

## ZKUŠENOSTI PŘI SANACI BŘEHU BÍLINY BIOREMEDIACÍ IN SITU V RÁMCI OSEZ CHEMOPETROL A.S.

**Miroslav Minařík 1), Markéta Sotolářová 1), Želmíra Greifová 2), Vlastimil Pištěk 3)**

1) *EPS, s.r.o., Hutník 1403, 698 01 Veselí nad Moravou, e-mail: [eps@epssro.cz](mailto:eps@epssro.cz)*

2) *EPS biodegradácie, s.r.o., Hurbanova 65, 90101 Malacky, SK  
e-mail: [eps@eps-biodegradacie.sk](mailto:eps@eps-biodegradacie.sk)*

3) *INPOST, spol. s r.o., Havlíčkova 6, 698 01 Uherské Hradiště, e-mail: [inpost@inpost.cz](mailto:inpost@inpost.cz)*

### Úvod

Zájmové území břehu řeky Bíliny se nachází mezi řekou Bílinou a areálem Čepra a.s. a zabezpečenou skládkou kalů ČOV (situována za ČOV BIČ III Chemopetrolu). Práce zde byly prováděny v rámci odstraňování starých ekologických zátěží v Chemopetrolu a.s. Litvínov.

V zájmovém území na břehu Bíliny se vyskytovala kontaminace NEL (nepolární extrahovatelné látky), která byla charakteru staré ekologické zátěže vzniklé v souvislosti s provozováním dříve nezabezpečené skládky kalů z ČOV (stavba II OSEZ). Podle dříve provedených identifikací ropného znečištění se jednalo o uhlovodíky blízké směsi olejů a motorové nafty.

V zájmovém území se vyskytovala volná fáze NEL na hladině podzemní vody v mocnosti až 50 cm. Tato masivní volná fáze byla z hladiny podzemní vody odstraněna dříve realizovaným sanačním čerpáním se sběrem produktu NEL a vypouštěním předčištěných vod na ČOV BIČ III. Během sanačního čerpání bylo odstraněno od roku 1996 do roku 1998 celkem cca 7,7 tun ropných látek (3 444 kg NEL z gravitačního odlučovače, 3 992,9 kg sběrem z hladiny Bíliny a 195,9 kg ručním sběrem z monitorovacích sond).

V následujícím období bylo zahájeno dočištění lokality od zbytkového znečištění vázaného v horninovém prostředí saturované i nesaturované zóny dle prováděcího projektu „Sanace zeminy břehu řeky Bíliny biodegradací *in situ*“ (září 1998), který řešil ještě poslední etapu sanačního čerpání (od 1.5.1998 do 31.10.1998) a následně od listopadu 1998 samotné zahájení aktivních biodegradačních prací.

### Charakteristika území

Nadmořská výška povrchu terénu v nejvyšších místech zájmové lokality je 234 až 236 m n.m. V této výšce je vedena provozní komunikace vně PTS staveb II a IV OSEZ. Původní tvar terénu je v současnosti upraven v rámci rekultivace skládky kalů ČOV (stavba II OSEZ). Směrem k řece Bílině se terén prudce svažuje na kótu 228 až 229 m. V úrovni 228 m n.m. tvoří koryto řeky Bíliny místní odvodňovací a erozivní bázi. Povrch břehu řeky Bíliny byl porostlý travou a hustým náletem dřevin a křovin, které byly v prostoru sanace převážně odstraněny.

Jílové tercierní podloží je cca 226,5 m n.m. a je tvořeno relativně nepropustnou vrstvou o mocnosti cca 100 m, která je tvořena tmavohnědými jíly, místy mírně písčítými, tuhými až pevnými, plastickými s přechody do jílovců střípkovitě rozpadavých. Kvartérní sedimenty jsou heterogenní a jsou tvořeny několika typy zemin a přechody mezi nimi. V zájmové lokalitě se vyskytují šterkovité jíly o mocnosti 0,0 až 1,6 m (tuhý, středně plastický až plastický, šedé barvy), terasové fluvialní písky a šterkopísky o mocnosti 0,0 až 2,5 m. Většinou šlo o zvodnělé kontaminované polohy v počátcích sanace lokálně s volnou fází NEL na hladině podzemní vody. Původní překryv v terénech nezasažených antropogenní činností byl tvořen vrstvou šedoohnědých až šedočerných náplavových hlín a jílu o mocnosti 0,0 až 3,2 m. Antropogenní sedimenty jsou tvořeny navážkami několika typů vrstev o mocnosti 0,0 až 7,1 m. Především hnědými až tmavě hnědými hlínami různě písčítými s úlomky hornin, místy s valounky šterku popř. s úlomky cihel a stavební suti. Dále hrubozrnným pískem hlinitým nebo jílovitým barvy hnědé ojediněle s úlomky cihel a stavební suti.

Směr proudění podzemní vody v širším okolí zájmové lokality je generelně od SV k JZ (orientován kolmo k průběhu místní erozivní báze, kterou tvoří řeka Bílina). Dotace fluvialního kolektoru je

zprostředkována hydraulickým spojením s povrchovým tokem, srážkovou činností a infiltrací z okolních hornin. Lokální režim podzemních vod je ovlivňován antropogenními prvky jako jsou technologické potrubí a kanalizace či prostory výkopů pro jejich uložení nebo realizované PTS staveb II a IV OSEZ. Kvartérní zvodeň je oddělena od nižších zvodní mocným relativně nepropustným izolátorem jílových vrstev, jejichž koeficient filtrace se pohybuje řádově  $n \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Koeficient filtrace fluvialních písků a štěrků řeky Bíliny se pohybuje dle archivních údajů v rozmezí  $n \cdot 10^{-4}$  až  $n \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . V okolí zájmové lokality klesá až o dva řády.

### **Kontaminace**

Kontaminované polohy byly zastiženy cca 0,8 až 9,0 m pod terénem (u řeky Bíliny). Jejich mocnost se pohybuje od 1,0 m do 3,0 m. Většinou korespondovaly se zónou kolísání hladiny podzemní vody, která v zájmovém území koresponduje s hladinou v řece Bílině. Kontaminované polohy byly černošedé až černé barvy, zjevně mastné s charakteristickým zápachem po ropných uhlovodících. Kontaminací byla zasažena štěrková i nadložní jílová poloha vrstevní sledu prakticky vodorovně uložená tvořící jak nesaturovanou, tak i saturovanou zónu. Hranice mezi saturovanou a nesaturovanou zónou je pohyblivá podle zejména hladiny v řece Bílině.

### **Stručný popis technického a technologického řešení**

Realizované práce vycházely z prováděcího projektu (září 1998) a následně z dodatku č. 1 projektu (březen 2002). Práce byly zahájeny 1.5.1998 intenzivním promýváním nesaturované zóny (koloběh čerpání a zasakování předčištěných vod). Samotné biodegradační práce byly zahájeny v 4.11.1998 technologií biodegradace *in situ*.

V zájmovém území bylo podle výchozího projektu aplikována technologie biodegradace H10-CS<sup>®</sup>, která využívala aktivity alochtonních degradujících mikroorganismů ke konverzi kontaminujících látek vedoucích až k úplné mineralizaci kontaminantů na anorganické látky tj. v přírodě se běžně vyskytující CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O. Práce dle dodatku č. 1 k projektu obohatily biodegradační práce o také aplikovanou technologii BAM-1, která využívala za stejným účelem aktivity již adaptované autochtonní mikroflóry. Obě schválené technologie využívaly takové degradující mikroorganismy, které využívaly sanované ropné znečištění jako jediný zdroj uhlíku a energie. Ropné látky (sanované znečištění) sloužily mikroorganismům (degradujícím bakteriím) jako donory elektronů, jako jejich substrát.

Pro efektivní požadovaný biodegradační rozklad ropných látek musely být vytvořeny a udržovány v zájmovém území optimální podmínky, které spočívaly v odstraňování limitace biodegradačního procesu nedostatkem základních nutrientů a elektron akceptorů.

Základní makronutrienty (N a P) a stopové prvky tvořily nutný „stavební materiál“ mikroorganismům. Důležitost jejich aplikace byla zejména vždy na počátku intenzifikace biodegradačních prací, kdy docházelo k nárůstu počtu mikroorganismů. V pozdějších etapách prací byla dostatečná udržovací aplikace nutrientů, neboť množící se mikroorganismy dokázaly potřebné makronutrienty využívat (recyklovat) z „odumírajících“ mikroorganismů.

Při dostatečné saturaci lokality základními nutrienty zejména N a P byla rychlost biodegradace obecně limitována zejména množstvím přítomných elektron akceptorů (O<sub>2</sub>), neboť nejefektivnější a nejrychlejší degradace ropných uhlovodíků obecně probíhá vždy za přítomnosti kyslíku (aerobní rozklad ropných uhlovodíků). V případě limitace biodegradačního procesu nedostatkem kyslíku docházelo ke spotřebovávání také náhradních elektronových akceptorů v následujícím pořadí: NO<sub>3</sub><sup>-</sup> → Mn<sup>IV</sup> → Fe<sup>III</sup> → SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Jednoznačně jako terminální akceptor elektronů byl v zájmovém území používán vzdušný O<sub>2</sub>, který byl vháněn do sanovaného prostoru dmychadly typu 3D28B s jednotlivými výkony cca 5,5 m<sup>3</sup>/min. Provozem dmychadel byly na lokalitě vytvářeny vhodné aerobní podmínky. Aby nedošlo k přemnožení mikroorganismů (a tím k ucpávání pórů, kolmatace sond) v zájmovém prostoru byla saturace vzdušným O<sub>2</sub> realizována pulzně tzn., že dmychadlo bylo 1x za 2 až 3 dny vypnuto na cca 1-6 hodin. Druhým efektem tohoto pulzního vzduchování bylo vytvoření dynamických podmínek na lokalitě (změna hydraulického spádu, vlhkosti, koncentrace O<sub>2</sub> apod.),

kteře pozitivně ovlivňovaly průběh biodegradačních procesů.

Pro aplikace vzdušných i kapalných médií byly v zájmovém území vybudovány trvalé aplikační a kombinované (respirační) sondy v celkovém počtu cca 150 ks. V případě aplikace vzdušného kyslíku byly na aplikační PE rozvod připojena dmychadla typu 3D28B. Aplikace kapalných médií (voda, živiny, re-inokulovaný roztok) z aplikační/aktivační nádrže byla prováděna pomocí aplikačního čerpadla typu FS45TL aplikačním PE rozvodem (dmychadlo bylo dočasně odpojeno z aplikačního PE rozvodného systému). V případě mělké aplikace na břehu řeky Bíliny bylo využíváno mobilní aplikační jehly (do cca 2 m p.t.).

V lokalitě byla aplikována také voda ke zvýšení vlhkosti, zvýšení hydraulického spádu hladiny podzemní vody a ke zvýšení vyplavování volné fáze NEL.

Sanační čerpání (promývání nesaturované zóny) bylo v zájmovém prostoru realizováno pouze před zahájením samotných biodegradačních (05-11/1998) prací k dokončení odstranění volné fáze NEL z hladiny podzemní vody. Za tímto účelem bylo dočasně provozováno sanační čerpání vrtu HJ-2267 a PV-6863 pomocí pístových srkacího elektrického čerpadla. Snížení hladiny podzemní vody bylo konstantní po nastavitelnou hloubku sacího koše. Vydatnosti v zájmovém území jsou nízké cca 0,01 – 0,1 l/s vzhledem k omezené komunikaci s řekou Bílinou a realizovaným podzemním těsnícím stěnám staveb II a IV OSEZ. Čerpaná voda s volnou fází ropných látek byla vypouštěna po změření na ČOV-BIČ III Chemopetrolu a.s. Litvínov.

#### **Sanovaná oblast:**

Sanovaná plocha:	2 614 m <sup>2</sup>
Sanovaná kubatura zemin:	5 638 m <sup>3</sup>

#### **Sanační objekty:**

Trvalé aplikační sondy:	V západní oblasti zájmového území bylo realizováno celkem 155 ks trvalých aplikačních sond v celkové metráži cca 1000 m za účelem kontinuální dodávky vzdušného kyslíku a periodické aplikace kapalných médií (bakteriálního inokula, základních nutrientů, vody).
Mobilní aplikační jehla:	Jednalo se o kovovou 1 a 3 m jehlu, kterou byla prováděna dle potřeby doplňková aplikace kapalných médií v prostoru řeky Bíliny do hloubky cca 2 m p.t.

#### **Sanační technika pro potřeby biodegradace:**

Aktivační nádrže	Speciální nádrže různého objemu (např. 1, 2, 3, 4 m <sup>3</sup> ) uzpůsobené pro dodávku vzduchu, míchání objemu nádrže. S přídatkem základních nutrientů, C-zdroje (kontaminantu) a degradujících populací sloužily k přípravě biologicky aktivovaných roztoků degradujících mikroorganismů aplikovaných následně do podzemí k rozkladu přítomného znečištění.
Aplikační nádrže	Nádrže různého objemu (příležitostně bylo využito i aktivačních nádrží) k přípravě roztoku základních nutrientů pro aplikaci do podzemí za účelem odstraňování limitace biodegradačního procesu nedostatkem dusíku nebo v našem případě zejména fosforu.
Dmychadla	Trvale používána dmychadla typu 3D28B, v případě potřeby bylo využito také pomocných dmychadel typu AGKRV nebo EFFEPIZETTA V-6. Účelem byla kontinuální dodávka vzdušného kyslíku do podzemí (saturované i nesaturované zóny) za účelem vytváření vhodných aerobních podmínek.
Aplikační rozvody	Aplikační PE příp. PP rozvody sloužící k dodávce médií od dmychadel nebo nádrží do aplikačních sanačních objektů (viz předcházející tabulka). Všechny větve a jednotlivé aplikační sondy byly vybaveny kulovými ventily, příp. protiúrazovými úpravami (tubex).

**Množství aplikovaných médií:**

Vzduchu (vzdušného kyslíku):	19 537 600 m <sup>3</sup>	Saturace vzdušným kyslíkem probíhala prakticky kontinuálně s technologickými přestávkami k vytvoření dynamiky v podmínkách zájmového prostoru
Základních nutrientů (připraveného roztoku):	930 m <sup>3</sup>	Aplikace probíhala dle potřeby a výsledků průběžného monitoringu, zejména na počátku biodegradačních prací
Biologicky aktivovaného roztoku degradujících bakterií:	4 150 m <sup>3</sup>	Aplikace probíhala zejména na počátku biodegradačních prací, dle výsledků průběžného monitoringu a při potřebě intenzifikovat biodegradační proces rozkladu přítomného znečištění

**Monitorovací objekty:**

Monitorovací sondy vč. hg. vrtů:	PVOB-01, HJ-2267, HJ-2268, PV-6863, MS-1 až MS-12, MS-20 až MS-35, S-10 až S-17	Jejich účelem bylo monitorovat parametry saturované zóny (podzemní vody) – koncentrace NEL, O <sub>2</sub> , základních nutrientů, mikrobiologické oživení, výskyt volné fáze NEL, pH, Eh
Respirační sondy:	PV-6864 až PV-6866, RS-1 až RS-12, RS-20 až RS-35	Jejich účelem bylo monitorovat parametry nesaturované zóny – koncentrace O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , realizace respiračních testů
Zeminové sondy:	VV-1 až VV-35 až VV-35, Z-1 až Z-19, ZK-1 až ZK-8	Jejich účelem bylo monitorovat podmínky v zeminách a jejich asanaci – koncentrace NEL v suš., NEL ve výluhu, obsah základních nutrientů, mikrobiologické oživení

**Monitorované parametry:**

Koncentrace NEL, NEL v suš., ve výluhu	podz. voda, zemina	přímý ukazatel snižování kontaminantu	Před zahájením prací, v průběhu dle potřeby nebo cca 1x za 2-4 měsíce, při ukončení prací
Respirační testy	nesaturovaná zóna	přímý ukazatel snižování kontaminantu	Periodicky cca 1x za 3 měsíce
Mikrobiologické oživení	podz. voda, zemina	přímý ukazatel aktivity biodegradační činnosti	Periodicky cca 1x za 3 měsíce, na počátku prací až 1x měsíčně
Koncentrace respiračních testů	nesaturovaná zóna	nepřímý uk. podmínek na lokalitě	Periodicky cca 1x za 2-3 týdny
Koncentrace základních nutrientů	podz. voda, zemina	nepřímý uk. podmínek na lokalitě	Dle potřeby nebo periodicky cca 1x za 3 měsíce
Koncentrace O <sub>2</sub> a pH, Eh	podz. voda	nepřímý uk. podmínek na lokalitě	Periodicky cca 1x za 2 týdny
Přítomnost volné fáze NEL	podz. voda	přímý ukazatel přítomnosti kontaminace	Periodicky cca 1x týdně

**Zajímavosti v průběhu bioremediačních prací *in situ***

Bioremediační práce probíhaly tak, jak je výše uvedeno s tím, že v průběhu před dokončením prací se objevily neočekávané indicie v podobě výronů NEL do řeky Bíliny a v některých monitorovacích sondách na hladině podzemní vody. Situaci dokumentuje část sběru volné fáze NEL, která je zpracována v tabulce č. 1.

Tab. č. 1: Množství zachycených ropných látek (1998 – 2001)

měsíc	množství NEL [kg]				
	čerpáním	z řeky	ruční sběr		
05.1998	298,0	47,0	15,0	san. čerpání, inten. zas. krok	
06.1998	233,0	41,5	11,5		
07.1998	212,0	63,0	13,1		
08.1998	201,5	44,0	3,3		
09.1998	502,5	67,5	1,6		
10.1998	501,5	202,5	3,5		
11.1998	318,0	39,0	5,0		
12.1998	47,0	82,0	12,0		
<b>05/98 - 12/98</b>	<b>2 313,5</b>	<b>586,5</b>	<b>65,0</b>		<b>2 965,0</b>
01.1999	0,0	31,5	1,5		vlastní biodegradační činnost
02.1999	0,0	12,0	1,0		
03.1999	0,0	10,5	2,0		
04.1999	0,0	8,0	2,0		
05.1999	0,0	6,5	2,0		
06.1999	0,0	18,0	5,0		
07.1999	0,0	8,0	0,5		
08.1999	0,0	4,5	0,0		
09.1999	0,0	2,0	0,0		
10.1999	0,0	0,5	0,0		
11.1999	0,0	0,0	0,0		
12.1999	0,0	0,0	0,0		
01.2000	0,0	8,0	0,0		
02.2000	0,0	4,5	0,0		
03.2000	0,0	1,0	0,0		
04.2000	0,0	0,0	0,0		
05.2000	0,0	0,5	0,0		
06.2000	0,0	0,0	0,0		
07.2000	0,0	0,0	0,0		
08.2000	0,0	0,0	0,0		
09.2000	0,0	0,5	0,0		
10.2000	0,0	0,0	0,0		
<b>01/99 až 10/00</b>	<b>0,0</b>	<b>116,0</b>	<b>14,0</b>	<b>130,0</b>	
11.2000	0,0	13,0	0,0	havarijní průnik nové dotace volné fáze NEL netěsnou PTS	
12.2000	0,0	59,0	0,0		
01.2001	0,0	157,7	0,0		
02.2001	0,0	182,5	0,0		
03.2001	179,9	13,0	0,0		
04.2001	172,5	10,0	0,0		
05.2001	259,7	15,0	-		
06.2001	113,4	5,0	-		
07.2001	277,3	10,0	-		
08.2001	301,0	-	-		
09.2001	258,4	-	-		
10.2001	160,4	51,3	-		
11.2001	192,6	-	-		
12.2001	9,0	86,5	-		
<b>11/00 až 07/01</b>	<b>1 924,2</b>	<b>603,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2 527,2</b>	
<b>CELKEM</b>	<b>4 237,7</b>	<b>2 008,0</b>	<b>158,0</b>	<b>6 403,7</b>	

Z tabulky je zřejmý výrazný nárůst zachycených NEL od 11/2000. Proto zde byly od jara 2001 realizovány průzkumné práce s cílem zjištění příčiny nového masivního výskytu volné fáze NEL.

Jednotlivé znaky a důkazy o netěsnosti PTS stavby IV OSEZ byly následovně shrnuty:

- Ø záchyt volné fáze ropných látek byl masivní a stabilní v čase,
- Ø výkopové práce vymapovaly preferenční cesty vedoucí k PTS,
- Ø geofyzikální (supervizní) měření mapovalo a postupně detailněji ukazovala kritická anomální místa v trase PTS,
- Ø kvalitativní stanovení kontaminace prokázalo stejné složení ropné fáze před a za PTS,
- Ø po snížení hladiny podzemní vody v drenážním systému stavby IV OSEZ na bázi kolektoru byl zaznamenán trend snižování zachytávání volné fáze NEL.

PTS byla koncem října 2001 opravena metodou tryskové injektáže, kterou byl přetěsněn vymapovaný kritický úsek.

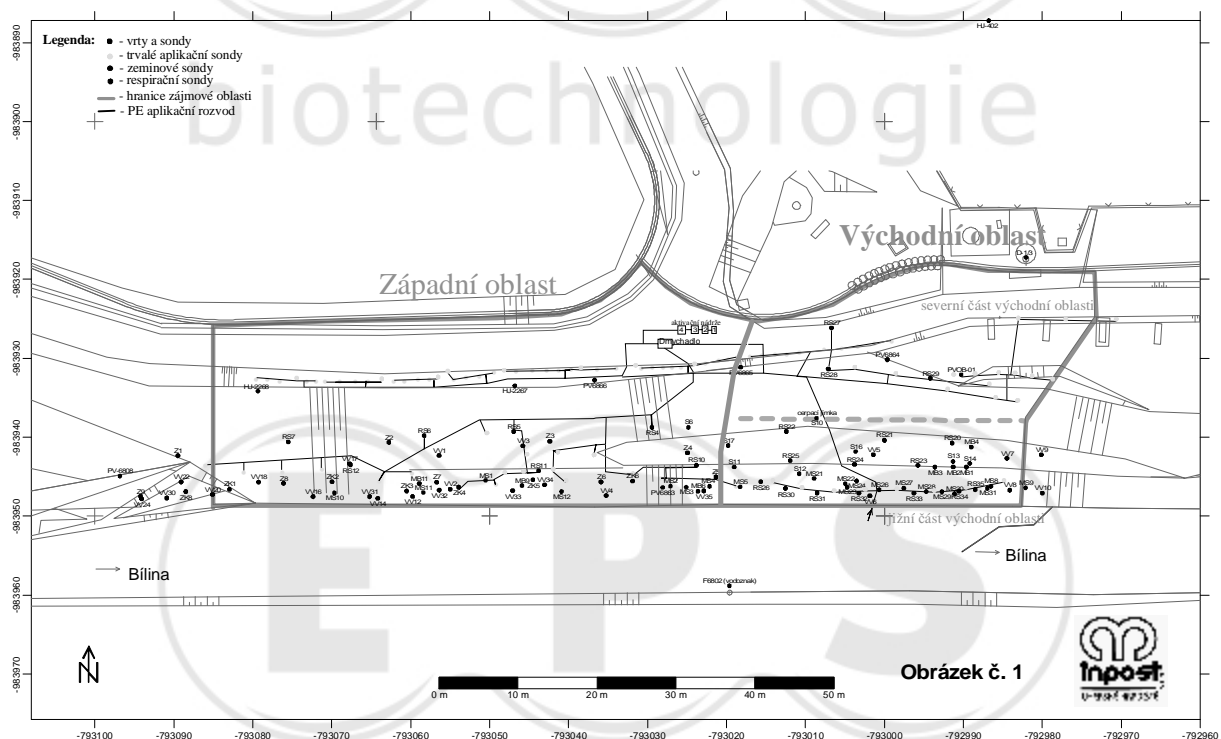
Po prokázání havarijního průniku ropných látek a opravě PTS zůstalo sanované území rozděleno na dvě části:

- Ø **západní oblast (2/3 lokality)** - nepostížena průnikem volné fáze NEL, práce zde probíhaly dle prováděcího projektu ze září 1998. Sanace měla být dle aktualizovaného harmonogramu ukončena v 10/2001. Z tohoto důvodu zde v 10/2001 proběhlo závěrečné vzorkování. Vzorkování zjistilo ještě lokální nadlimitní znečištění zemin v ukazateli NEL (kap. č. 4.4.),
- Ø **východní oblast (1/3 lokality)** - postížena havarijním průnikem ropných látek v důsledku netěsné PTS. Došlo zde k částečnému znehodnocení biodegradačních prací a k nárůstu ropného znečištění. Náklady související s navýšením kontaminace budou muset být hrazeny nad rámec projektu biodegradace.

Situace je dokumentována na následujícím obrázku č. 1:

#### Akce: "Sanace zeminy břehu řeky Bíliny biodegradací in situ" v Litvínově - Záluží

Obrázek č. 1



V západní oblasti byla sanace dokončena v 09/2003 vzhledem k tomu, že tato oblast nebyla postižena masivní novou dotací netěsnou PTS stavby IV OSEZ (předání odběrateli proběhlo 10.2.2004). V západní oblasti práce probíhaly podle původního prováděcího projektu a v předpokládaném termínu ukončení sanačních prací (říjen 2001) bylo provedeno vzorkování zemin za účelem ověření dosažení sanačního limitu (NEL 2000 mg/kg suš.). V lokálních místech však nebyl tento cíl splněn. Na základě všech dostupných a aktuálních informací bylo zjištěno, že v sanované oblasti se vyskytovalo vyšší množství NEL než se předpokládalo, že v průběhu sanačních prací byly zjišťovány vyšší koncentrace NEL než které bylo zjištěno před zahájením prací. Tyto informace byly potvrzeny a doloženy také aktuálními bilančními výpočty v 3. roční zprávě.

K dočištění zbytkového znečištění ve východní oblasti (postižené novou dotací netěsnou PTS) byl proto vypracován dodatek č. 1 prováděcího projektu. Do odsouhlasení jmenovaného dodatku byly práce v období 01-07/2002 omezeny. Po schválení dodatku č. 1 FNM dne 22.7.2002 byly práce od srpna 2002 znovu plně obnoveny.

V rámci těchto úprav a oprav, průzkumů a dokazování byly také dokumentovány preferenční zkratové cesty tvořené výrazně propustnějšími šterkovitými polohami v jílovitějším souvrství (foto č. 1). Na foto č. 2 je dokumentován stav, kdy se v jedné z monitorovacích sond vyskytovala až 50 cm mocná volná fáze NEL na hladině podzemní vody, přičemž na sousedních sondách vzdálených cca 5 m se žádná fáze nevyskytovala. Tato skutečnost byla následně dokumentována průzkumnými rýhami, kdy perforovanou bází sondy byla zastižena preferenční zóna – zde konkrétně tvořenou obsypem dřívě nedetekované staré již nefunkční kanalizace – z níž se volná fáze NEL akumulovala jen ve stvolu sondy.



Foto č. 1: Zkratové cesty (cca 20 cm) na bázi kolektoru s preferenčním transportem volné fáze

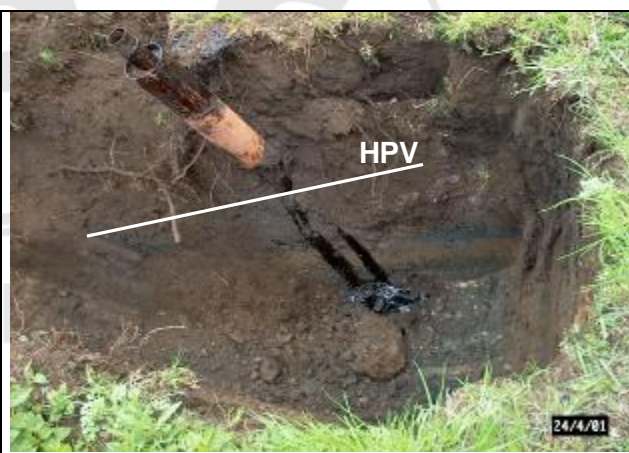


Foto č. 2: Akumulace volné fáze ve stvolu vrtu, který je propojen se zkratovou cestou

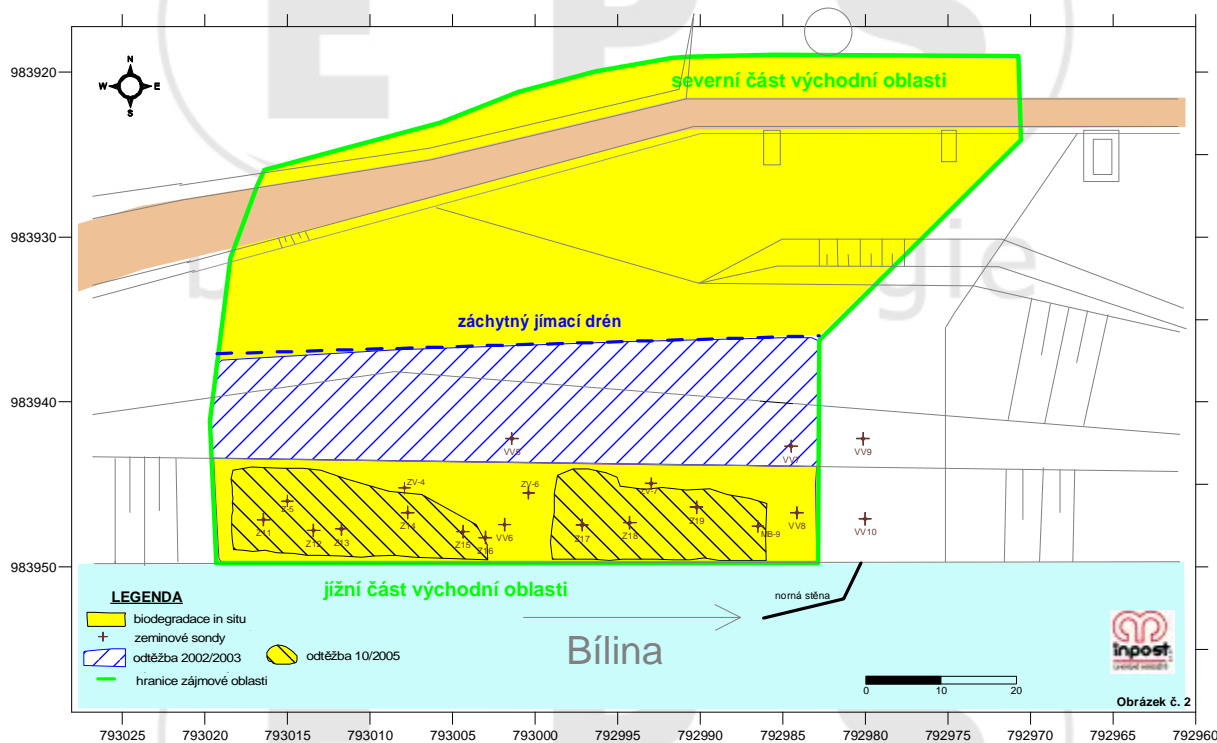
V rámci monitoringu byl během realizace průzkumných rýh dokumentován další zajímavý úkaz (obr. č. 3) způsobený opět akumulací volné fáze NEL ve volném prostoru po provedené nevystrojené zeminové sondě (vytažení jádrovky). V určité fázi realizace sanačních prací byl uplatněn systém monitoringu v označených místech zájmové lokality tak, aby se minimalizoval vliv heterogenity lokality. V případě, kdy se podařilo při opakovaných kolech vzorkování situovat novou zeminovou sondu do místa již dříve realizované sondy, tak právě v tomto případě za předpokladu dřívějšího výskytu minimálně filmu NEL na hladině podzemní vody, docházelo k výše popsané akumulaci volné fáze NEL v tomto odlehčeném prostoru. Zde pak detekované koncentrace byly řádově vyšší než v okolí.

Další poznatky v rámci sanace východní oblasti, kde byla zvolena kombinace sanace dřívě aplikovanou technologií bioremediace *in situ* a odtěžby (obrázek č. 2) části území východní oblasti budou diskutovány během příspěvku na konferenci.



Foto č. 3: Akumulovaná volná fáze NEL v prostoru bývalé monitorovací sondy  
**Východní oblast: Sanace zeminy břehu řeky Bíliny biodegradací in situ v Litvínově - Záluží**  
**Definitivní situace odtěžení kontaminovaných zemín a závěrečného vzorkování**

Obrázek č. 2



Obrázek č. 2

### Použitá literatura

- [1] MINAŘÍK, M. (2002): Sanace zeminy břehu řeky Bíliny biodegradací in situ – 3. roční zpráva, Uherské Hradiště
- [2] MINAŘÍK, M. (2003): Sanace zeminy břehu řeky Bíliny biodegradací in situ – západní oblast – závěrečná zpráva, Uherské Hradiště
- [3] MINAŘÍK, M. (2005): Sanace zeminy břehu řeky Bíliny biodegradací in situ – východní oblast – závěrečná zpráva, Uherské Hradiště