastech s nadlimitním obsahem kontaminantu v zeminách, vyhloubení a vystrojení 3 ks monitorovacích vrtů, nevystrojené a dočasně vystrojené sondy o celkové metráži 200 m, odběry vzorků podzemní vody, zemin a půdního vzduchu, laboratorní analýzy</i>	800 000 Kč
<i>Monitoring podzemní vody v 60 hg objektech ve 2 cyklech (celkem 120 ks) – odběry vzorků, laboratorní analýzy, terénní a režimní měření</i>	380 000 Kč
<i>Vyhodnocení doprůzkumných prací</i>	60 000 Kč
<i>Zpracování projektu nápravných opatření dle platné legislativy včetně schválení PD dotčenými orgány státní správy</i>	510 000 Kč
Přípravné práce	900 000 Kč
Sanace úseku staré chemické kanalizace (cca 1120 m)	23 240 000 Kč
Sanace šachet na staré chemické kanalizaci (36 ks)	2 580 000 Kč
Odstranění sedimentů z nepřístupných částí kanalizace (točna, objekty, apod., variantně demolice objektu č. 20)	1 200 000 Kč
Rozebrání a obnovení kolidujících úseků vlečky	750 000 Kč
Přeložky sítí, jejich zajištění, ochrana	13 600 000 Kč
Zajištění stability sousedních objektů v blízkosti prací	12 500 000 Kč
Sanační odtěžba a demolice jímky v okolí objektu č. 31 d	4 175 000 Kč
Sanační odtěžba a demolice jímky v okolí objektu č. 46	2 330 000 Kč
Sanační odtěžba lokálně ohraničených míst s nadlimitní kontaminací zemin	12 000 000 Kč
Stavebně sanační čerpání - dekontaminace vod	8 000 000 Kč
Sanační monitoring (zeminy, voda)	6 250 000 Kč
ISM (doplnění aplikačních objektů, aplikace, vyhodnocení)	25 000 000 Kč
Řízení, koordinace a vyhodnocování prací, inženýrská činnost	9 000 000 Kč
VRN, zařízení staveniště (provizorní komunikace, zpevněné plochy, doprava materiálu a strojů...), náklady na umístění stavby, provozní vlivy	1 520 000 Kč
Celkem	125 695 000 Kč

Rámcový časový odhad na realizaci varianty 3

Termíny realizace prací v rámci varianty 3 odhadujeme následovně:

Činnost	Doba trvání realizace
Projekční příprava, průzkumné práce, povolení sanace	18 měsíců
Přípravné práce	2 měsíce
Sanace nesaturované zóny -úseky staré chemické kanalizace, podzemní jímky	24 měsíců
Sanace saturevané zóny	8 až 10 let
Celková předpokládaná doba na realizaci varianty 3	10 let

Realizace této varianty umožní sanační zásah v optimálním rozsahu, tak aby byl omezen negativní vliv kontaminace na lidské zdraví a ekosystémy vázané na řeku Moravu. Zásah je směřován pouze na areál společnosti FARMAK a.s. a aktivně neřeší nadlimitní koncentrace polutantů v podzemní vodě v okolí areálu. Vývoj koncentrací mimo areál je pouze monitorován.

Rozsah prací varianty 3 je optimální pro naplnění cílů sanačních prací, protože umožní odstranění všech doposud známých ohnisek nesaturované zóny horninového prostředí a je pravděpodobné, že dojde k účinnější sanaci podzemní vody.

Zhodnocení variant

Na základě zhodnocení jednotlivých navržených variant doporučujeme k realizaci variantu 3 - optimální sanační zásah. Minimálně je nutné bezodkladně zahájit sanační práce dle varianty 2 - nezbytný sanační zásah. Zvolením varianty 1 - monitoring podzemní a povrchové vody by došlo ke znehodnocení výsledků již provedených sanačních prací. Nulová varianta je s ohledem na závěry Doplnku AAR nepřijatelná.

Do doby pokračování sanačních prací doporučujeme realizovat monitoring podzemní vody a sledování volné fáze.

V tabulce č. 40 jsou uvedeny objekty navržené pro monitoring podzemní vody a sledování volné fáze.

Tabulka č. 40: Návrh monitoringu do doby pokračování sanačních prací

Objekty	Četnost	Analýzy
HV-402, HV-403, R-211, R-212, R-213, R-214, studna Blatňákovi p.č. 46/38, studna Vaculínovi p.č. 42/9	1x za 6 měsíců	toluen, chlorbenzen, benzen, cis-1,2DCE, TCE, PCE, VC
P-32, P-56, SM-18, SM-42, SM-43, SM-44, SM-45, SM-60, SM-65, SM-66, SM-68, SMŠ-6, SMŠ-5, SM-59, SM-64, SM- 70, SM-74, SMŠ-1, SMŠ-4, SMŠ-7, SMŠ-67, SMŠ-69, SM- 46, SM-47, SM-48, SM-49, SM-50, SM-8, DF-2, DF-6, DF- 11, DF-21, DF-30, DF-41, DF-42, DF-43, DF-44, DF-45, AT- 104	1x za 6 měsíců	měření volné fáze

Monitoring podzemní vody zajistí sledování vývoje kontaminace v období bez sanačního zásahu. V případě nárůstu koncentrací jednotlivých kontaminantů ve dvou po sobě jdoucích cyklech o více než 50% předchozí hodnoty bude přistoupeno k okamžitému řešení dekontaminace podzemní vody.

5. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Z předkládaného Doplnku aktualizace analýzy rizik vyplývají následující závěry a doporučení:

- pro účely identifikace plošného a hloubkového rozsahu znečištění nenasycované zóny byly realizovány odběry vzorků zemin z 49 ks nově vybudovaných mělkých nevystrojených vrtů,
- kontaminace zemin je dle výsledků monitoringu bodová, v některých místech areálu může mít souvislost s přítomností bývalé chemické kanalizace nebo s existencí podzemních jímek,
- kontaminace vzorku zemin toluenem ve vrtu DF-3 souvisí s velkou pravděpodobností s historickou podzemní jímkou u objektu č. 46,
- je pravděpodobné, že nadlimitní koncentrace benzenu v závrtu ZF-40 (822 mg/kg) souvisí s chemickou kanalizací v jižní části podniku, v závrtu ZF-47 (5,56 mg/kg) s přítomností podzemní jímky u objektu č. 31d nebo také s bývalou chemickou kanalizací,
- stávající monitorovací systém lokality byl doplněn o 32 ks svislých vystrojených vrtů o hloubce 7 až 13 m v celkové metráži 280 bm a 5 ks šikmých vystrojených vrtů o hloubce 11 až 12 m o celkové metráži 48 bm,
- **za významně novou skutečnost lze považovat ověření stavu chemické kanalizace,** kdy obnažením 3 kanalizačních tras v šachtě Š11 u budovy č. 20 byla zjištěna přítomnost masivně kontaminovaných sedimentů toluenem, chlorbenzem

a chlorovanými uhlovodíky. Kamerovou prohlídkou bylo ověřeno, že kanalizace je v havarijním stavu,

- monitoring kvality podzemní vody byl proveden ve 2 kolech, přičemž v rámci 2. kola byly odebrány vzorky na analýzy i ze stávajících vrtů a pro vykreslení izolinií koncentrací polutantů v podzemní vodě byly využity i výsledky firmy AQUATEST a.s.,
- v případě benzenu a chlorbenzenu došlo k navýšení kontaminované plochy, v případě chlorbenzenu se jedná o cca 1,6násobné zvýšení oproti říjnu 2011,
- zdrojem kontaminace benzenu v jižní části areálu je pravděpodobně bývalá chemická kanalizace. Toto tvrzení dokladují koncentrace zjištěné nejen ve vzorku zeminy (závrtu ZF-40), ale i koncentrace ve vrtech DF-31 (maximální hodnota 2 560 µg/l), DF-34 a DF-35,
- z výsledků analýz vzorků podzemní vody v ukazateli chlorbenzen v nově vybudovaných vrtech DF- 21, DF- 24, DF-25, DF-27, DF-31, DF-34 a DF-35 lze usuzovat, že zdrojem kontaminace může být bývalá chemická kanalizace v jižní části areálu,
- v případě toluenu bylo plošné rozložení kontaminace nižší oproti říjnu 2011 snížené cca na polovinu. Bylo však zjištěno ohnisko toluenu v podzemní vodě v okolí vrtů DF-2 a DF-3. Plocha nadlimitně kontaminovaných podzemních vod toluenem v severovýchodní části areálu byla vyčíslena na 5 275 m²,
- předpokládáme, že zjištěné koncentrace toluenu v severovýchodní části areálu souvisí s existencí podzemní jímky u objektu č. 46,
- byla potvrzena kontaminace podzemních vod chlorovanými uhlovodíky, především cis 1,2-DCE, vinylchloridem a TCE v okolí vrtů DF-6, SM-8,
- koncentrace cis 1,2 DCE a vinylchloridu ve vrtu DF-6 a koncentrace TCE, PCE, cis 1,2-DCE a vinylchloridu ve vrtu SM-8 vytvářejí při vykreslení izolinií ohnisko kontaminace CIU, dosud neidentifikované. Z výsledků není zřejmé, zda kontaminace CIU je v tomto prostoru spojitá, ale tato úvaha je velmi pravděpodobná,
- koncentrace TCE ve vrtech DF-34 a DF-35 a cis 1,2-DCE ve vrtu DF-35 mají pravděpodobně souvislost s existencí podzemní jímky u objektu č. 31d,
- plocha nadlimitně kontaminovaných podzemních vod amonnými ionty dosahuje cca 88% areálu společnosti,
- v průběhu monitoringu v rámci Doplnku AAR nebyla zjištěna v areálu Farmaku na hladině podzemní vody volná fáze polutantů,
- byla provedeny hydrologická měření ve 2 kolech a vykresleny hydroizohypsy hladin podzemní vody,
- bylo realizováno geodetické zaměření všech nově vybudovaných hydrogeologických vrtů i míst nevystrojených vrtů,
- výpočty hodnocení rizika, kdy **míra karcinogenního rizika** při expozičním scénáři pro dermální kontakt s vodou a pro nahodilou perorální expozici při zalévání se pohybovala pro VCE v řádu nepřijatelné míry, a tudíž lze karcinogenní riziko z dermální a perorální expozice sledovaným škodlivinám v podzemní vodě **považovat za významné** a míra karcinogenního rizika uvažovaném expozičním scénáři dermální expozice a inhalace par při sprchování vodou z domovních studní v obytné zóně se pohybovala pro VCE a TCE v řádu nepřijatelné míry karcinogenního rizika pro dermální kontakt, a tudíž lze **karcinogenní riziko z dermální expozice sledovaných škodlivin** v podzemní vodě považovat rovněž za **významné**,

- Ve srovnání s výsledky hodnocení rizik v AAR se u původně hodnocených polutantů **rizika téměř nezměnila**. Avšak především v důsledku započítání vlivu TCE došlo u scénáře 2a - dermální kontakt při zalévání zahrady a 2b - nahodilá perorální expozice při zalévání zahrady **k změně z přijatelné míry rizika na nepřijatelnou míru rizika u látek s nekarcinogenním účinkem**. Pokud uvažujeme samostatně nově hodnocené látky TCE a PCE, pak byla zjištěna **nepřijatelná míra rizika u TCE pro scénář č. 3 – pro dermální kontakt i inhalaci par při sprchování z hlediska nekarcinogenních účinků a významné riziko z hlediska karcinogenních účinků**. Pro tento scénář bylo také zjištěno **nepřijatelné riziko pro isopropanol**.
- Na základě výše uvedených faktů a poznatků je nutné konstatovat, že nejsou splněny platné cílové limity sanace. Cílové sanační limity doporučujeme na základě Hodnocení rizika v kapitole 3 aktualizovat.
- Považujeme za nezbytné realizovat další etapu sanačních prací. Na základě zhodnocení jednotlivých navržených variant **doporučujeme k realizaci variantu 3 - optimální sanační zásah**. Minimálně je nutné bezodkladně zahájit sanační práce dle varianty 2 - nezbytný sanační zásah. Zvolením varianty 1 - monitoring podzemní a povrchové vody by došlo ke znehodnocení výsledků již provedených sanačních prací. Nulová varianta je s ohledem na závěry Doplnku AAR nepřijatelná.
- Do doby pokračování sanačních prací doporučujeme **realizovat monitoring podzemní vody a sledování volné fáze** v rozsahu dle tabulky č. 40.
- V případě prodlev se zahájením další etapy sanace je velmi pravděpodobné **šíření kontaminované podzemní vody mimo areál společnosti Farmak a.s. směrem k řece Moravě a s tím související ohrožení domovních studní ve směru šíření podzemní vody**. Nelze také vyloučit zhoršení kvality povrchové vody, přičemž území se **nachází** v daném úseku dle NV č. 71/2003 Sb. v povodí kaprových vod – Morava olomoucká a v povodí lososových vod – Bystřice hanácká a dle Přílohy č. 1 k NV č. 262/2012 Sb. je lokalita součástí zranitelné oblasti Klášterní Hradisko. Zájmové území spadá dle NV č. 61/2003 Sb. do citlivé oblasti a je součástí chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) – Kvartér řeky Moravy, ve vzdálenosti 0,8 km severozápadně od zájmového území se nachází nejbližší ptačí oblast Litovelské Pomoraví, jejíž hranice je identická s hranicí CHKO Litovelské Pomoraví.

6. POUŽITÁ LITERATURA

Použité závěrečné zprávy a projekty:

- [1] Černík, M. (2007): Farmak Olomouc - laboratorní testy účinku činidel pro in-situ oxidaci a redukci. Technická univerzita v Liberci. Liberec.
- [2] Černík, M. (2007): Matematické modelování areálu FARMAK, a.s. – návrh sanačního systému. Aktualizace modelu. AQUATEST a.s. Praha.
- [3] Davidová, M. (2005): Systém ochrany podzemních vod před kontaminací rok 2004. Farmak, a.s. Olomouc.
- [4] Hodný, V. (2002): Olomouc – FARMAK, a.s., Analýza rizika. GHE, a.s., Ostrava.
- [5] Hodný, V. (2002): Doplněk č. 1 k analýze rizika. GHE, a.s.
- [6] Hodný, V. (2003): Doplněk č. 2 k analýze rizika. GHE, a.s.
- [7] Hrabák, P., Koppová, H., Kapinus, A., Černík, M., Kakosová, E. (2009): Pilotní aplikace Fentonova činidla v prostředí se směsnou kontaminací. Technická univerzita v Liberci. Liberec.
- [8] Kalous, J. (1997): Závazky Farmaku a.s. Olomouc z hlediska ochrany životního prostředí, doplněk k ekologickému auditu. SEPARA spol. s r.o., Brno.
- [9] Kalous, J. (1998): Posouzení hydrogeologické účinnosti sanačního čerpání vrtů III. Linie hydraulické clony v a.s. Farmak Olomouc. SEPARA spol. s r.o., Brno.
- [10] Kol. autorů (1992): Vyhodnocení závazků s.p. FARMAKON OLOMOUC z hlediska ochrany životního prostředí (ekologický audit podniku). Ústav pro životní prostředí přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Praha.
- [11] Koppová, H. (2006): Realizace sanačních opatření vedoucích k nápravě starých ekologických zátěží vzniklých před privatizací ve společnosti FARMAK, a.s. v Olomouci - Realizační projekt. Sdružení „SANACE FARMAKU OLOMOUC“. Olomouc.
- [12] Koppová, H. (2007): Olomouc – Farmak – posudek. Posudek na zvýšení čerpání podzemní vody z vrtů R-217 a R-218. AQUATEST a.s. Praha.
- [13] Koppová, H. (2008): Realizace sanačních opatření vedoucích k nápravě starých ekologických zátěží vzniklých před privatizací ve společnosti FARMAK, a.s. v Olomouci - Studie technické proveditelnosti - Terénní zkoušky in-situ oxidace - Projekt prací. Sdružení „SANACE FARMAKU OLOMOUC“. Olomouc.
- [14] Koppová, H. (2008): Roční zpráva za rok 2007. Sdružení „SANACE FARMAKU OLOMOUC“. Olomouc.
- [15] Koppová, H. (2009): Roční zpráva za rok 2008. Sdružení „SANACE FARMAKU OLOMOUC“. Olomouc.

- [16] Koppová, H., Kapinus A. (2009): Studie technické proveditelnosti. Terénní zkoušky in-situ chemické oxidace. Závěrečná zpráva. Sdružení „SANACE FARMAKU OLOMOUC“. Olomouc.
- [17] Koppová, H. (2010): Doplněk č. 1 k Realizačnímu projektu Sdružení „SANACE FARMAKU OLOMOUC“. Olomouc.
- [18] Koppová, H. (2010b): Roční zpráva za rok 2009. Sdružení „SANACE FARMAKU OLOMOUC“. Olomouc.
- [18a] Koppová, H. (2011): Roční zpráva za rok 2010. Sdružení „SANACE FARMAKU OLOMOUC“. Olomouc.
- [18b] Koppová, H. (2011b): Realizace sanačních opatření vedoucích k nápravě starých ekologických zátěží vzniklých před privatizací ve společnosti FARMAK, a.s. v Olomouci - FARAMAK, a.s. - dodatečné služby. Realizační projekt. Sdružení „SANACE FARMAKU OLOMOUC“. Olomouc.
- [18c] Koppová, H. (2011c): OLOMOUC - FARMAK - DOPLNĚK AAR. Prováděcí projekt. AQUATEST a.s. Praha.
- [18d] Koppová, H. (2012): Roční zpráva za rok 2011. Sdružení „SANACE FARMAKU OLOMOUC“. Olomouc.
- [19] Kučera, M., Švanda, J., Valeš, V. (1977): Zpráva o výsledku průzkumu rozsahu znečištění podzemních vod chemikáliemi v okolí n.p. Farmakon Olomouc ve vztahu k jímacímu území v Olomouci - Černovíru. GEOtest Brno, n. p., Brno.
- [20] Matelová, I. (2009): Dílčí zpráva o vývoji stavů hladiny podzemní vody a její kvality v jímacím území u Černovíru. Hydrogeologie, s.r.o., Bruntál.
- [21] Pelikán, V. (1982): Posouzení bezpečnosti ochrany podzemních vod v okolí n.p. Farmakon ve vztahu k jímacímu území vodárny Černovír. Znalecký posudek č. 4/1/82.
- [22] Pelikán, V. (1983): Návrh trasy vrtů hydraulické ochrany podzemních vod pro vybudování nepropustné podzemní stěny okolo n.p. Farmakon. Výzkumný ústav geologického inženýrství, Brno.
- [23] Slivková, A. (2004): FARMAK, a.s. OLOMOUC – sanace staré ekologické zátěže. Závěrečná zpráva sanačního doprůzkumu. TALPA – RPF, s.r.o., Ostrava - Kunčičky.
- [24] Slivková, A. (2004): FARMAK, a.s. OLOMOUC – sanace staré ekologické zátěže. Doplněk k závěrečné zprávě sanačního doprůzkumu. TALPA – RPF, s.r.o., Ostrava - Kunčičky.
- [25] Slivková, A. (2004): FARMAK, a.s. OLOMOUC – sanace staré ekologické zátěže. Realizační projekt sanace. TALPA – RPF, s.r.o., Ostrava - Kunčičky.
- [26] Slivková, A. (2005): FARMAK, a.s. OLOMOUC – sanace staré ekologické zátěže. Realizační projekt sanace – Doplněk č. 1. TALPA – RPF, s.r.o., Ostrava - Kunčičky.

- [27] Starobová, M. (1983a): Hydrogeologické podklady pro stanovení pásem hygienické ochrany jímacího území veřejného vodovodu města Olomouce. GEOtest Brno, n. p., Brno.
- [28] Starobová, M. (1983b): Závěrečná zpráva o podrobném hydrogeologickém průzkumu pro preventivní ochranu mělké podzemní vody proti znečištění. GEOtest Brno, n. p., Brno.
- [29] Suchna, M. (2007): Doplněk analýzy rizika lokality „stará kotelna“ společnosti FARMAK, a.s. ENVI-AQUA, s.r.o.
- [30] Šeda, S. (2008): Štěpánov, Moravská Huzová, Chomoutov, Černovír. Revize ochranných pásem vodního zdroje. OHGS s.r.o., Ústí nad Orlicí.
- [31] Urík, J. (2008): Karotážní měření pro zjištění hydrodynamických poměrů ve vrtech a televizní prohlídka vrtů. AQUATEST a.s., Praha.
- [31a] Vrbová, J. (2011): Černovír. Rekonstrukce prameniště. Zpráva o provedení prací v jímacím území. OHGS s.r.o. Ústí nad Orlicí.
- [32] Koppová, H.(2012): Realizace sanačních opatření vedoucích k nápravě starých ekologických zátěží vzniklých před privatizací ve společnosti FARMAK, a.s. v Olomouci. Aktualizace analýzy rizik, Sdružení „Sanace Farmaku Olomouc“.

Použité publikace a podklady:

- [33] Čurda J. in: Hrubeš M. et al. (2007): Základní geologická mapa České republiky 1 : 25 000 s Vysvětlivkami list 24 - 224 Olomouc. ČGS Praha.
- [34] Demek, J. et al. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Academia, Praha.
- [35] HMÚ Praha (1970): Hydrologické poměry ČSSR, I. a III. díl.
- [36] Jetel, J. (1973): Logický systém pojmů - základní podmínka formalizace a matematizace v hydrogeologii. Geologický průzkum 15,1, str. 13 - 17, Praha.
- [37] Krásný, J. et al. (1981): Mapa odtoku podzemní vody ČSSR. ČHMÚ. Praha.
- [38] Kouřil, Z. (1970): Podzemní vody údolí řeky Moravy. Geografický ústav ČSAV, Brno.
- [39] Montgomery, J. H. (1991): Groundwater chemicals field guide. Lewis Publisher, Inc., pp. 271. ISBN 0-87371-554-3.
- [40] Moravec, D., Votýpka, J. (1998): Klimatická regionalizace České republiky. Karolinum – nakladatelství Univerzity Karlovy, vydání 1, 87 s.
- [41] Mýl, J. (2009): Metodický postup. Zpracování Analýzy rizika pro potřeby ČD a.s. s komentářem. Verze 4.3. CWE a.s. Praha.
- [42] Myslíl, V. et al. (1985): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000 list 24, Brno. ÚÚG, Praha.

- [43] MŽP ČR (1996): Metodický pokyn odboru pro ekologické škody MŽP - Postup zpracování analýzy rizika, Kritéria znečištění zemin a podzemní vody. Věstník MŽP ČR ze dne 15. září 1996, ISSN 0862-9013.
- [44] MŽP ČR (2011): Metodický pokyn odboru ekologických škod MŽP - Analýza rizik kontaminovaného území. Věstník MŽP ČR, březen 2011, částka 3.
- [45] MŽP ČR (2007): Metodický pokyn odboru odpadů ke stanovení ekotoxicity odpadů. Věstník MŽP ČR, duben 2007, částka 4.
- [46] MŽP ČR (2008): Metodický pokyn k řešení problematiky stanovení indikátoru možného znečištění ropnými látkami při sanacích kontaminovaných míst. Věstník MŽP ČR, březen 2008, částka 3.
- [47] Olmer, M. et al. (2006): Hydrogeologická rajonizace České republiky. Sborník geologických věd 23. Česká geologická služba. Praha.
- [48] Paustenbach, D. J. (1987): Assessing the Potential Environmental and Human Health Risks of Contaminated Soil. *Comments Toxicol.* 1:185-220.
- [49] Pitter, P. (2009): Hydrochemie. VŠCHT. Praha.
- [50] Quitt E. (1971): Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica* 16, ČSAV Brno.
- [51] U.S. EPA (1998): Field Applications of In Situ Remediation Technologies: Chemical Oxidation. EPA 542-R-98-008.
- [52] U.S. EPA (1989): U.S. Environmental Protection Agency: Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume 1. Human Health Evaluation Manual (Part A), Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response. Washington DC. EPA/540/1-89/002.
- [53] U.S. EPA (1992): Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications. EPA/600/8-91/011B.
- [54] U.S. EPA (2004): Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment). Final.
- [55] FRTR (2002): Federal Remediation Technologies Roundtable. Abstracts of Remediation Case Studies, Vol. 6. EPA-542-R-02-006.
- [56] FRTR (2003): Federal Remediation Technologies Roundtable. Abstracts of Remediation Case Studies, Vol. 7. EPA - 542-R-03-011.
- [57] Obecně závazná vyhláška č. 7/2006 Statutárního města Olomouce, kterou se vyhláší závazná část územního plánu sídelního útvaru Olomouc ze dne 11. 12. 2006.
- [58] Vyhláška č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, ve znění pozdějších předpisů.
- [59] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.

- [60] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- [61] ČSN 75 7221 (1998): Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. Český normalizační institut.
- [62] Havarijní plán pro případ úniku závadných látek při provádění sanačních prací sdružením „SANACE FARMAKU OLOMOUC“ vydaný 26. 4. 2011, schválený KÚ Olomouckého kraje dne 26. 7. 2011.
- [63] Vyhodnocení zkušebního provozu stavby. Vnější ochrana prameniště v době od 1. 10. 1987 do 30. 9. 1988. FARMAKON, n. p. Olomouc, únor 1989.
- [64] Vyhodnocení zkušebního provozu stavby. Vnější ochrana prameniště v době od 1. 10. 1988 do 30. 4. 1990. FARMAKON, n. p. Olomouc, červenec 1990.
- [65] Návrh definitivního provozně manipulačního řádu systému ochrany podzemních vod před kontaminací z areálu s.p. Farmakon Olomouc. Geotest n.p. Brno. 1990.
- [66] Vzorkovací práce v sanační geologii. Metodický pokyn MŽP. Věstník MŽP, č. 2, Příloha 2, únor 2007.
- [67] IARC (1977): IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man, Vol. 15, Some Fumigants, the Herbicides 2,4-D and 2,4,5-T, Chlorinated Dibenzodioxins and Miscellaneous Industrial Chemicals, Lyon, pp. 223–243.
- [68] International Programme on Chemical Safety (1997): Metanol. Environmental Criteria 196.
- [69] Vyhláška č. 5/2011 Sb., o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod.
- [70] MŽP ČR (2012): Metodický pokyn MŽP - Indikátory znečištění. Věstník MŽP ČR, únor 2012, částka 2.

Podklady z internetu:

California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA), <http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB/index.asp>

Hydrogeologický informační systém VÚV T.G.M., <http://heis.vuv.cz/>

Informační server statutárního města Olomouce, <http://www.olomouc.eu/>

Integrated Risk Information System (IRIS), <http://www.epa.gov/ncea/iris/>

International Agency for Research on Cancer (IARC), <http://www.iarc.fr/>

International Programme on Chemical Safety (IPCS INCHEM), <http://www.inchem.org/>

Internetové stránky Agentury ochrany přírody a krajiny ČR, <http://drusop.nature.cz/>

Internetové stránky společnosti MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s., <http://www.smv.cz/>

Internetový portál Povodí Moravy, s.p., <http://www.pmo.cz/>

Portál MŽP Systém evidence kontaminovaných míst, <http://sekm.cenia.cz/portal/>

The Risk Assessment Information System (RAIS), <http://rais.ornl.gov/>

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), <http://www.epa.gov/>

Územní plán sídelního útvaru Olomouc, <http://www.3dmapy.cz:2082/>

Veřejná databáze ČSÚ, <http://vdb.czso.cz/vdb/>

Wikipedie, <http://cs.wikipedia.org/wiki/Metanol>

Wikipedie, http://cs.wikipedia.org/wiki/Hydroxid_amonn%C3%BD