

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Údaje o území	8
2.1. Všeobecné údaje.....	8
2.2. Geografické vymezení území	9
2.3. Stávající a plánované využití území	9
2.4. Základní charakterizace obydlenosti lokality (příjemci znečištění).....	10
2.5. Majetkoprávní vztahy	10
2.6. Geomorfologické a klimatické poměry	11
2.7. Geologické a hydrogeologické poměry	12
2.8. Hydrologické poměry	13
2.9. Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě	14
3. Dosavadní prozkoumanost území	15
3.1. Shrnutí aktuálních informací o znečištění.....	15
3.1.1. Vyhodnocení znečištění RU v nesaturované zóně	15
3.1.2. Vyhodnocení znečištění RU a CIU v saturované zóně.....	18
3.2. Bilance	23
3.2.1. Bilance znečištění RU a odhad odstranitelného množství kontaminace	23
3.2.2. Bilance znečištění CIU v podzemních vodách (saturované zóně).....	24
4. Cílové limity sanace.....	24
5. Popis projektovaných prací.....	24
5.1. Obecný princip sanace	24
5.2. Projektované práce na lokalitě Čistírna	25
5.2.1. Rekapitulace vstupních podmínek	25
5.2.2. Přípravné sanační práce	26
5.2.3. Demolice stavebních konstrukcí a odtěžba kontaminovaných zemin.....	27
5.2.4. Vybudování sítě sanačních vrtů	28
5.2.1. Odstranění produktu organické fáze z hladiny podzemní vody.....	29
5.2.2. Odstranění rozpuštěné kontaminace CIU a RU.....	30
5.2.3. Vybudování sanačního systému a sanace ohniska ropných látek a CIU	31
5.2.4. Čerpání vod.....	32
5.2.5. Podpora výtěžnosti fáze (vakuování vrtů, podpora CO ₂ a H ₂ O ₂).....	32
5.2.6. Podpora in-situ reduktivní dehalogenace	33
5.2.7. Monitoring sanační	34
5.3. Projektované práce na lokalitě Parůžky	35
5.3.1. Rekapitulace vstupních podmínek	35
5.3.2. Přípravné sanační práce	36
5.3.3. Demolice palivového bunkru východ	37

5.3.4.	Demolice stavebních konstrukcí a odtěžba kontaminovaných zemin	37
5.3.5.	Vybudování sítě sanačních vrtů	38
5.3.1.	Odstranění produktu organické fáze z hladiny podzemní vody	39
5.3.2.	Podpora výtěžnosti fáze (podpora CO ₂ a H ₂ O ₂).....	39
5.3.3.	Monitoring sanační	40
5.4.	Projektované práce na lokalitě N1-N2.....	40
5.4.1.	Rekapitulace vstupních podmínek	40
5.4.2.	Přípravné sanační práce	41
5.4.3.	Demolice stavebních konstrukcí a odtěžba kontaminovaných zemin	42
5.4.4.	Vybudování sítě sanačních vrtů	43
5.4.1.	Odstranění produktu organické fáze z hladiny podzemní vody	44
5.4.2.	Podpora výtěžnosti fáze (podpora CO ₂ a H ₂ O ₂).....	44
5.4.3.	Monitoring sanační	44
5.5.	Projektované práce na lokalitě Bunkry (Stáčiště, O₂, N6/1)	45
5.5.1.	Rekapitulace vstupních podmínek	45
5.5.2.	Přípravné sanační práce	46
5.5.3.	Demolice palivového bunkru západ.....	47
5.5.4.	Demolice stavebních konstrukcí a odtěžba kontaminovaných zemin	47
5.5.5.	Vybudování sítě sanačních vrtů	48
5.5.6.	Sanace ohniska ropných látek	49
5.5.7.	Podpora výtěžnosti fáze (podpora CO ₂ a H ₂ O ₂).....	50
5.5.8.	Monitoring sanační	50
5.6.	Projektované práce na lokalitě Kozí Hřbety Periferie, Nádrž.....	51
5.6.1.	Rekapitulace vstupních podmínek	51
5.6.2.	Přípravné sanační práce	51
5.6.3.	Doplnění sítě sanačních vrtů	52
5.6.4.	Odstranění produktu organické fáze z hladiny podzemní vody	53
5.6.5.	Vybudování sanačního systému a sanace ohniska ropných látek a CIU	54
5.6.6.	Čerpání vod.....	55
5.6.7.	Podpora výtěžnosti fáze (vakuování vrtů, podpora CO ₂ a H ₂ O ₂).....	55
5.6.8.	Monitoring sanační	56
5.7.	Projektované práce na lokalitě Nádrž	57
5.7.1.	Rekapitulace vstupních podmínek	57
5.7.2.	Přípravné sanační práce	58
5.7.3.	Demolice stavebních konstrukcí, odtěžba kontaminovaných zemin a čištění odbočky potrubí .	58
5.7.4.	Vybudování sítě průzkumných sond	59
5.7.1.	Odstranění produktu organické fáze z hladiny podzemní vody	59
5.7.2.	Podpora výtěžnosti fáze (podpora CO ₂ a H ₂ O ₂).....	60
5.7.3.	Monitoring sanační	60
5.8.	Likvidace produktovodu	61

5.8.1.	Předpokládaný postup prací	62
5.8.2.	Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin během likvidace produktovodu	62
5.8.3.	Sanační monitoring podzemní vody v okolí produktovodu	62
6.	Přehled a zařazení produkovaných odpadů.....	63
7.	Závěry a doporučení	65
8.	Použitá literatura.....	67

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1:	<i>Přehled majitelů parcel dotčených sanačními pracemi</i>	11
Tabulka 2:	<i>Charakteristika klimatické oblasti T2</i>	11
Tabulka 3:	<i>Přehled úhrnů atmosférických srážek (Kostomlaty nad Labem)</i>	12
Tabulka 4:	<i>Přehled bližšího členění povodí</i>	13
Tabulka 5:	<i>Přehled hydrologických údajů</i>	14
Tabulka 6:	<i>Přehled hydrochemických údajů.....</i>	14
Tabulka 7:	<i>Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Čistírna.....</i>	19
Tabulka 8:	<i>Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Parůžky.....</i>	19
Tabulka 9:	<i>Výsledky terénních měření fáze na lokalitě N1-N2</i>	20
Tabulka 10:	<i>Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Bunkry</i>	20
Tabulka 11:	<i>Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Periferie.....</i>	21
Tabulka 12:	<i>Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Nádrž</i>	21
Tabulka 13:	<i>Cílové limity sanace (Kvapil et al., 2011).....</i>	24
Tabulka 14:	<i>Bilance znečištění RU v zeminách na lokalitě Čistírna</i>	28
Tabulka 15:	<i>Základní parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací</i>	28
Tabulka 16:	<i>Základní parametry sanačních vrtů</i>	28
Tabulka 17:	<i>Parametry potrubních tras na lokalitě Čistírna.....</i>	29
Tabulka 18:	<i>Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě Čistírna.....</i>	33
Tabulka 19:	<i>Parametry aplikací činidel pro podporu reduktivní dehalogenace na lokalitě Čistírna...</i>	34
Tabulka 20:	<i>Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze.....</i>	35
Tabulka 21:	<i>Realizace sanačního monitoringu odběrů podzemní vody</i>	35
Tabulka 22:	<i>Bilance znečištění RU v zeminách na lokalitě Parůžky.....</i>	38
Tabulka 23:	<i>Základní parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací</i>	38
Tabulka 24:	<i>Základní parametry sanačních vrtů</i>	39
Tabulka 25:	<i>Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě Parůžky.....</i>	40
Tabulka 26:	<i>Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze</i>	40
Tabulka 27:	<i>Bilance znečištění RU v zeminách na lokalitě N1</i>	43
Tabulka 28:	<i>Základní parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací.....</i>	43
Tabulka 29:	<i>Základní parametry sanačních vrtů</i>	43

Tabulka 30: <i>Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě N1, N2</i>	44
Tabulka 31: <i>Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze</i>	45
Tabulka 32: <i>Bilance znečištění RU v zeminách na lokalitě Bunkry</i>	48
Tabulka 33: <i>Základní parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací</i>	48
Tabulka 34: <i>Základní parametry sanačních vrtů</i>	49
Tabulka 35: <i>Parametry potrubních tras na lokalitě Čistírna</i>	49
Tabulka 36: <i>Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě Bunkry</i>	50
Tabulka 37: <i>Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze</i>	50
Tabulka 38: <i>Základní parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací</i>	52
Tabulka 39: <i>Základní parametry sanačních vrtů</i>	53
Tabulka 40: <i>Parametry drénů na lokalitě Kozí Hřbety (Periferie)</i>	55
Tabulka 41: <i>Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě Periferie</i>	56
Tabulka 42: <i>Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze</i>	56
Tabulka 43: <i>Realizace sanačního monitoringu odběrů podzemní vody</i>	57
Tabulka 44: <i>Bilance znečištění RU v zeminách na lokalitě Nádrž</i>	59
Tabulka 45: <i>Základní parametry sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací</i>	59
Tabulka 46: <i>Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě Nádrž</i>	60
Tabulka 47: <i>Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze</i>	61
Tabulka 48: <i>Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze</i>	63
Tabulka 49: <i>Zařazení jednotlivých druhů odpadů a návrh zneškodnění</i>	63
Tabulka 50: <i>Bilance vytěžených zemin podle dílčích lokalit</i>	66

SEZNAM PŘÍLOH:

- Příloha 1. Situace zájmového území
- Příloha 2. Geologické poměry
- Příloha 3. Hydrogeologické poměry
- Příloha 4. Situace zájmového území s hydrogeologickými objekty
- Příloha 5. Situace dílčí lokality Parůžky s hydrogeologickými objekty
- Příloha 6. Situace dílčí lokality N1 a N2 s hydrogeologickými objekty
- Příloha 7. Situace dílčí lokality Čistírna, N6/1 a Kyslíkárna s hydrogeologickými objekty
- Příloha 8. Situace dílčí lokality Bunkry s hydrogeologickými objekty
- Příloha 9. Situace dílčí lokality Periferie s hydrogeologickými objekty
- Příloha 10. Situace dílčí lokality Nádrž s hydrogeologickými objekty
- Příloha 11. Izolinie hladin podzemní vody zájmové lokality
- Příloha 12. a) až e) Znázornění oblastí kontaminovaných zemin s předpokládanou odtěžbou lokalit Čistírna, Bunkry, Parůžky, N1-N2, Nádrž a palivových bunkrů určených k demolici na lokalitách Parůžky, Bunkry včetně půdorysu palivového bunkru

Příloha 13. a) až f) Situace výskytu volné fáze, filmu na HPV v dílčích lokalitách Čistírna, Bunkry, Parůžky, N1-N2, Periferie, Nádrž

Příloha 14. Rozsah znečištění podzemní vody chlorovanými uhlovodíky dílčí lokality Čistírna

Příloha 15. Oblasti vyjmutí produktovodu

Příloha 16. Harmonogram

Příloha 17. Výkaz výměr

Příloha 18. Analýzy CIU v podzemních vodách na lokalitě Čistírna

Příloha 19. Monitoring fáze a hladin podzemních vod na lokalitách Čistírna, Bunkry, Parůžky, N1-N2, Periferie, Nádrž

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK V TEXTU:

AAR	aktualizace analýzy rizika
BTEX	monocyklické aromatické uhlovodíky: benzen, toluen, ethylbenzen, xyleny
C ₂ H ₄	ethen
C10-C40	uhlovodíky C10-C40
CIU	chlorované alifatické uhlovodíky
DCE	dichlorethen
DNAPL	Dense non-aqueous phase liquid – nevodná fáze těžší než voda
DP	doplňkový průzkum
FID	sonda detekující organického uhlíku
HPV	hladina podzemní vody
HDPE	tvrdý polyethylen
LBD	lokalita Boží Dar
LNAPL	Light non-aqueous phase liquid – nevodná fáze lehčí než voda
MIP	mémbránové měření rozhraní (membrane interface probe)
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NEL	nepolární extrahovatelné látky
NO	nebezpečný odpad
OB	odměrný bod
PA	přirozená atenuace
PCE	tetrachlorethen
PID	sonda detekující ethyleny a aromáty
PV (HPV)	podzemní voda (hladina podzemní vody)
RA (AR)	analýza rizika
rRNA	ribosomální RNA
RU	ropné uhlovodíky
SP	sanační práce
SOP	standartní operační postup
TCE	trichlorethen
TOL	těkavé organické látky (CLU + BTEX)
ÚCHR	úplný chemický rozbor
ÚPV	úzkoprofilový plynometrický vrt
VC	vinylchlorid
VFRU	volná fáze ropných uhlovodíků

Identifikační list návrhu sanace

Název: Sanace staré ekologické zátěže na bývalé základně Sovětské armády Boží Dar a Koží hřbety - návrh sanace

Místo: Boží Dar, Koží hřbety

Katastrální území: Milovice nad Labem, Všejanya

Obec: Milovice *kód obce:* 537501

Všejanya *kód obce:* 536938

Okres: Nymburk

Mladá Boleslav

Kraj: Středočeský kraj

Pověřená obec (stavební úřad): Milovice

Mapový list: 13 - 114 (1 : 25 000)

Investor: MŽP ČR

Stupeň: návrh sanace

Projektant: _ AQUATEST a.s., Geologická 4, 152 00, Praha 5

Odpovědný řešitel: **RNDr. Petr Kvapil, Ph.D.**
držitel oprávnění MŽP ČR o odborné způsobilosti v sanační geologii č.
1701/2003

Odborná spolupráce: **Ing. Markéta Štancíková**

RNDr. Jan Švoma

Ing. Irena Šupíková

Mgr. Jan Patka

Mgr. Ivana Hrubcová

Rozdělovník:

Výtisk č. 1, 2, 3 : MŽP ČR, OEREŠ, Vršovická 1442/65, Praha 10

Výtisk č. 4, 5, 6, 7 : AQUATEST a.s., Geologická 4, Praha 5

1. Úvod

Společnost AQUATEST a.s. byla na základě výzvy v roce 2015 vybrána MŽP ČR k realizaci zakázky týkající se aktualizace projektu sanace v oblasti bývalého Vojenského výcvikového prostoru Mladá. Cílem záměru MŽP je dokončení nápravných opatření při řešení ekologických škod po odchodu SA na bývalé vojenské základně. Cílem zakázky je navrhnout sanační systém pro jednotlivé dílčí oblasti lokality Boží Dar a Kozí Hřbety.

Tato zakázka navazuje jednak na Komplexní doprůzkum a Návrh postupu sanace oblastí Boží Dar z roku 2011 prováděný firmou AQUATEST a.s. a na výsledky předchozích prací provedených na lokalitě Kozí hřbety. Tato práce navazuje zejména na Aktualizovanou analýzu rizik Stříbrný et al. Monitoring a Aktualizace analýzy rizik širší oblasti bývalého vojenského újezdu Mladá, ALFA SYSTEM s.r.o., srpen 2009. Doplnujícím podkladem při zpracování projektu byly vlastní výsledky monitoringu z roku 2015, které byly provedeny v rámci realizace této zakázky. Výsledky monitoringu jsou souhrnně shrnuty v příloze projektu.

Dokument určuje základní osu činností, které bude třeba provádět v rámci realizace sanačního zásahu na jednotlivých ohniscích znečištění a kontaminačních mracích. Návrh postupu sanačního zásahu počítá i s uplatněním in-situ sanačních metod pro podpoření výtěžnosti fáze či in-situ rozkladu kontaminantu. Návrh prací byl sestaven tak, aby vedle technických priorit na sanační práce v maximální míře vyhověl požadavku investora na úsporný a rovnoměrný průběh financování prací rozložených do období 10 let. Projekt specifikuje rámcově práce na celé 10-ti leté období, počítá však s rozdělením prací do dvou samostatně realizovaných a hodnocených etap. Součástí tohoto návrhu je i Výkaz výměr, který vychází z aktuálních hodnot ceníku stavebních prací.

Na návrhu sanace se podíleli: RNDr. Petr Kvapil, Ph.D., RNDr. Jan Švoma, Mgr. Jan Patka, Ing. Markéta Štancíková, Ing. Irena Šupíková, Mgr. Ivana Hrubcová.

2. Údaje o území

Obecné údaje o území (část kapitol 2. a 3.) byly převzaty ze zprávy Stříbrný et al. a ze závěrečné zprávy „Doprůzkum kontaminace a zpracování projektové dokumentace na lokalitě po Sovětské armádě Boží Dar - sever“ zpracované společností AQUATEST, a.s. na začátku roku 2011. Obecné údaje o lokalitě Kozí Hřbety jsou převzaty ze Závěrečné zprávy za rok 2014 Janoušková et al.

2.1. Všeobecné údaje

Předmětem průzkumných prací je lokalita Boží Dar – sever, Kozí Hřbety a Všejanya, které se nachází v katastrálním území Milovice nad Labem, Všejanya a Lipník.

Zájmové území bylo předmětem hydrogeologických, geologických a ekologických průzkumů již od roku 1973, kdy v důsledku řady havárií došlo ke znehodnocení jakosti podzemních vod ve využívaných hydrogeologických objektech. Vzhledem k charakteru využívání tohoto území (pobyt Sovětské armády viz níže) byl průzkum možný pouze v jeho okrajových oblastech. Vnitřní části sledovaného prostoru, kde se předpokládaly zdroje a primární ohniska znečištění, byla pro účely průzkumu nedostupná. Vstup do tohoto prostoru byl povolen až v roce 1982.

Návrh sanace lokality Boží Dar a Kozí hřbety vychází jednak z informací, získaných v rámci rešeršní etapy prací a zejména pak z výsledků realizovaných průzkumných a monitorovacích prací. Z rešeršních podkladů byla mimo jiné využita Závěrečná zpráva Stříbrný et al. Monitoring a aktualizace analýzy rizik širší oblasti bývalého vojenského újezdu Mladá, ALFA SYSTEM s.r.o., srpen 2009 a

závěrečná zpráva doprůzkumu jižního Periferie lokality Koží hřbety, Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s r.o., 2010.

Průzkumnými pracemi realizovanými v rámci předchozích prací a v rámci zpracování dle požadavku zadavatele jsou lokality technicky rozděleny na oblasti s výskytem volné fáze LNAPL a rozpuštěné kontaminace CIU (ohniska znečištění), charakterem kontaminace a též technickým provedením doprůzkumných prací:

- **Oblast Čistírna**
- **Oblast Parůžky**
- **Oblast N1-N2**
- **Oblast Bunkry (N6/1 a Kyslíkárna a Hůština)**
- **Oblast Periferie**
- **Oblast Nádrž**

Oblasti doprůzkumných prací jsou znázorněny v mapové příloze 4-10.

Mimo výše uvedené oblasti je třeba zmínit ještě dílčí lokality **Benzínka I, Benzínka II, Úložiště automobilových benzínů**. Na těchto lokalitách není a v minulosti nebyla pozorována volná fáze organických látek na hladině podzemní vody. V rámci doprůzkumných prací zde bylo prováděno pouze měření hladin stávajících monitorovacích objektů s negativním nálezem fáze. V části Koží hřbety pak ještě lokalita **Mezipolí**, která je přechodem mezi lokalitami Nádrž a Periferie. Zde byl historicky zaznamenán výskyt fáze. Na těchto lokalitách nejsou navrhovány sanační práce.

2.2. Geografické vymezení území

Boží Dar

Zájmové území se nachází jižně od silnice III. třídy vedoucí z obce Straky do Benátek nad Jizerou, mezi osadou Boží Dar a obcí Milovice. Zájmové území leží severovýchodně od obce Milovice v k.ú. Milovice nad Labem, kraj Středočeský. Milovice se nacházejí cca 25 km SV od Prahy. Předmětem zprávy je pět oblastí doprůzkumu. Jedná se o **oblast N1 a N2**, která se nachází v severovýchodní části bývalého vojenského letiště Milovice-Boží Dar. **Oblast Bunkry (N6/1 a Kyslíkárna a Hůština)** leží východním směrem od osady Boží Dar. **Oblast Parůžky** se nachází v severozápadní části bývalého vojenského letiště Milovice-Boží Dar. **Oblast Čistírna** leží mezi oblastí N6/1 a Kyslíkárna a Hůština a **oblastí Benzínka, Benzínka II a úložiště automobilových benzínů**, která se nachází severně od letiště Milovice-Boží Dar. Předmětné pozemky jsou v katastru nemovitostí vedeny jako ostatní plochy a lesní pozemek.

Koží hřbety

Zájmové území se nachází severně od silnice III. třídy vedoucí z obce Straky do Benátek nad Jizerou mezi osadou Boží Dar a obcí Všeňany. Lokality náleží do k.ú. Všeňany, kraj Středočeský. Lokalitu lze rozdělit na dvě oblasti: oblast **Nádrž**, která se nachází zhruba 1 km jihozápadně od obce Všeňany a dílčí lokalita **Periferie** severně od oblasti **Bunkry**, 0,5 km severozápadně od osady Boží Dar. Obě dílčí lokality jsou spojeny oblastí nazývanou **Mezipolí**. V katastru nemovitostí jsou dotčené pozemky vedeny jako lesní pozemek.

2.3. Stávající a plánované využití území (včetně aspektů ochrany přírody a krajiny a řešení případných střetů zájmů)

Informace z této kapitoly jsou převzaty ze závěrečné zprávy doprůzkumu jižního Periferie lokality Koží hřbety, Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s r.o., 2010.

Přehled stávajícího využití kontaminovaného území a přilehlého okolí

Zájmové území bylo v minulosti součástí vojenského prostoru Milovice-Mladá. Území bylo od roku 1968 do roku 1991 využíváno Sovětskou armádou. Po opuštění prostoru Sovětskou armádou již území nebylo vojensky využíváno. Průzkumné území je v současné době slouží jako ostatní plocha a lesní pozemek. Území je v současné době využíváno pro vojenská a policejní cvičení.

Ochrana přírody a krajiny

Zájmové území se nenachází v žádném chráněném území ani územním systému ekologické stability. Nejbližší chráněné území se nachází ve vzdálenosti cca 1,2 km západně od lokality, jedná se o maloplošné chráněné území – přírodní památku s názvem Pod Benáteckým vrchem (plochý bezlesý vrch na severním okraji obce Milovice). V této části území se zároveň od ledna roku 2015 nachází obora pro chov divokých koní a praturů. Toto území je rovněž součástí Evropsky významných lokalit NATURA 2000. Nejbližší regionální biocentrum s názvem Kateřina se nachází severozápadně od zájmového prostoru, tj. za silnicí III. třídy vedoucí z obce Straky do Božího Daru. Totéž regionální biocentrum pokračuje za Božím Darem, na levé straně od silnice vedoucí z Božího Daru do Benátek nad Jizerou. Oblast spadá pod územní pracoviště AOPK Praha a CHKO Kokořínsko.

Zájmová lokalita se nenachází v žádné chráněné oblasti přirozené akumulace vod. Nejbližší CHOPAV s názvem Severočeská křída (Nařízení vlády ČSR 85/1981 Sb.), začíná ve vzdálenosti cca 4 km severozápadně od lokality. V zájmovém prostoru nejsou úředně stanovena žádná ochranná pásma vodních zdrojů.

Ochrana vodních zdrojů

Severně od oblasti N6/1 a Kyslíkárna a Hůština ve vzdálenosti cca 1000 m a severně od oblasti Čistírna se ve vzdálenosti cca 600 m nachází jímací území pro zásobování pitnou vodou. Vzhledem ke směru proudění vod J až JV směrem v oblasti N1 a N2 může potenciálně dojít k ohrožení domovních studní v obci Zbožíčko. Dále jsou v dosahu potenciálně vodárenské vrty u Milovic (Mi-1 až Mi-4 (43l/s). Zájmové oblasti se dotýká rovněž Ochranné pásmo Poděbradské zřidelní struktury.

Plánované změny využití lokality

Využívání zájmového území v budoucnu není upřesněno.

2.4. Základní charakterizace obydlenosti lokality (příjemci znečištění)

Zájmové území se nachází v jihovýchodní části bývalého vojenského prostoru Milovice – Mladá. Nejbližšími obydlenými objekty od zájmového území Boží Dar je areál společnosti Švestka (v osadě Boží Dar), dále Autoservis, zemědělské družstvo a areál společnosti POL spol. s r.o. Nejbližší zájmovému území se nachází osada Boží Dar. Osada spadá pod Město Milovice, přičemž je tvořena vesměs vybydlenými objekty po odchodu Sovětských vojsk. V současné době se část objektů v severozápadní části Božího Daru rekonstruuje na bytové domy. Nově jsou obydleny cca 2 panelové objekty. Město Milovice se nachází ve vzdálenosti 1,8 km jihozápadně od lokality. Ve městě trvale žije cca 9 100 obyvatel. Ve vzdálenosti cca 2 km V směrem od zájmové lokality leží obec Straky (cca 545 obyvatel), a ve vzdálenosti cca 1,2 km JV od místa se nachází obec Zbožíčko (cca 186 obyvatel). Lokalita nádrží je vzdálena přibližně 1 km JZ od obce Všejaný (cca 619 obyvatel).

2.5. Majetkoprávní vztahy

Vlastníkem všech staveb a převážné části pozemků v prostoru bývalého letiště Boží Dar (k.ú. Milovice nad Labem a Straky) je Středočeský kraj, Zborovská 81/11, 150 00 Praha 5. Zalesněné pozemky v severovýchodní části posuzovaného území jsou ve vlastnictví České republiky, právo hospodařit s majetkem státu má s.p. Vojenské lesy a statky ČR, Pod Juliskou 1621/5, 160 64 Praha 6. V posledním období části zájmového území aktivně využívá společnost RP Mladá.

V rámci přípravných prací byla provedena identifikace parcel dotčené lokality v mapě KN a parcely byly zobrazeny v situaci jako podklad. Jednotlivé parcely byly identifikovány z hlediska vlastnických vztahů.

Tabulka 1: Přehled majitelů parcel dotčených sanačními pracemi

Parcela (číslo) KN	LV	Plocha (m ²)	Druh pozemku	Majitel
1712/1	2114	737 782	ostatní plocha	Středočeský kraj
1725/1	2114	2 410 170	ostatní plocha	Středočeský kraj
774/1	552	415 746	ostatní plocha	Středočeský kraj
1713/1	300	248 290	lesní pozemek	Vojenské lesy a statky ČR, s.p.
5020/1	582	244 193	lesní pozemek	Vojenské lesy a statky ČR, s.p.
5065/1	252	138 672	lesní pozemek	Vojenské lesy a statky ČR, s.p.
5062/1	252	185 757	lesní pozemek	Vojenské lesy a statky ČR, s.p.
5021/2	582	265 625	lesní pozemek	Vojenské lesy a statky ČR, s.p.

2.6. Geomorfologické a klimatické poměry

Z geomorfologického hlediska (Demek a kol., 1987) přísluší zájmové území do soustavy České tabule, podsoustavy Středolabská tabule, k celku Nymburská kotlina a k jejímu podcelku Milovická tabule. Nadmořská výška terénu je cca 196 - 234 m n. m. Celkový sklon terénu směřuje generelně k jihu až jihovýchodu, do údolí řek Mlýnařice a Vlkavy.

Klimaticky patří hodnocené území (Quitt, 1971) do teplé klimatické oblasti, k okrsku T2, pro který je charakteristické dlouhé, teplé a suché léto s velmi krátkým přechodným obdobím, s teplým až mírně teplým jarem a podzimem, s krátkou, mírně teplou, suchou až velmi suchou zimou s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky.

Tabulka 2: Charakteristika klimatické oblasti T2

Klimatické charakteristiky klimatické oblasti T2	
Počet letních dnů	50 - 60
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	160 - 170
Počet mrazových dnů	100 - 110
Počet ledových dnů	30 - 40
Průměrná teplota v lednu (°C)	-2 až -3
Průměrná teplota v červenci (°C)	18 – 19
Průměrná teplota v dubnu (°C)	8 - 9
Průměrná teplota v říjnu (°C)	7 - 9
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 - 100
Srážkový úhrn ve vegetačním období (mm)	350 - 400
Srážkový úhrn v zimním období (mm)	200 - 300
Počet dnů se sněhovou přikrývkou	40 - 50
Počet dnů zamračených	120 - 140
Počet dnů jasných	40 - 50

Průměrná roční teplota vzduchu měřená v klimatické a srážkoměrné stanici Kostomlaty nad Labem za období 1901 – 1950 je 8,5 °C s maximem v červenci (18,3 °C) a minimem v lednu (-1,5 °C).

Tabulka 3: Přehled úhrnů atmosférických srážek (Kostomlaty nad Labem)

Rok	Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1901-50	mm	31	28	29	44	51	68	73	66	45	41	38	34

2.7. Geologické a hydrogeologické poměry

Skalní podloží lokality budují střednoturonské písčité slínovce s přechody do vápnitých prachovců i slinitých pískovců. Místy přibýváním karbonátového podílu přecházejí vápnité prachovce až do velmi tvrdých klastických vápenců. Pro oblast je typické tektonické rozpukání skalních hornin ve směrech SV-JZ; SZ-JV a kromě běžného jizerského směru tektoniky S-J se zde uplatňuje i na něj kolmá tektonika směru V-Z. Tektonická pásma (puklinatosti) běžně dosahují šířky až 2 m.

Na křídové sedimenty se usadily terasové písky a štěrkopísky, které v údolí Vlkavy mohou dosahovat mocnosti i více než 6 m obsahující jílové vložky. Někdy písčité štěrky nasedají na rozvětrálé křídové slínovce do jílu a slínů, jindy nasedají na písčito- kamenité eluvium rigidnějších skalních hornin.

Horniny pelitické, aleuritické i psamity zde nemají volnou aktivní průlinovou pórovitost, takže podzemní voda se v křídových sedimentech akumuluje a obíhá v puklinách. Podle hustoty a otevřenosti puklin značně kolísá koeficient filtrace ($k_f = x \cdot 10^{-3}$ až $x \cdot 10^{-5}$) a specifické vydatnosti vrtů pak mají velké rozpětí od tisícín do jednotek sekundových litrů na metr snížení. Byla zde evidentně prokázána hydraulická samostatnost puklinových zvodněných etáží. Obecně platí, že hlubší puklinové etáže jsou propustnější a mají nižší výtlačnou úroveň, takže se stávají potenciálními, či skutečnými drény pro nadložní zvodnělé puklinové systémy. Směr proudění podzemní vody ovlivňuje nejen poloha místní erozivní báze, ale snad ještě výrazněji průběh puklinových drenážních systémů napojených na hlavní erozivní bázi. Přesnější vyjádření propustnosti jednotlivých dotčených zvodněných prostředí geologické stavby sledovaného území pomocí koeficientu filtrace a transmisivity je obtížné, jelikož vysoce dominantní část realizovaných hydrogeologických vrtů v oblasti propojuje oběh podzemních vod v kvartéru a středním turonu.

Specifická vydatnost mělké zvodně závisí na mocnosti a převážně na zrnitostním složení štěrkopísku a pohybuje se od setin do setin sekundového litru. Z hlediska migrace znečištění je důležitý piezometrický vztah obou vertikálně sousedících zvodní. Většinou má křídový oběh nižší výtlačnou úroveň, takže představuje potenciální drenáž pro vody z kvartéru. Pokud neexistuje na bázi štěrkopísku nepropustná poloha, přechází potenciální drenáž ve faktickou a vytváří se společná zvodně ve štěrkopísku a v nejvyšší části křídových sedimentů. Na lokalitě lze usuzovat na existenci více pater puklinových kolektorů, přičemž podložní, ležící 3-5 m pod polopropustnou bází nadložního puklinové propustného kolektoru má o 1-3 m menší výtlačnou výšku a o 0,5 – 1,0 řádu vyšší propustnost.

V zájmovém území lze usuzovat na výraznou puklinatost horninového prostředí a přítomnost zkrasovatělých prostor (otevřených puklin s kavernami) a na převážně horizontálně predisponované pukliny korespondujícími s kontaktními plochami různých stratigrafických poloh, ale i existenci vertikálně uložených puklin. Zkrasovatění se projevuje v celém puklinovém systému. Hydrogeologicky významné pukliny jsou v dotčené oblasti subhorizontálně orientovány. Některé pukliny mají charakter otevřených kavern s rychlým prouděním podzemní vody.

Zvodnění kvartéru je povětšinou nesouvislé, v zájmovém území je kvartér výrazněji zvodněn především v územích s mocnějšími terasovými uloženinami a v oblastech podél toků povrchových vodotečí. V dílčích lokalitách Letiště Boží Dar (lokality N1 a N2) a dále pak v západní části letištních ploch a při sv. okraji Milovic. Nevýznamně je naopak kvartér zvodněn v lokalitách označovaných Letiště Boží Dar – kyslíkárna, N 6/1. Větší část dílčích lokalit v rámci Letiště Boží Dar (plocha VPD, Lokalita N1 a N2 a Parůžky) leží v ochranném pásmu přírodních léčivých zdrojů Poděbradské zřidelní struktury, kde se jímají podzemní vody cenomanské zvodně pro balneologické účely. Severní i západní část zájmového území již do tohoto pásma nezasahuje.

Proudění podzemních vod bylo v minulosti ovlivňováno odběry a zásaky pozemních vod a je ovlivňováno i průběhem dislokačních tektonických pásem. Konkrétní směry proudění podzemní vody

vedle přírodních okrajových podmínek - drenáž místními toky a hlavní erozní bázi v soutokové labsko-jizerské deltě mohou ovlivňovat:

- čerpání z náhradního vodárenského zdroje HM-1 pro Nymburk, který je situován 150 metrů severně od silnice Benátky n. J-Straky na severní hranici zájmového území, resp. 200 m SZ od nejzápadnější studny ST 5 v linii nevyužívaných vojenských studní, které byly dříve využívány i k vodárenskému zásobení i po odchodu sovětské armády. (Tyto studny v minulosti vysokým odběrem vody-kolem 20 l/s přispěly k migraci ropné fáze jak z prostoru letiště z JZ, tak ze SV z oblasti lokality Všejanya Nádrž, a k migraci CIU z prostoru letiště)
- není vyloučena kombinace vlivu hlavní erozní báze soutoku Labe Jizery s účinkem vodárenských odběrů stovek sekundových litrů z křídových a kvartérních zvodní v téže oblasti, což by vyvolalo zintenzivnění přirozeného proudění podzemní vody k JZ v prioritních tektonických koridorech.

Mapa geologických a hydrogeologických poměrů je zobrazena v příloze 2 a 3.

Přirozený směr proudění podzemní vody v puklinových systémech je ovlivněn nejen drenážním účinkem, vzdáleností a nadmořskou výškou erozní báze, ale i geometrií a propustností vertikálních puklin, takže se místo od místa mění ze směru k JZ k J až k JV. V okolí bývalé nádrže PMH se vyskytuje dílčí směr proudění k V (do údolí Vlkavy). Velmi významná pro průběh znečištění puklinového systému a jeho dekontaminace je velká hydrologická samostatnost jednotlivých zvodnělých puklin. Na vzdálenost prvních jednotek metrů vedle sebe dlouhodobě existují subparalelní zvodněné systémy s vyloučenou ropnou fází v desítkách cm na hladině podzemní vody, a jiné puklinové systémy bez ropné kontaminace, často s kvalitou vody odpovídající až normě pro pitnou vodu.

Pro proudění vody a šíření kontaminace může mít význam potenciální i faktické odvodnění svrchnějších turonských puklinových systémů do spodnějších v důsledku nižší výtlačné úrovně vyšší propustnosti hlubších puklinových turonských slínovců. Neprozkoumaná zůstává existence proudění vody spodním systémem puklin v turonu směrem do labsko-jizerské delty, zvláště tam, kde přirozený drenážní účinek erozivní báze je zesílen intenzivním čerpáním vod z cenomanských pískovců káranskou vodárnou. To by mohlo být nebezpečné zvláště pro migraci CIU z VVP Mladá v tektonických predisponovaných hlubokých turonských drenážních puklinových systémech.

2.8. Hydrologické poměry

Hydrologicky je širší okolí zájmového území součástí dílčího povodí 1-04-07 Labe od Výrovky po Jizeru. Při detailnějším členění pak spadá lokalita do drobných povodí, a to od JZ k SV takto:

Tabulka 4: Přehled bližšího členění povodí

Číslo povodí	Název povodí	Plocha (km ²)	Délka údolí (km)	Charakteristika P/L	Lesnatost (%)	Řád toku
1-04-07-042	Mlynařice po svodnici od Benátecké Vrutice	21,826	8	0,34	20	II
1-04-07-024	Vlkava od Stružského potoka po Stračí potok	165,95	10		20	II
1-04-07-026	Vlkava od Stružské svodnice po Stračí potok	21,758	-	-	30	II
	Vlkava nad Stračím potokem	185,107	29,9	0,21	20	
1-04-07-028	Vlkava od Stračího potoka po rozdělení ramen (Hronětice)	13,278	-	-	20	II
	Vlkava nad rozdělením ramen (Hronětice)	222,245	33,2	0,20	20	

Hydrologické údaje, které určují vztahy mezi jednotlivými složkami hydrologického cyklu, uvádí následující tabulka:

Tabulka 5: Přehled hydrologických údajů

Ústí řeky – uzávěrový profil povodí	Vlkava	Mlynařice
Číslo povodí	1-04-07-029	1-04-07-046
Plocha povodí (km ²)	236,96	52,38
Roční úhrn srážek (mm)	565	555
Rozdíl srážek a odtoku (mm)	484	486
Odtok (mm)	81	69
Odtokový součinitel	0,14	0,12
Specifický odtok (l/s/km ²)	2,56	2,19
Průtok (m ³ /s)	0,61	0,12

Cca 1,5 – 2,0 km jihozápadně od zájmového území protéká řeka Mlynařice. Podél východního okraje lokality teče řeka Vlkava, která obloukem protéká obcí Straky a stáčí se k jihozápadu do obce Zbožičko. Obě řeky jsou pravostrannými přítoky Labe. Významný podíl na drenáži přebytků podzemních vod odtékajících ze zájmového území má řeka Vlkava, zbytkový podíl odvádí vodoteč Mlynařice. Nejsvrchnější část horního toku Mlynařice je občasným tokem, drénuje v časově nepravidelném měřítku pouze malou část podzemních vod odtékajících ze zájmového území v závislosti na výškové úrovni hladin podzemní vody v mělkém kolektoru. Podzemní vody jsou tedy drénovány popisovaným tokem pouze minoritně a odvodňují se ve větší nebo absolutní míře až při hlavní erozní bázi širšího zájmového území – Labi.

2.9. Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě

Chemické složení podzemních vod obíhajících v prostoru zájmového území je v této kapitole hodnoceno na základě analýz provedených v rámci doprůzkumu (Boží Dar) a sanačních prací v letech 2008-2014 (Kozí hřbety).

Tabulka 6: Přehled hydrochemických údajů

Oblast	pH	Celková mineralizace	Chemický typ vody	Reakce	Tvrdost	ČSN-EN 206-1 Beton
N6/1	6,76	947,6	Ca-HCO ₃	slabě kyselé	velmi tvrdá	neagresivní
Parůžky	7,09	805,4	Ca-HCO ₃	neutrální	tvrdá	neagresivní
N1 a N2	6,74	970,7	Ca-HCO ₃	slabě kyselé	velmi tvrdá	neagresivní
Čistírna	6,83	923,3	Ca-HCO ₃	slabě kyselé	velmi tvrdá	neagresivní
Kozí hřbety	7,00	800,0	Ca-Mg-HCO ₃ -So ₄	neutrální	velmi tvrdá	neagresivní

Z tabulky 6 vyplývá, že většina vzorků podzemní vody vykazovala slabě kyselou reakci (pH=6,74 až 6,83). Podzemní voda je tvrdá až velmi tvrdá, základního chemického typu Ca-HCO₃ a vyšší celkové mineralizace 805,4 až 970,7 mg/l.

Chemismus vody svědčí o přítomnosti minerálů karbonátového charakteru a o vysoké pravděpodobnosti existence krasových jevů na lokalitě.

3. Dosavadní prozkoumanost území

Historie a zdroje znečištění, dosavadně provedené průzkumné a sanační práce na jednotlivých lokalitách zájmového území Boží Dar a Kozí Hřbety byla v minulosti zpracována např. Švoma et al., 1995, Stříbrný et al., 2009, Kvapil et al., 2011.

3.1. *Shrnutí aktuálních informací o znečištění*

V této kapitole jsou shrnuty aktuální informace o znečištění v zájmových lokalitách zjištěné během doprůzkumu, který probíhal od listopadu 2010 do začátku roku 2011. Výsledky jsou podrobně zpracovány v závěrečné zprávě „Doprůzkum kontaminace a zpracování projektové dokumentace na lokalitě po Sovětské armádě Boží Dar - sever“ zpracované společností AQUATEST, a.s. Na tento doprůzkum navázal v létě 2015 monitoring HPV a fáze v celém zájmovém území.

3.1.1. *Vyhodnocení znečištění RU v nesaturované zóně*

Vyhodnocení znečištění zemín na lokalitě Čistírna

U odebraných vzorků zeminy v rámci doprůzkumu na lokalitě Čistírna bylo kritérium MP MŽP pro nepolární extrahovatelné látky (NEL) k hodnocení zjištěné koncentrace $C_{10-C_{40}}$ překročeno v 11 vzorcích zemín. Překročení kritérií C představuje znečištění, které může znamenat významné riziko ohrožení zdraví člověka a složek životního prostředí.

U těchto vzorků zemín byly rovněž překročeny limitní hodnoty tabulky 4.1 dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. jež uvádí limitní koncentrace škodlivin pro odpady, které nesmějí být ukládány na skládky skupiny S – inertní odpad.

Sanační limit pro $C_{10-C_{40}}$ byl AAR (Stříbrný, 2009) navržen 4 000 mg/kg, na lokalitě Čistírna byl tento limit překročen ve dvou vzorcích zeminy.

Provedené analýzy CIU ve vzorcích zemín byly stanoveny pod mezí detekce. Koncentrace CIU ve vzorcích zemín byly tedy velmi nízké, kritéria Metodického pokynu MŽP ČR pro posuzování stupně znečištění z 31.7.1996 nebyly překročeny. Přítomnost CIU v nesaturované zóně byla prokázána jednou sondou MIP5 v ohnisku znečištění lokality Čistírna.

Podrobnosti o výsledcích jsou uvedeny v závěrečné zprávě doprůzkumu (2011). Pro danou lokalitu byla v závěrečné zprávě doprůzkumu doporučena odtěžba kontaminované zeminy. Mapa prostoru navrhované odtěžby kontaminované zeminy sestavená na základě map znečištění zemín je uvedena v příloze č. 12. Celkem se na lokalitě Čistírna předpokládá odtěžba zemín do hloubky 5-7 m pod terénem na ploše 1 084 m². To odpovídá kubatuře 12 000 m³ kontaminovaných zemín. V mapě přílohy č. 12 jsou znázorněny plochy s pozitivním nálezem kontaminovaných zemín. Definitivní rozsah odtěžby bude upřesněn během přípravných sanačních prací. Podrobnosti o odtěžbě zemín na lokalitě Čistírna jsou uvedeny v kapitole 5.2.3.

Vyhodnocení znečištění zemín na lokalitě Parůžky

Během doprůzkumu bylo celkem na lokalitě Parůžky odebráno 12 vzorků zeminy, které byly podrobeny laboratorním analýzám. Úroveň kritéria C byla překročena ve 4 vzorcích zemín, stejně tak limitní hodnoty tabulky 4.1 dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. jež uvádí limitní koncentrace škodlivin pro odpady, které nesmějí být ukládány na skládky skupiny S – inertní odpad. Sanační limit pro $C_{10-C_{40}}$ byl AAR (Stříbrný, 2009) navržen 4 000 mg/kg, na lokalitě Parůžky byl tento limit překročen ve dvou vzorcích zeminy. Dále pak byl zjištěn pozitivní nález ve 2 vzorcích zeminy odebraných z hloubky cca 0,5 m pod terénem (1 130 mg/kg a 1 770 mg/kg v sušině) indikující pravděpodobná místa úniku kontaminace do horninového prostředí.

Pro danou lokalitu byla v závěrečné zprávě doprůzkumu doporučena odtěžba kontaminované zeminy. Mapa prostoru navrhované odtěžby kontaminované zeminy sestavená na základě map znečištění zemín je uvedena v příloze č. 12. Celkem se na lokalitě Parůžky předpokládá odtěžba zemín do hloubky 2-4 m pod terénem na ploše 3 356 m². To odpovídá kubatuře 7 500 m³ kontaminovaných zemín. V mapě přílohy č. 12 jsou znázorněny plochy s pozitivním nálezem kontaminovaných zemín. Definitivní rozsah odtěžby bude upřesněn během přípravných sanačních prací. Podrobnosti o odtěžbě zemín na lokalitě Parůžky jsou uvedeny v kapitole 5.3.3 a 5.3.4.

Vyhodnocení znečištění zemín na lokalitě N1-N2

Celkem bylo na lokalitě N1-N2 během doprůzkumu realizovaného společností AQUATEST, a.s. odebráno 11 vzorků zeminy, které byly podrobeny laboratorním analýzám. Úroveň kritéria C byla překročena ve 2 vzorcích zemín, stejně tak limitní hodnoty tabulky 4.1 dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. jež uvádí limitní koncentrace škodlivin pro odpady, které nesmějí být ukládány na skládky skupiny S – inertní odpad.

Dva vzorky zeminy obsahovaly zvýšené koncentrace ropných látek (C₁₀-C₄₀), které překročily limitní hodnoty tabulky 10.1 dle vyhlášky č. 294/2005 Sb.

V rámci provedených sondážních prací nepřekročily odebrané vzorky sanační limit pro C₁₀-C₄₀ na lokalitě N1-N2. Zeminové sondy prokázaly ve dně výkopů zeminy kontaminované ropnými látkami. Nadložní zeminy kontaminovány nebyly. Pro vyhodnocení kontaminace nesaturované zóny bylo použito výsledků sondáže MIP, který ukázal prosycení horninového prostředí produktem organických látek v hloubce 1,7 – 2,3 m pod terénem.

Pro danou lokalitu byla v závěrečné zprávě doprůzkumu (2011) doporučena odtěžba kontaminované zeminy. Mapa prostoru navrhované odtěžby kontaminované zeminy sestavená na základě map znečištění zemín je uvedena v příloze č. 12. Celkem se na lokalitě N1 předpokládá demolice stávajících zbytků objektu s následnou odtěžbou podloží. Je doporučena odtěžba zemín do hloubky 2-4 m pod terénem na ploše 2 901 m². To odpovídá kubatuře 9 000 m³ kontaminovaných zemín. V mapě přílohy č. 12 jsou znázorněny plochy s pozitivním nálezem kontaminovaných zemín. Definitivní rozsah odtěžby bude upřesněn během přípravných sanačních prací. Podrobnosti o odtěžbě zemín na lokalitě N1-N2 jsou uvedeny v kapitole 5.4.3

Vyhodnocení znečištění zemín na lokalitě Bunkry (stáčiště, O₂, N6/1)

Na lokalitě Bunkry (stáčiště, O₂, N6/1) byly celkem odebrány 4 vzorky zeminy, které byly podrobeny laboratorním analýzám. Úroveň kritéria C byla překročena v jednom vzorku zeminy, stejně tak limitní hodnoty tabulky 4.1 dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. jež uvádí limitní koncentrace škodlivin pro odpady, které nesmějí být ukládány na skládky skupiny S – inertní odpad. Rovněž sanační limit pro C₁₀-C₄₀ byl na lokalitě Bunkry překročen v již zmíněném vzorku zeminy. Ostatní odebrané vzorky zeminy z této lokality byly stanoveny pod mezí detekce C₁₀-C₄₀.

Pro danou lokalitu byla v závěrečné zprávě doprůzkumu doporučena odtěžba kontaminované zeminy. Mapa prostoru navrhované odtěžby kontaminované zeminy sestavená na základě map znečištění zemín je uvedena v příloze č. 12. Celkem se na lokalitě Bunkry předpokládá odtěžba zemín do hloubky 2-7 m pod terénem na ploše 3 360 m². To odpovídá kubatuře 18 000 m³ kontaminovaných zemín. V mapě přílohy č. 12 jsou znázorněny plochy s pozitivním nálezem kontaminovaných zemín. Definitivní rozsah odtěžby bude upřesněn během přípravných sanačních prací. Podrobnosti o odtěžbě zemín na lokalitě Bunkry jsou uvedeny v kapitole 5.5.3 a 5.5.4.

Vyhodnocení znečištění zemín na lokalitě Kozí hřbety

Na dílčí lokalitě Nádrž je možný výskyt kontaminace v trase vedení produktovodu. Jinak kontaminace nesaturované zóny nebyla zjištěna. V dílčí lokalitě Nádrž je část kontaminace zaklíněná v zóně kolísání podzemní vody. Zeminy nejsou kontaminovány, kontaminované zeminy a části rozvodů podzemní nádrže byly odtěženy v období 1998 – 2008.

Vyhodnocení znečištění zemin z produktovodu

Zájmovou oblastí doplňujících doprůzkumných prací je vlastní produktovod, procházející touto lokalitou. Produktovod vede od lokality Nádrž podél lesní cesty směrem ke komunikaci vedoucí do Obce Všejan, kde se stáčí jihovýchodním směrem a podél komunikace pokračuje směrem k letišti Boží Dar, kde se na severovýchodě nad oblastí Boží Dar větví na dvě části:

- 1) Jedna větev směřuje jižně k východní části letištní plochy do oblasti N1+N2. V oblasti N1+N2 jsou části technologického vybavení vlastního stáčiště odstraněna, nicméně většina trubních rozvodů včetně propojení s křížovými bunkry na lokalitě stále zůstává. Produktovod vede do oblasti N1 - N2 od severu směrem přímo na šachtici Š18, kde je produktovod viditelný cca 1 m pod terénem. Za šachticí je produktovod rozdělen do dvou větví - západní a východní. Větvě vedou ještě cca 50 metrů do místa, kde dříve byly napojeny na nádrže. Zde je produktovod ukončen.

Výsledky vzorků zeminy z produktovodu ukazují překročení cílového limitu v kopané sondě v okolí šachty Š18. V šachtici 18 je produktovod přerušen, tato skutečnost je pravděpodobně důsledkem znečištění okolí šachtice Š18. Produktovod byl v minulosti vyprázdněn, přesto se v něm stále vyskytuje určité množství kapaliny, je pravděpodobné, že do potrubí za vyšších srážek stále vniká podzemní či povrchová voda, která odsud může vyplachovat zbytková množství produktu do horninového prostředí. Z tohoto důvodu bylo v závěrečné zprávě doplňujícího doprůzkumu doporučeno produktovod rozdělit na samostatné úseky, po částech jej následně otevřít, definitivně vyčerpát a na vybraných místech vytěžit. Tím bude definitivně zabráněno další kontaminaci horninového prostředí.

- 2) Druhá větev je vedena směrem západním přes oblast Hůština, nad křížovými bunkry N6/1 a Kyslíkárna, pod obytnými prostory, přes oblast Benzinka I, v blízkosti oblasti Čistírna na oblast Parůžky. Zde je produktovod veden okolo křížových bunkrů a přes stáčiště jižně mezi křížovými bunkry pokračuje až k západní části letištní plochy, kde je ukončen. Bohužel z nalezeného konce nelze s určitostí popsat důvod ukončení právě v tomto místě. Trasa produktovodu je přehledně zobrazena v příloze 15.

V rámci průzkumných prací došlo k vymapování trasy produktovodu od šachtice Š22 až k západní části letiště. Tato trasa byla v dostupných podkladech nedostatečně dokumentována s pochybností její existence. Nový průzkum však domnělou trasu produktovodu potvrdil a přesně určil jeho konec.

Lokalita Kyslíkárna

Produktovod je přiváděn na tuto lokalitu z východního až jihovýchodního směru. Na lokalitě Kyslíkárna byly nalezeny stávající hydrogeologické objekty v okolí palivového bunkru.

Od bunkru směrem k bývalému stáčišti v oblasti N 6/1 byla nově objevena větev produktovodu směřující přes již zmiňované stáčiště k druhému křížovému bunkru na lokalitě N 6/1. Tato lokalita má tedy přímou technologickou souvislost s lokalitou N 6/1. Před bunkrem kyslíkárny bylo kopanou sondou prokázáno nadlimitní znečištění, dalším průzkumem byla zjištěna přítomnost části korodovaných potrubí a intenzivní výrony volné fáze z korodovaných potrubí do horninového prostředí.

Pro tuto lokalitu bylo v závěrečné zprávě doplňujícího doprůzkumu doporučeno vyčerpání zbytkového produktu, vytěžení starého potrubí a odtěžbu kontaminovaných zemin.

Lokalita N 6/1

Na lokalitě N6/1 se stále nachází původní křížový palivový bunkr (druhý související je součástí lokality Kyslíkárna). Na dně nádrží se nacházejí zbytky suchého kalu, ev. kapalin s obsahem ropných látek v množství jednotek m³. Stavební konstrukce uvnitř bunkrů, zejména v úrovni podlahy a energetických kanálů vykazují zjevné stopy kontaminace ropnými látkami.

V prostoru bývalých stáčíšť a skladišť ropných látek se nachází významné ohnisko znečištění podzemních vod. Zdrojem tohoto znečištění tedy byl provoz stáčíště a s největší pravděpodobností rovněž i provoz uvnitř palivových bunkrů.

Z tohoto důvodu byl v závěrečné zprávě doplňujícího doprůzkumu doporučen obdobný postup jaký je navržen pro oblast Kyslíkárny - vyčerpání zbytkového produktu, vytěžení starého potrubí a odtěžbu kontaminovaných zemin.

Lokalita Benzinka

Trasa produktovodu vede z lokality N 6/1 a je vedena pod budovami a místními komunikacemi přes oblast Benzinka až na lokalitu Parůžky.

Výsledky vzorků zeminy z produktovodu neukazují překročení cílového limitu v sondách v okolí lomení produktovodu. Tato skutečnost svědčí o prozatím dobrém stavu produktovodu. I v tomto případě je třeba počítat s přítomností zbytkové kontaminace uvnitř potrubí, která může být vypláchnuta. V případě koroze potrubí nebo jeho narušení existuje riziko úniku ropných látek do horninového prostředí. V této oblasti prochází produktovod pod budovami a zpevněnými plochami. V závěrečné zprávě doplňujícího doprůzkumu bylo doporučeno rozdělení produktovodu na úseky, po úsecích pak jeho otevření, ověření přítomnosti zbytkového produktu a jeho případné vyčerpání. Produktovod v tomto území bylo doporučeno ponechat namístě.

Lokalita Parůžky

Původ znečištění na lokalitě Parůžky je dán existencí dvou křížových bunkrů, ve kterých jsou umístěny nádrže PHM a jejich příslušenství. Tyto bunkry tvořily zakončení západní větve produktovou. Mezi oběma bunkry byla betonová plocha, na které se nacházelo velké množství nadzemních nádrží, které byly odstraněny odcházející Sovětskou armádou. Na této lokalitě se nacházelo i velké množství podzemních nádrží PHM. Podařilo se zjistit skutečné místo zakončení produktovodu, kde byl zjištěn a zaměřen konec.

Výsledky vzorků zeminy z produktovodu ukazují překročení cílového limitu v sondách v okolí letištní plochy. Zároveň přítomnost filmu na hladině podzemní vody v severní části lokality Parůžky ukazuje na netěsnost produktovodu. V severní části lokality a v místě zakončení produktovodu pod letištní plochou bylo v závěrečné zprávě doplňujícího doprůzkumu doporučeno jeho vytěžení, včetně odtěžby kontaminovaných zemin. Ve zbývajících částech bylo doporučeno jeho rozdělení na úseky, otevření, případně vyčerpání zbytkového množství ropných látek a ponechání produktovodu na místě.

Podrobnosti o likvidaci produktovodu jsou uvedeny v kapitole 5.9.

Produktovod je napojen potrubím menších průměrů na jednotlivé technické celky a zásobní nádrže a zařízení. Tato potrubí dosud nebyla sanována, vytěžena ani prozkoumána. V těchto starých potrubních systémech může přetrvávat znečištění ve formě produktu fáze, jak se ukázalo při provádění průzkumných prací na lokalitě Buknoky. Proražením takového potrubí může dojít k neřízenému úniku kontaminace.

3.1.2. Vyhodnocení znečištění RU a CIU v saturované zóně

Analýzy vzorků fáze z dílčích lokalit

Z různých částí lokality byly v rámci doprůzkumu realizovaném společností AQUATEST, a.s. odebrány vzorky produktu organické fáze. Tyto vzorky byly analyzovány s cílem zjistit charakter produktu v jednotlivých lokalitách. Porovnáním výsledků bylo potvrzeno, že v celém prostoru se jedná o totožný produkt v různém stupni biodegradace. Analýzy byly provedeny na lokalitách N1 (vrt SV-3), Čistírna (vrt IS-26), Parůžky (vrt PV-727), Š 21a, KBD – sifony. Analýzami bylo zjištěno, že ve vzorcích jsou přítomny látky, dávající odezvu na FID detektoru v oblasti, odpovídající v rozmezí cca C7 - C22 s maximální odezvou v oblasti C10 nebo C11. S největší pravděpodobností se jedná o letecký petrolej po výrazné biodegradaci.

Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Čistírna

Výsledky měření fáze ve vrtech, které probíhalo v rámci doprůzkumu (Kvapil et. al., 2011) a terénního monitoringu v létě 2015 je dokumentováno v následující tabulce.

Tabulka 7: Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Čistírna

Boží Dar, Kozí hřbety		2010	2011	2015
		24.11-1.12. 2010	22.3.2011	11.8.2015
Lokalita	Označení vrtu	Výskyt fáze	Výskyt fáze	Výskyt fáze
Čistírna	HBD-3	6 cm	9 cm	15 cm
Čistírna	IS-12	film?	film	film
Čistírna	IS-14	5 cm	4 cm	
Čistírna	IS-26	157 cm	158 cm	23 cm
Čistírna	PS-13		2 cm	68 cm
Čistírna	SV-9	28 cm	6 cm	91 cm

Měření fáze probíhalo ve třech obdobích a to na konci listopadu roku 2010, dále na počátku roku 2011 a nakonec v létě 2015. Naměřená mocnost fáze byla zaznamenána do přehledných tabulek výše. Prázdná buňka vyjadřuje nezměření v uvedeném termínu. Na základě těchto výsledků byla sestavena mapa kontaminačního mraku Čistírna, která je uvedena v příloze č. 13. Kontaminační mrak s výskytem volné fáze na hladině podzemní vody má rozměr cca 65 x 45 m (což odpovídá ploše cca 2925 m²). Pro vymapování rozsahu oblasti s výskytem volné fáze na hladině podzemní vody je tedy třeba brát v úvahu i informace z archivní dokumentace (Stříbrný, ALFA SYSTEM, s.r.o., 2009; Komberec, Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., 2010). Oblast výskytu fáze se zahrnutím archivních dat je rovněž znázorněna v příloze 13.

Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Parůžky

Výsledky aktuálních měření fáze na lokalitě Parůžky během doprůzkumu (Kvapil et. al., 2011) a monitoringu v létě 2015 jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 8: Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Parůžky

Boží Dar, Kozí hřbety		2010	2011	2015
		24.11-1.12. 2010	22.3.2011	28.8.2015
Lokalita	Označení vrtu	Výskyt fáze	Výskyt fáze	Výskyt fáze
Parůžky	HV-728	film?	film	
Parůžky	HV-986	film?	film	film
Parůžky	PV-727	38 cm	7 cm	film

Na lokalitě Parůžky jsou 2 vrty, které jsou zasaženy fází či filmem. Přehled viz tabulka výše. Prázdná buňka vyjadřuje nezměření v uvedeném termínu.

Stejně jako na Čistírně probíhalo měření fáze ve třech obdobích a to na konci listopadu roku 2010, dále na začátku roku 2011 a v létě 2015. Na základě těchto výsledků byla sestavena mapa kontaminačního mraku Parůžky, která je uvedena v příloze č. 13. Kontaminační mrak s výskytem volné fáze na hladině podzemní vody je detekován v okolí vrtu HV-727 a východního křížového bunkru, má rozměry přibližně cca 100 x 40 m (což odpovídá ploše cca 4000 m²).

Pro vymapování rozsahu oblasti s výskytem volné fáze na hladině podzemní vody je tedy třeba brát v úvahu i informace z archivní dokumentace (Stříbrný, ALFA SYSTEM, s.r.o., 2009; Komberec, Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., 2010).

Výsledky terénních měření fáze na lokalitě N1-N2

Výsledky měření fáze na lokalitě N1-N2 v rámci doprůzkumu (Kvapil et. al., 2011) a monitoringu v létě 2015 jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 9: Výsledky terénních měření fáze na lokalitě N1-N2

Boží Dar, Kozí hřbety		2010	2011	2015
		24.11-1.12. 2010	22.3.2015	25.8.2015
Lokalita	Označení vrtu	Výskyt fáze	Výskyt fáze	Výskyt fáze
N1 a N2	PV-768		film	film?
N1 a N2	SV-3		1 cm	film?
N1 a N2	SV-4		27 cm	

Na lokalitě N1-N2 jsou 2 vrtů, které jsou zasaženy fází či filmem, jeden vrt s v minulosti prokázaným výskytem fáze nebyl něhem monitoringu v létě nalezen a proto nemohla být fáze změřena. Přehled viz tabulka výše. Mapa se znázorněním kontaminačních mraků je uvedena v příloze č. 13. Kontaminační mrak se nachází na západním konci větvení produktovodu, má rozměry přibližně 30 x 30 m (což odpovídá ploše cca 900 m²).

Pro vymapování rozsahu oblasti s výskytem volné fáze na hladině podzemní vody je tedy třeba brát v úvahu i informace z archivní dokumentace (Stříbrný, ALFA SYSTEM, s.r.o., 2009; Komberec, Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., 2010).

Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Bunkry

Výsledky měření fáze na lokalitě Bunkry (N6/1+O2+Hůš.) během doprůzkumu (Kvapil et. al., 2011) a monitoringu v létě 2015 jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 10: Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Bunkry

Boží Dar, Kozí hřbety		2010	2011	2015
		24.11-1.12. 2010	22. 3. 2011	3.7.2015
Lokalita	Označení vrtu	Výskyt fáze	Výskyt fáze	Výskyt fáze
N6/1+O2+Hůš.	HV-972	2 cm	1 cm	-
Bunkry	IS-18	film?		30 cm
Bunkry	IS-6	6 cm	10 cm	1,5 cm
Bunkry	ISV-15	film?	film	film
Bunkry	ISV-24	4 cm	3cm	-
Bunkry	ISV-25			2 cm
Bunkry	ISV-26	1 cm	4 cm	40 cm
Bunkry	ISV-9	1 cm	film	film
Bunkry	PV-767	film	film	-
Bunkry	SV-7	1 cm	0,5 cm	22 cm

Na lokalitě Bunkry (N6/1+O2+Hůš.) je 7 vrtů, které jsou zasaženy fází či filmem. Přehled viz tabulka výše. Znázornění kontaminačních mraků v mapě je provedeno v rámci přílohy č. 13. Lokalita bunkry

zahrnuje tři dílčí lokality, které v budoucnu bude možné spravovat z jednoho sanačního centra. Větší kontaminační mrak se nachází v dílčí lokalitě Stáčiště a má rozměry 80x55 m (což odpovídá ploše 4400 m²). Druhý kontaminační mrak se nachází u západního křížového bunkru (dílčí lokalita Kyslíkárna), má rozměry cca 80x40 m (to odpovídá ploše přibližně 3200 m²).

Pro vymapování rozsahu oblasti s výskytem volné fáze na hladině podzemní vody je tedy třeba brát v úvahu i informace z archivní dokumentace (Stříbrný, ALFA SYSTEM, s.r.o., 2009; Komberec, Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., 2010).

Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Periferie

Výsledky měření fáze na lokalitě Koží hřbety – Periferie během monitoringu v letech 2014 a 2015 jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 11: Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Periferie

Boží Dar, Koží hřbety		2014	2014	2015	2015
		28. 2. 2014	11.9.2014	5.8.2015	7.12.2015
Lokalita	Označení vrtu	Výskyt fáze	Výskyt fáze	Výskyt fáze	Výskyt fáze
Periferie	ISV-11	1,5 cm	1,2 cm	4 cm	film
Periferie	ISV-18	5 cm	-	film	film
Periferie	ISV-23			-	-
Periferie	ISV-12	1 cm	film	-	0,3 cm
Periferie	VŠ-2012	49 cm	film		film
Periferie	ISV-5	3,8 cm	5,1 cm	film?	0,1 cm

Na lokalitě Koží hřbety – Periferie bylo v letech 2014-2015 nepravidelně 6 vrtů zasaženo fází nebo filmem. Přehled viz tabulka výše. Znázornění kontaminačních mraků v mapě je provedeno v rámci přílohy č. 13.

Pro vymapování rozsahu oblasti s výskytem volné fáze na hladině podzemní vody je tedy třeba brát v úvahu i informace z archivní dokumentace (Stříbrný, ALFA SYSTEM, s.r.o., 2009; Komberec, Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., 2010; Janoušková, ENVIGEO, s.r.o., 2014; Švoma, AQUATEST a.s., 2014).

Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Nádrž

Výsledky měření fáze na lokalitě Koží hřbety - Nádrž během monitoringů v letech 2014 a 2015 jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 12: Výsledky terénních měření fáze na lokalitě Nádrž

Boží Dar, Koží hřbety		2014	2014	2015	2015
		10.1.2014	27.9.2014	3.7.2015	7.12.2015
Lokalita	Označení vrtu	Výskyt fáze	Výskyt fáze	Výskyt fáze	Výskyt fáze
Nádrž	HV-964	8 cm	17 cm	9 cm	0,2 cm
Nádrž	VŠ-1806	-	6 cm	1 cm	film
Nádrž	VŠ-1853	8 cm	3 cm	95 cm	2 cm
Nádrž	HV-966	3 cm	6 cm	5 cm	0,6 cm
Nádrž	VŠ-2004	-	-	7 cm	0,3 cm
Nádrž	VŠ-2003	5 cm	4 cm	9 cm	0,2 cm

Boží Dar, Kozí hřbety		2014	2014	2015	2015
		10.1.2014	27.9.2014	3.7.2015	7.12.2015
Lokalita	Označení vrtu	Výskyt fáze	Výskyt fáze	Výskyt fáze	Výskyt fáze
Mezipolí	VŠ-2010	-	film	-	-
Mezipolí	ISV-101	-	9,5 cm		5 cm
Mezipolí	VŠ-2007	-	-	-	film
Mezipolí	VŠ-2006	0,3 cm	-	-	0,2 cm

Na lokalitě Nádrž je 6 vrtů, které jsou zasaženy fází. Přehled viz tabulka výše. Znázornění kontaminačních mraků v mapě je provedeno v rámci přílohy č. 13. Na lokalitě se nachází dva kontaminační mraky. Plošně menší kontaminační mrak se nalézá v oblasti bývalé nádrže. Plocha tohoto mraku je odhadována na 115x50m což odpovídá ploše cca 5750 m². Další má rozměry 150x65m což odpovídá ploše cca 9750 m². V oblasti Mezipolí se nachází několik vrtů (VŠ2010, ISV101, VŠ2007, VŠ2006), ve kterých se v minulosti vyskytovala fáze nebo film na hladině.

Pro vymapování rozsahu oblasti s výskytem volné fáze na hladině podzemní vody je tedy třeba brát v úvahu i informace z archivní dokumentace (Stříbrný, ALFA SYSTEM, s.r.o., 2009; Komberec, Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., 2010, Janoušková, ENVIGEO, s.r.o., 2014, Švoma, AQUATEST, 2014).

Výsledky analýz C10-C40, BTEX

V podzemní vodě byly v roce 2011 v rámci doprůzkumu na vybraných lokalitách (Čistírna, Parůžky, N1 a N2, N6/1) z odebraných vzorků sledovány látky C₁₀-C₄₀, BTEX a styren. V létě 2015 proběhly analýzy CIU ze vzorků odebraných na lokalitě Čistírna.

Předpokládaným a navrhovaným cílovým limitem sanace pro tuto lokalitu bude odstranění volné fáze z hladiny podzemní vody. Předpokládané doprovodné sanační čerpání však musí řešit zároveň i látky rozpuštěné ve vodě. Výsledky analýz vzorků podzemní vody slouží jako podklad pro návrh systému čištění podzemních vod a pro stanovení limitu pro vypouštění podzemních vod do povrchového vodního toku nebo ke zpětnému zásaku do horninového prostředí.

Sanační limit pro C₁₀-C₄₀ v podzemní vodě je v závěrečné zprávě doprůzkumu navrhován na hodnotu 3 mm fáze. Sanační limit pro BTEX byl AAR (Stříbrný, 2009) navržen pro benzen 50 µg/l, toluen 100 µg/l, ethylbenzen 500 µg/l a pro xylen rovněž 500 µg/l.

Na lokalitě Čistírna byl sanační limit pro C₁₀-C₄₀ překročen ve vzorku podzemní vody z vrtu IS-15 (**11 mg/l**) ze dne 21.12. 2010. Ze stejného vrtu byl odebrán vzorek 11.2. 2011 a laboratorní analýzou byla v tomto vzorku zjištěna koncentrace C₁₀-C₄₀ pouze 0,32 mg/l. V rámci pasportizace objektů na lokalitě, která probíhala v listopadu a únoru 2011 a v létě 2015, nebyla ve vrtu IS-15 naměřena fáze RU.

Ve všech ostatních vzorcích podzemní vody nebyla zjištěna koncentrace C₁₀-C₄₀ a BTEX, která by překročila navržené sanační limity pro zájmovou oblast.

Vyhodnocení znečištění CIU na lokalitě Čistírna

Výsledky rozborů analýzy v podzemní vodě byly vyhodnoceny podle sanačního limitu pro CIU. Sanační limit pro CIU byl AAR (Stříbrný, 2009) navržen pro DCE 400 µg/l, TCE 300 µg/l a pro PCE rovněž 300 µg/l. Pro hodnocení sumy CIU je tedy sanační limit 1 000 µg/l.

Zjištěné koncentrace CIU ve vzorcích podzemní vody na lokalitě Čistírna překračují sanační limit pro DCE u sedmi vzorků podzemní vody. Sanační limit pro TCE nebyl v odebraných a analyzovaných vzorcích podzemní vody překročen. Sanační limit pro PCE nebyl v žádném vrtu překročen. Celkově

byl sanační limit pro sumu CIU překročen u třech vzorků podzemní vody, u dvou se blížil sanačnímu limitu.

Kontaminace podzemních vod na lokalitě Čistírna alifatickými chlorovanými uhlovodíky má z časového hlediska klesající tendenci. Převážná část těchto uhlovodíků je v současné době ve formě 1,2-cis-DCE, což ukazuje na probíhající atenuačních procesy. Samostatnou problematikou může být pronikání závadných látek (CIU) do hlubších horizontů oběhu podzemních vod. Zůstává otázkou, zda významné snížení koncentrací CIU oproti stavu před zahájením sanačních prací na této lokalitě je způsobeno v minulosti realizovaným sanačním zásahem, přirozenou atenuací či průnikem kontaminantu do hlubší zvodně. (AAR, Stříbrný et al. 2009).

Karotážním měřením byl ověřen směr proudění podzemní vody na jihovýchod, u hlubších puklinových pater k JZ. Avšak v AAR (Stříbrný, 2009) je směr proudění podzemních vod v tomto prostoru zjištěn k S až SZ, tedy směrem k jímacímu objektu. Existuje reálné riziko přiblížení kontaminace z tohoto ohniska k jímacímu objektu. Jedná se o jímací objekt HM-1, který je využíván jako zdroj pitné vody. Vzhledem k tomu, že objekt HM-1 je intenzivně čerpán, dochází k lokální změně přirozených hydraulických parametrů a spád hladiny podzemní vody je směrem k tomuto jímacímu objektu. Navíc byla od lokality Čistírna historicky vymapována tektonická linie vedoucí směrem k tomuto jímacímu objektu a hydrogeologické vrty umístěné v této tektonice vykazují zvýšené koncentrace CIU. (AAR, Stříbrný et al.). Provedená karotážní měření tedy proudění podzemní vody směrem k jímacím objektům nepotvrdila. Obecně jej však nelze zanedbat, v minulosti byly ve vodárenských objektech prokázány stopy chlorovaných uhlovodíků, v případě zvýšení jímání množství vody je tento směr proudění vody reálný.

Plošný rozsah kontaminačního mraku CIU je znázorněn v mapové příloze č. 14. V souladu se zjištěným směrem proudění podzemní vody je kontaminační mrak protažen jihovýchodním směrem. Na lokalitě již není zaznamenán zdrojový kontaminant. Postupem času dochází k pozvolnému rozkladu CIU. Samovolný rozklad chlorovaných uhlovodíků je příznačným jevem oblastí se smíšeným znečištěním CIU a ropných látek. Plocha kontaminačního mraku je odhadována na 100 x 40 m což odpovídá ploše kontaminačního mraku 4000 m². Z hlediska vertikálního rozsahu je třeba uvažovat s mocností kolektoru 10 m, nalézajícím se v hloubkovém intervalu 10 – 20 m.

V rámci doprůzkumu bylo provedeno vyhodnocení na základě testů 16S rRNA specifických druhů a dehalogenačních rodů bakterií (Dehalococcoides, Dehalobacter a Geobacter). V podzemních vodách z Milovic bylo prokázáno velké zastoupení kmenů *Dehalococcoides* sp., *Geobacter* sp. a malé zastoupení *Dehalobacter* sp. Dá se tedy předpokládat přítomnost mikrobiálního degradačního potenciálu na štěpení: PCE/TCE → VC → eten, a PCE → DCE (pro *Geobacter* sp.). Tyto výsledky potvrzují i stávající složení kontaminace, kde aktuálně převažující komponentou je 1,2-cis-DCE.

3.2. *Bilance*

3.2.1. *Bilance znečištění RU a odhad odstranitelného množství kontaminace*

Bilance znečištění RU a odhad odstranitelného množství kontaminace jsou podrobně popsány v závěrečné zprávě doprůzkumu (Kvapil et al.). Celkem jsou v horninovém prostředí odhadovány první jednotky tun kontaminantu (3000-5000 kg).

Odhad odstranitelného množství fáze je posouzen jednak procentem zbývajícího množství kontaminantu, kdy za úspěch by bylo možné považovat již 50 – 60 % kontaminantu zbývajícího v horninovém prostředí, což by odpovídalo cca 2100 – 2600 kg. Tento kvalifikovaný odhad bylo možné doplnit z analýzy archivních dat.

Při odhadu 250 kg odstraněného produktu za rok je tak za možné dospět k výše předpokládanému odstranitelnému množství cca za 10 let sanačního zásahu. Za 10 let sanace by tak bylo možné z horninového prostředí odčerpat 2000 – 2600 kg produktu organické fáze.

3.2.2. *Bilance znečištění CIU v podzemních vodách (saturované zóně)*

Výskyt volné fáze DNAPL není na lokalitě dokumentován, v bilanci tudíž není tento produkt bilancován. Bilance znečištění CIU v saturované zóně byla provedena na lokalitě Čistírna a je podrobně popsána v závěrečné zprávě doprůzkumu (Kvapil et al.). Celkem je odhadováno v horninovém prostředí množství kontaminantu v řádech desítek kilogramů (50 – 100 kg).

4. Cílové limity sanace

Návrh cílových parametrů sanace vychází jednak z původních návrhů provedených v rámci Aktualizované analýzy rizik (Stříbrný 2009) a jednak z limitů daných pro sousední sanované lokality s obdobnými nebo totožnými podmínkami horninového prostředí (např. sanace lokality Kozí hřbety). V limitu jsou rovněž zahrnuty skutečnosti o stavu kontaminace lokality a proveditelnosti sanace.

Tabulka 13: Cílové limity sanace (Kvapil et al., 2011)

Polutant	San. limit	Poznámka
Podzemní voda		
C10-C40	3 mm	Jedná o hodnotu měřitelné fáze větší než film – definované jako maximálně 3 mm produktu měřeného ve vrtu.
SUMA CIU	10 000 µg/l	CIU se v případě rozběhlé atenuace přeměňují jeden na druhý. Vzhledem k dlouhodobému vývoji tohoto kontaminantu na lokalitě se celková suma CIU postupně snižuje, Nedochází k významné kumulaci ani jednoho z produktů rozkladu.
Zemina		
C10-C40	4000 mg/kg	Dle původního návrhu AAR (Stříbrný et al. 2009)
Stavební konstrukce		
C10-C40	10000 mg/kg	Dle původního návrhu AAR (Stříbrný et al. 2009)

Cílové limity sanace budou dosaženy realizací nápravných opatření, které jsou popisovány v kapitolách níže (kapitola 5. Popis projektovaných prací) pro jednotlivé lokality. Před zahájením projektovaných prací budou na lokalitách provedeny přípravné sanační práce pro upřesnění vymezení ohnisek kontaminace. Bude realizována odtěžba kontaminované zeminy, demolice stávajících zbytků objektů a odstranění vymezených částí produktovodu s následnou odtěžbou podloží. Celková kubatura zemin na základě provedené bilance znečištění RU je odhadována na 47 050 m³. Z této kubatury zemin se uvažuje, že 30% objemu bude kontaminováno, což představuje 12 050 m³ (20 485 t) určených k odstranění. Objem výkopových prací týkajících se produktovodu je odhadován cca 4 125 m³. Pro dosažení cílových limitů v podzemní vodě je projektováno vybudování sanačního systému a sanace ohniska ropných látek, sanace kontaminace CIU, vybudování sítě sanačních vrtů a následný monitoring.

5. Popis projektovaných prací

5.1. *Obecný princip sanace*

K výše uvedeným cílovým limitům sanace jsou v následujících kapitolách popsány projektované práce sanačních činností pro předmětné lokality samostatně.

Na základě výsledků doprůzkumu (Kvapil et al., 2011) byl doporučen následující postup prací:

- Realizace přípravných sanačních prací předcházející sanačnímu zásahu.

- Až na výše uvedené změny v odstranění produktovodu je odkrytí a odtěžba vybraných částí produktovodu, jeho vyprázdnění a vyjmutí z horninového prostředí. Tato problematika je popsána samostatně zprávě z Doplňujícího doprůzkumu produktovodu.
- Odtěžba kontaminovaných míst nesaturované zóny, demolice dvou palivových bunkrů a stávajících zbytků objektů s následnou odtěžbou podloží.
- Doplnění sítě sanačních vrtů. Vybudování sanačního systému a ohniska ropných látek, a rekonstrukce zhlaví stávajících vrtů.
- Intenzifikovaný sběr produktu volné fáze doplněný snižováním hladiny podzemní vody a vakuování extrakčních vrtů, aplikace optimalizační metody pro zvýšení výtěžnosti fáze a dekontaminace horninového prostředí (podpora výtěžnosti pomocí CO_2 a H_2O_2).
- Sběr produktu organické fáze pasivními skimmery pro zamezení jeho dalšího roznášení do hlubších partií horninového prostředí.
- Aktivní sanace kontaminace podzemních vod CIU a RU s využitím sanačního čerpání, čištění a podporou in-situ degradace znečištění
- Podpora přirozené atenuace chlorovaných uhlovodíků a RU
- Uvedení sanovaných ploch do původního stavu včetně odstranění stávajících vrtů a urovnání povrchu.
- Monitoring.

5.2. Projektované práce na lokalitě Čistírna

Pro sanaci znečištění jsou projektovány tři základní technologické postupy:

- 1) odstraňování volné organické fáze z hladiny podzemní vody za použití aktivních a pasivních skimmerů (sběračů fáze)
- 2) promývání horninového prostředí spojené s čerpáním a čištěním podzemní vody. Odčerpaná podzemní voda bude čištěna stripováním a následnou sorpcí vystripovaných kontaminantů. Vyčištěná podzemní voda bude zpětně zasakována systémem infiltračních vrtů.
- 3) promývání horninového prostředí spojené s čerpáním a čištěním podzemní vody a podpořením biodegradace kontaminantů

Lokalita Čistírna je znázorněna v příloze 7, 12 a 13.

5.2.1. Rekapitulace vstupních podmínek

Shrnutí vstupních podmínek pro lokalitu Čistírna:

- znečištění horninového prostředí a podzemní vody CIU a leteckým petrolejem.
- vertikální rozsah znečištění:
 - letecký petrolej - část kontaminace stále zakotvena v mělké části horninového prostředí – v nepevných a relativně málo propustných vrstvách nesaturované zóny. Kontaminace se pomalu uvolňuje do podloží. Pomalu natéká do vrtu z nadhladinové části horninového prostředí. Zbývající část volné fáze vyplňuje pukliny při hladině a pod hladinou podzemní vody. Část zateklá pod hladinu podzemní vody je imobilizovaná.
 - CIU - kontaminace částečně degradovaná, převažující látkou je cis-DCE, maximální koncentrace sumy CIU v řádech jednotek až prvních desítek mg/l. V ohnisku prokázána přítomnost znečištění i v nesaturované zóně.
- nesaturovaná zóna:

- max. zjištěná koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v zemině 69 400 mg/kg suš.
- koncentrace CIU (mg/l) v zemině byla v rámci doprůzkumu pod mezí detekce. Sondáž MIP zjistila přítomnost kontaminace CIU v nesaturované zóně při bázi nezpevněného kvartéru.
- v minulosti proběhla částečná odtěžba svrchní kontaminované vrstvy (do hloubky 4-5 m pod terénem), hlubší kontaminace nesaturované zóny neodstraněna. Předpokládáno dokončení odtěžby kontaminované zeminy do hloubky 5 až 7 m.
- plocha plánované odtěžby cca 1 084 m², což odpovídá kubatuře 12 000 m³, bude upřesněno během přípravných sanačních prací.
- puklinové prostředí místy zkrasovatělé, převažující puklinatost predisponovaná na stratigrafických rozhraních mezi vrstvami.
- saturovaná zóna:
 - koeficienty filtrace v řádech 10⁻⁵ až 10⁻⁶ m/s. Proudění podzemní vody po puklinách, rychlosti přirozeného proudění podzemní vody v jednotkách metrů za rok. Tendence proudění vody shora dolů.
 - max. zjištěná koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v podzemní vodě 11 mg/l.
 - max. zjištěná koncentrace CIU v podzemní vodě 13 653,6 mg/l.
 - hladina podzemní vody se na lokalitě Čistírna během doprůzkumu pohybovala v rozmezí od 10,70 m do 12,00 m pod terénem.
 - během doprůzkumu byla v 6 vrtech naměřena fáze, mocnost fáze se pohybovala v rozmezí od 0,5 cm do 91 cm.
 - směr proudění podzemní vody je v závislosti na místě k jihovýchodu, jihu či jihozápadu.
- cílové limity jsou uvedeny v kapitole 4.

5.2.2. Přípravné sanační práce

Před zahájením sanačních opatření budou realizovány přípravné sanační práce pro upřesnění rozsahu kontaminace nesaturované zóny a podzemní vody. V rámci přípravných sanačních prací pro lokalitu Čistírna navrhujeme provedení:

- realizace 6 ks předsanačních vrtů do hloubky 15 m, na 3 ks bude uskutečněno karotážní měření (TV prohlídka nevystrojených vrtů aj.). Tímto způsobem lze získat přesnější informace o charakteru horninového prostředí. Tyto informace budou sloužit k upřesnění počtu, umístění dalších navrhovaných sanačních vrtů a upřesnění výskytu fáze. Na těchto nově realizovaných vrtech bude proveden odběr vzorků zemin a podzemní vody k laboratorním analýzám ($C_{10}-C_{40}$, BTEX a CIU). Na nově realizovaných a stávajících vrtech bude provedeno rovněž měření hladiny podzemní vody a výskyt fáze.
- realizace 7 ks průzkumných sond MIP (Membrane Interface Probe), které umožní upřesnit rozsah znečištění jak vertikálním, tak i horizontálním směrem, jak v saturované tak v nesaturované zóně. Průzkumné sondy MIP byly využity při doprůzkumu, který realizovala společnost AQUATEST, a.s., princip metody je blíže popsán v závěrečné zprávě tohoto doprůzkumu (Kvapil et al., 2011).
- pyrotechnický průzkum - sondážní, vrtné a zemní práce na lokalitě vyžadují pyrotechnický dozor. Pyrotechnické práce na lokalitě bude proveden v celém plánovaném rozsahu odtěžeb kontaminovaných zemin.
- geodetického zaměření - pro potřeby dalšího zpracování budou polohově a výškově zaměřena nová vystrojená průzkumná díla, tj. průzkumné vrty, popř. další stavební či průzkumné objekty. Všechny objekty budou zaměřeny v polohovém systému S-JTSK (Křovák) a výškovém Balt po vyrovnaní. Veškeré údaje budou zaneseny do mapových podkladů.

- pro simulaci šíření jednotlivých kontaminantů bude sestaven transportní model. Podkladem pro vytvoření transportního modelu se stane hydraulický model okolí lokality Čistírna. V modelované oblasti lze definovat zdroje a odběry vody jako jsou studny, plošná infiltrace z atmosférických srážek, evapotranspirace, čerpané studny, drenáže, vodní toky.
- příprava staveniště, odklizení nekontaminovaných sutí, vzniklých v rámci demolic prováděných mimo rámec tohoto projektu, zajištění sociálního a hygienického zázemí pro pracovníky, kteří budou sanační práce provádět, oplocení a zabezpečení staveniště (minimálně v rozsahu odtěžeb).
- vybudování drenážní vrstvy na dně výkopu pro potřeby následného případného zásaku činidel (min. mocnost 0,5 – 1,0 m), opatření geotextilií.
- záměry HPV, měření fáze a fyz.-chem. parametrů - pro upřesnění a aktualizaci informací o úrovni hladin podzemních vod, kolísání těchto hladin budou provedeny záměry hladin podzemních vod na vybraných vrtech.
- pro upřesnění situování sanačních vrtů ve zdejších podmínkách dominantního proudění vody a výskytu ropné fáze (LNAPL) v tuonském kolektoru výhradně v puklinách navrhujeme před hloubením sanačního vrtu provést detailní expresní povrchovou geofyziku s vysokou přesností (+ - 20 cm). Z metodického hlediska pro vysokou plošnou geofyzikální i hydrogeologickou prozkoumanost předmětného území a pro požadovanou přesnost vyhledání anomálie navrhujeme použít přímé metody hledání liniových nehomogenit hornin, např. detekci pomocí VDV přístrojem WADI, nebo metodami obdobnými. Další nezanedbatelnou výhodou přímých metod je jejich nízká cena. Obdobný postup se osvědčil při průzkumu AQUATESTu a.s. (až v závěrečné fázi) a při sanaci Vodních zdrojů Holešov pro situování efektivních sanačních vrtů s vysokou těžitelností LNAPL v sousedící lokalitě Všejanya-Kozí hřbety. Zde na vzdálenost jen několika metrů koexistují paralelní zvodnělé pukliny s čistou podzemní a podzemí vodou s několikacentimetrovou až metrovou vrstvou ropné fáze na její hladině. Sanační vrty do znečištěné kvartérní zvodně, nebo do znečištěné zvodně tuonské překryté zvodní kvartérní se touto metodou vytyčovat pochopitelně nemohou a nebudou. Geofyzikou vytipovaná místa budou prověřena plynometrickým měřením (mělké sondy spojené s měřením ECOPROBE) pro odlišení kontaminovaných a čistých míst.
- závěrečné terénní úpravy, dodávka ornice, osev travou.

5.2.3. Demolice stavebních konstrukcí a odtěžba kontaminovaných zemín

Na lokalitě Čistírna se předpokládá odtěžba zemín do hloubky 5-7 m pod terénem na ploše 900 m². To odpovídá s uvažovaným svahováním kubatuře 10 000 m³. Z této kubatury zemín se uvažuje, že 20% objemu bude kontaminováno, což představuje na lokalitě Čistírna 2 000 m³ (3 400 t) určených k odstranění.

V průběhu odtěžby bude probíhat domapování kontaminovaných míst určených k odtěžbě. Z odtěžovaných zemín budou odebrány vzorky zeminy pro laboratorní stanovení C₁₀-C₄₀.

Zemina bude odtěžována pod vedením oprávněné osoby. Před začátkem sanačního zásahu musí být upřesněny skutečné trasy všech inženýrských sítí (vytyčení příslušnými správci), bude získán souhlas k odstranění náletových dřevin. Sanovaný prostor výkopových prací bude vytyčen a oplocen proti vstupu nepovolaných osob. Výkopové práce budou prováděny po vrstvě tl.max. 0,50 m. Výkop bude proveden jako otevřený, svahovaný. Výkopové práce budou prováděny do staticky zajištěných výkopů, které budou pokud možno svahovány. Podzemní voda je očekávána v hloubce 7,38 až 14,63 m p. t. a lze očekávat pouze minimální hromadění vody ve výkopu vlivem průsaku dnem a případné srážkové vody. Proto bude během výkopů a před zpětným zásypem voda ze stavební jámy průběžně odčerpávána a odvedena do sanační stanice.

Celá těžba bude prováděna strojně. Odtěžba zeminy bude probíhat postupně a na základě organoleptického posouzení a průběžného vzorkování bude určeno, zda zemina bude odvezena k odstranění nebo k dočasnému uložení. Odtěžba bude probíhat až do dosažení cílových limitů sanace. Vytěžená zemina bude odvezena ke konečné likvidaci podle druhu a koncentrace kontaminace.

Nadlimitně kontaminované zeminy budou předány ke konečnému odstranění firmě oprávněné k nakládání s NO. Předpokládá se snížení nebezpečných vlastností kontaminovaných zemí biodegradací. V průběhu a po ukončení těžby na plánovanou úroveň bude prováděno vzorkování vytěžených materiálů a výkopové jámy – viz. kapitola monitoring 5.2.8. V případě, že bude těžbou zastižena zemina znečištěná pod sanační limit, bude ukládána na k tomu určenou plochu, která bude vyčleněna v prostoru lokality Čistírna. Tato zemina bude použita pro zpětný zásyp výkopu.

Odvoz a dovoz zemí (zásypového materiálu) je uvažován na max. vzdálenost 20 km. Odtěžené jámy budou zpětně zasypány nekontaminovaným výkopkem a dovezeným inertním materiálem.

Odhad množství kontaminantu v nesaturované zóně vychází z kubatury zeminy doporučené k odtěžbě a průměrné odhadované koncentraci kontaminované zeminy.

Tabulka 14: Bilance znečištění RU v zemínách na lokalitě Čistírna

Ohnisko	Plocha ohniska [m ²]	Mocnost kont. zóny [m]	Max hloubka kontaminace [m]	% zeminy jako odpad kategorie N [%]	Hustota zeminy [kg/m ³]	Průměrná koncentrace kontaminantu [g/kg]	Celkem nerozp. kont. [t]
Čistírna	1 840	2	7	30	1700	6,0	9,2

5.2.4. Vybudování sítě sanačních vrtů

V rámci přípravných sanačních prací budou realizovány:

- předsanační vrty (PS)
- průzkumné sondy MIP

Parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 15: Základní parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu	Vnitřní průměr vrtu	Vrtaný průměr	Hloubka	Technologie vrtání	Materiál výstroje
PS	6	200	160	273/220	15 m	Jádrové, rotační, nasucho	HDPE
MIP	7	-	-	-	10 m	-	-

V rámci sanačního opatření budou provedeny tyto vrtné práce:

- sanace ohniska znečištění: 10 sanačních vrtů (15 m hlubokých, SA), kombinovaných pro možnost čerpání vody, odsávání vzdušiny, zásak podpurných látek
- sanace Periferie ohniska znečištění pro odstranění kontaminace CIU: Dvě řady sanačních vrtů situovaných v řadách kolmo na proudnice (10 ks, 15 m hlubokých, označení SA)
- realizované předsanační vrty (PS, 6 ks) v rámci přípravných sanačních prací budou využity pro sanační opatření

U 3 ks nevystrojených sanačních vrtů bude před vystrojením provedeno kamerování s cílem upřesnit hloubku zateklého produktu.

Pukliny procházející vrtem a v jeho blízkosti budou štěpeny tzv. torpédací ve třech hloubkových úrovních, cílem torpédace je zajištění komunikace vrtu s puklinami obsahujícími produkt. Aktivováno bude pouze 10 vrtů v ohnisku znečištění.

Tabulka 16: Základní parametry sanačních vrtů

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu	Vnitřní průměr vrtu	Vrtaný průměr	Hloubka	Technologie vrtání	Materiál výstroje
SA	20	200	160	273/220	15 m	Jádrové, rotační, nasucho	HDPE

Drény

Drény budou vybudovány v místech odtěžby kontaminované zeminy, hloubka 4 m a délka 10 m. Na dno výkopu bude uložen podsyp o mocnosti 15 – 20 cm kačírku (štěrku), na tuto vrstvu bude uloženo ležaté potrubí s perforací o průměru 75 mm, které bude mít uprostřed jednu vertikální trubku o průměru 75 mm pro napojení na systém sanace (venting, zásak). Toto potrubí bude dále překryto vrstvou kačírku o mocnosti 30 cm. Na tuto vrstvu bude položena geotextilie a na ní neprodyšná folie. Zbytek drénu bude doplněn inertním materiálem.

Drény budou sloužit k reinfiltraci vyčištěné vody. V případě potřeby je bude možné použít k aplikaci podpůrných látek (například pro podporu biodegradace nebo reduktivní dehalogenace).

Tabulka 17: Parametry potrubních tras na lokalitě Čistírna

Označení	Počet	Průměr	Hloubka/délka
Drény	3	75 mm	4 m/10 m

5.2.1. *Odstranění produktu organické fáze z hladiny podzemní vody*

Sběr fáze bude probíhat na všech ohniscích kontaminace RU s volnou fází. Sběr fáze bude probíhat nepřetržitě v celém období formou sběru pomocí ručního čerpadla, instalací pasivních zásobníkových a sorpčních skimmerů. Podpůrné sanační čerpání bude prováděno za účelem vytvoření hydraulické deprese, která bude umožňovat sběr volné kapalně fáze RU. Sběr fáze bude probíhat obecně s využitím kombinace 4 základních metod:

- Podpůrné sanační čerpání bude provozováno jen na lokalitě Čistírna a Kozí hřbety a to v období nízkých hladin podzemní vody, každý rok je předpokládáno čerpání maximálně po dobu 3 měsíců a období červenec až listopad.
- Ruční sběr fáze bude probíhat denně (minimálně však 3x týdně) a v závislosti na intenzitě podpůrného čerpání a míře nátoků produktu organické fáze do vrtu. Aktivně bude odčerpávána fáze z vrtů s nátokem větším jak 1 l za den.
- Sběr fáze pomocí zásobníkových pasivních skimmerů. Vrty s nátokem produktu v rozmezí 2 l za týden až 1 l za den budou osazeny zásobníkovými pasivními sběrači. Tato jednoduchá zařízení se zásobníkem a hydrofobní-oleofilní membránou umožňují selektivní nátok fáze do zásobníku. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za tři dny společně s měřením HPV.
- Sběr fáze pomocí pasivních sorbčních skimmerů. Vrty s nátokem produktu menším jak 2 l za týden budou osazeny pasivními sorpčními skimmery. Tyto skimmery plavou na hladině a zachycují organické látky natékající do vrtu. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za týden společně s měřením HPV.

Odstraněná fáze bude uložena do 1 m³ IBC kontejnerů zajištěných úkapovou vanou, sorpční tampóny do uzavřených plastových nádob a po jejich naplnění bude předána oprávněné firmě ke konečnému odstranění.

Osazení vrtů pasivními sběrači zajišťuje kontinuální sběr fáze a zamezí jejímu roztékání mezi do vyšších či nižších poloh v důsledku kolísání HPV. V pravidelných týdenních intervalech bude realizována kontrola pasivních sběračů, případně, při zjištění větší akumulace fáze, bude proveden ruční sběr fáze. Sbíraná fáze z jednotlivých objektů bude shromažďována v odlučovači volné fáze, kde bude docházet k odloučení přebytečně sebrané podzemní vody. Následně bude fáze přečerpána do sběrných nádob, přebytečná kontaminovaná podzemní voda bude přečištěna na sanační stanici a následně bude zpětně zasakována do horninového prostředí. V počátečních fázích sanace je předpokládán větší podíl aktivně čištěných vrtů. Podíl vrtů osazených pasivními skimmery se bude časem zvětšovat.

5.2.2. Odstranění rozpuštěné kontaminace CIU a RU

K zajištění úplného vysanování lokality Čistírna v daném čase navrhujeme použít další podpůrné metody a to mikrobiálně podpořenou reduktivní dechloraci v kombinaci se sanačním čerpáním podzemní vody.

Sanační čerpání – dle zkušeností z jiných lokalit vyplývá, že obecně se tímto způsobem daří odčerpávat podstatnou část kontaminace, a snížit rozsah kontaminačního mraku. Po ukončení sanačního čerpání je však obvykle pozorován významný nárůst koncentrací CIU v podzemních vodách. Tato metoda může dospět k dílčím výsledkům, metodu je tedy vhodné využívat v počátcích sanačního zásahu a následně kombinovat s další metodou, popř. použít jinou metodu. Pro zvýšení čerpaných množství a tím urychlení oběhu bude zároveň čerpaná podzemní voda zpětně zasakována do oblasti mraku, čerpání z vrtů je přednostně doporučeno čerpání ze dna kolektoru, kde dochází ke shromažďování těžších kontaminantů, jako jsou chlorované uhlovodíky.

Reduktivní dechlorace - Jde o chemickou metodu, při níž je kontaminant v prostředí redukován. Redukční činidlo putuje bez významných sorpčních reakcí podzemní vodou a při styku s kontaminací způsobí její chemický rozklad. V běžném prostředí existují reduktivní bakterie, které snižují zbytkovou kontaminaci přirozenou atenuací. Po ukončení sanace zůstává prostředí reduktivní, což podporuje tento přirozený proces dočištění. Navíc v běžném prostředí existují reduktivní bakterie, které snižují zbytkovou kontaminaci přirozenou atenuací. Po ukončení sanace zůstává prostředí reduktivní, což podporuje tento přirozený proces dočištění.

V rámci sanačního čerpání bude kontaminace CIU z podzemních vod odstraňována jednak extrakcí vzduchem metodou čerpání a čištění (pump and treat) na reaktorech – horizontálních provzdušňovacích, jednak „in-situ“ metodou reduktivní dehalogenace CIU přímo v saturované zóně.

Princip reduktivní dechlorace je založen na reakci, při které je chlorované rozpouštědlo akceptorem elektronu a atom chloru je v molekule nahrazen atomem vodíku. Pokud se jedná o biologickou reakci, kdy organismy využívají substrát jako zdroj energie a uhlíku pro svůj růst, reakce se nazývá biologickou reduktivní dechlorací (jinak také halo-respirací). Během halo-respirace je vodík využíván přímo jako donor elektronu. Vodík se v horninovém prostředí vytváří fermentací mnoha druhů organických látek, vč. ropných uhlovodíků nebo přírodních organických látek, z čehož vyplývá, že v prostředí kombinované kontaminace (CIU a ropné) dochází k rychlejšímu odbourávání kontaminantů.

Použitelnost metody je vázána na podmínky redukčního prostředí. Toto je vyjádřeno maximální koncentrací přítomných oxidačních přirozených složek, jmenovitě koncentrace manganu < 5 mg/l, oxidu železitého < 10 mg/l a sulfátu < 50 mg/l. Vyšší koncentrace těchto akceptorů elektronů vyžaduje vyšší koncentrace činidel.

Přidané sloučeniny (kyselina mléčná, popř. laktáty, resp. syrovátka) jsou mikroorganismy metabolizovány za vzniku přirozeného anaerobního redukčního prostředí a uvolňování protonů. Tyto mikroorganismy následně využívají tyto protony ke katalytické redukci chlorovaných uhlovodíků. Nejvyšší přítomný chlorovaný uhlovodík PCE je nejprve dechlorizován na TCE, ten pak na DCE, vinylchlorid a proces končí u ethenu.

5.2.3. *Vybudování sanačního systému a sanace ohniska ropných látek a CIU*

Sanační stanice

Čistírna bude osazena jednou sanační stanicí a regenerační stanicí aktivního uhlí vzdušného, která bude sloužit i pro ostatní lokality.

Princip odstranění kontaminantů z podzemní vody je založen na čerpání kontaminovaných podzemních vod, jejich čištění v sanační stanici a zpětném zasakování do horninového prostředí.

Pro čištění čerpané podzemní vody v sanační stanici jsou používány postupy, standardně využívané k odstranění fáze ropných alifatických a aromatických uhlovodíků - s využitím sanačního čerpání, sbírání organické fáze z povrchu podzemní vody a technologie stripování - vytěsnění kontaminantu z čerpané vody vzduchem v provzdušňovacím zařízení a jejich následná sorpce ze vzdušiny na aktivním uhlí. S ohledem na přítomnost i méně těkavých kontaminantů na bázi ropných látek je třeba stripované vody dočistit na filtrech s vodním aktivním uhlím. Vodní filtr je koncovka za celým procesem čištění vody. Pojme 1 m³ aktivního uhlí vodního. Potrubí a napojení filtru umožňuje přepnout tento filtr na proplach. Proplach se používá v případě mechanického znečištění a tím omezení průchodnosti filtru. Aktivní uhlí se mění v případě přiblížení k limitu pro vypouštění do zásaku nebo případného recipientu.

Sanační stanice bude vybavena pro čištění vod od leteckého petroleje. Sestava stanice bude vybavena dvojicí kontejnerů a jednou stripovací kolonou. Stanice bude umístěna na panelové ploše a tato plocha bude oplocena. Bude doplněna o kontejner, který bude obsahovat regenerační stanicí aktivního uhlí vzduchového a stavební buňku ve které bude mít obsluha provozu kancelář a zázemí. Plocha, na které bude umístěna, bude větší, tedy 17 x 12 m.

Jeden kontejner bude vybaven gravitačním odlučovačem a přečerpávací nádrží s čerpadlem, které vodu čerpá na stripovací kolonu. Z vany pod kolonou čerpadlo odčerpává vodu přes tlakový vodní filtr o objemu 1m³ a dále tlačí vodu přes filtr s vodním aktivním uhlím do zasakovacích objektů.

Ve druhém kontejneru jsou umístěny dva filtry s aktivním uhlím o objemu 1 m³. Jeden filtr bude sloužit pro zachycení těkavých látek z pěnové kolony a bude před něj umístěn vymrazovač, který je schopen vysušit vzduch na požadovanou vlhkost pro ideální sorpci tekavých látek na aktivní uhlí.

Druhý filtr bude sloužit k zachycení těkavých látek ze systému vakuování a to jak z vybudovaných drénu, tak z vrtů. Podtlak pro venting bude zajišťovat jednostupňové dmychadlo-vývěva o maximálním podtlaku -200 hPa.

Dále bude v tomto kontejneru systém dávkování podpurných látek pro podporu in-situ degradace znečištění.

Oba kontejnery budou tepelně izolovány a temperovány pro nepřetržitý provoz i v zimním období. V každém z nich bude umístěn rozvaděč pro ovládání jednotlivých zařízení a poloautomatický provoz stanice.

Přívod elektrické energie

Přívodní kabel pro lokalitu Čistírna s regenerační stanicí, kde přívod elektrické energie bude v délce 200 m a je navržen pro maximální příkon sanační stanice a čerpadel ve vrtech 80 kW. Připojení bude provedeno zemním kabelem AYKY 3 x 150 + 70. Napojení bude provedeno z trafostanice východně od lokality. Na hranici sanačního centra bude instalován elektroměrný rozvaděč s patřičným jištěním.

Zemní kabel bude uložen v rýze, v kabelovém loži a nad ním bude vedena výstražná folie.

5.2.4. Čerpání vod

Vzhledem k výskytu volné fáze v horninovém prostředí v puklinách, při a z velké části pod hladinou podzemní vody bude prováděno podpurné čerpání vody. Cílem systému čerpání podzemní vody bude na vrtech vytvořit dostatečnou depresi hladiny podzemní vody tak aby bylo podpořeno natékání produktu organické fáze k sanačním vrtům. Minimální výška depresního kužele bude udržována tak, aby byl zajištěn maximální přítok fáze do vrtu. Depresní kužel lze předpokládat v rozsahu 1-3 m v závislosti na lokálních podmínkách a aktuální hydrologické situaci. Předpokládaná celková vydatnost čerpaných kontaminovaných vod (CIU a RU) na lokalitě Čistírna je 1 l/s. Limit pro vypouštění bude projednán s vodoprávním úřadem před zahájením aktivního sanačního zásahu.

Na této lokalitě, která má jednu sanační stanici bude čerpáno vždy ze tří vrtů, které budou mít největší kontaminaci. Čerpadlo bude umístěno půl metru nad dnem vrtu. Pokud se bude na hladině vody ve vrtu tvořit vrstva fáze, bude odčerpávána obsluhou mobilním čerpadlem do barelu k tomu určenému. Poté se odčerpaná fáze shromáždí do nádrže, která bude umístěna v sanační soupravě nad záchytnou vanou. Čerpání bude probíhat periodicky dle potřeby 36 měsíců. Pasivní sběr fáze bude probíhat po dobu zbývajících 84 měsíců.

Kontaminované vody od depresních čerpadel budou čerpány na sanační soupravu přímo do gravitačního odlučovače. Vyčištěná voda z této lokality bude zpětně zasakována do horninového prostředí prostřednictvím vybudovaných a již vyčištěných infiltračních vrtů a drénů. V případě potřeby bude vyčištěná voda obohacována podpurnými látkami pro intenzifikaci odstraňování či přímo in-situ degradaci kontaminace.

5.2.5. Podpora výtěžnosti fáze (vakuování vrtů, podpora CO_2 a H_2O_2)

Stejně jako sanační čerpání bude provozován systém vakuování vrtů pro podporu natékání volné fáze do vrtů. Předpokládáno je souběžné vakuování cca 10 sanačních objektů s výskytem produktu organické fáze. Předpokládáno je dosažení podtlaku 200 mm H_2O na každý vrt. V následném období je předpokládána realizace podpory biodegradace ropných látek provzdušňováním horninového prostředí periodickou injektáží vzdušnin o celkové vydatnosti 150 m^3/hod .

V době nízkých hladin podzemní vody bude prováděna souběžná podpora výtěžnosti fáze z horninového prostředí s využitím plynů O_2 a CO_2 . Plyná fáze injektovaná do kolektoru zajistí výnos imobilizovaného produktu volné fáze z oblasti pod hladinou vody k hladině a v ideálním případě k extrakčním vrtům. Pro zajištění dostatečného dosahu od aplikačních vrtů není předpokládáno využití klasického postupu air-spargingu spočívajícím v tlakové injektáži vzduchu do speciálně vystrojených vrtů s perforací při bázi kolektoru. Air sparging vyžaduje jednak speciálně pro tento účel vytvořenou konstrukci vrtů, zároveň pro malý poloměr dosahu je vyžadována hustá síť vrtů. Dalším rizikem je nezachycení kontaminovaných puklin krátkým perforovaným úsekem.

Plyny je třeba aplikovat do horninového prostředí v rozpuštěné formě tak, aby bylo zajištěno dostatečného dosahu od aplikačních vrtů. Pro tento účel je vhodné a z ekonomického hlediska výhodné využití dvou podpurných látek: voda sycená CO_2 a H_2O_2 .

Zařízení technologie zajišťuje nepřetržitý přísun nasycené vody oxidem uhličitým nebo příslušnou koncentraci peroxidu vodíku a kontroluje stav tlaku a míry průtoku. Přesycená voda oxidem uhličitým nebo s obsahem peroxidu je aplikována do kontaminovaného kolektoru, do a pod oblast s výskytem LNAPL. V tlakových poměrech kolektoru je rozpuštěné CO_2 znovu uvolňována ve formě plyné fáze, peroxid se rozpadá na H_2O a O_2 . Organická fáze je vzniklými bublinkami CO_2 nebo O_2 stripována a zároveň vynášena k hladině, odkud může být jednodušeji separována. Zároveň je využíváno druhotných efektů peroxidu (oxidace a podpora biodegradace). V místech prádely je zároveň podporována reduktivní dehalogenace CIU. I z tohoto důvodu je počítáno jen s jednou aplikací peroxidu, který podporuje oxidační a tlumí redukční procesy degradace.

Aplikace bude prováděna každoročně v době nízkých stavů hladiny podzemní vody (srpen až říjen), po dobu cca 3 měsíců. Budou se každoročně provádět tři jednorázové aplikace v cca měsíčních intervalech. Aplikace bude prováděna do vrtů vykazujících přítomnost fáze na hladině podzemní vody

(předpoklad 10 ks). Po aplikaci budou tyto vrty vakuovány. Při každé aplikaci bude injektováno buď 50 kg CO₂ na vrt nebo 1 t 35% H₂O₂ na vrt. V případě CO₂ je předpokládáno vytvoření přesyceného roztoku (5 – 10 g/l), v případě peroxidu pak aplikace 5 - 10% roztoku (bez aktivace a úpravy pH).

Tabulka 18: Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě Čistírna (bude opakováno každoročně)

	Počet vrtů	Látka	Koncentrace	Množství na vrt/rok	Cekem za celou dobu sanace	Vakuování
Aplikace 1	10	CO ₂	5 – 10 g/l	500 kg (100%)	4 000 kg (100%)	ANO
Aplikace 2	10	CO ₂	5 – 10 g/l	500 kg (100%)	4 000 kg (100%)	ANO
Aplikace 3	10	H ₂ O ₂	5 – 10%	10 t (35%)	80 t (35%)	ANO

5.2.6. Podpora in-situ reduktivní dehalogenace

Pro snížení koncentrací CIU bude na lokalitě použita metoda biologicky podpořené reduktivní dehalogenace. Podpora spočívá v optimalizaci podmínek pro biodegradaci. Tato metoda je založena na principu reduktivní dehalogenace (dechlorace), při které dochází k postupné ztrátě atomů chlóru a polutant sám je terminální akceptorem elektronu. V případě přirozeného nedostatku fermentovatelného substrátu lze proces dehalogenace podpořit a urychlit dodáním chemické látky, která chybějící vodík postupně uvolňuje.

Základním principem reduktivní dehalogenace je aplikace organického substrátu do kontaminované zvodně a vytvořit tak reaktivní zónu – bioreaktor in situ, kdy organický substrát slouží jako zdroj uhlíku pro přítomnou mikroflóru. Rozkladem aplikovaného substrátu dojde k vyčerpání kyslíku z prostředí, rozvoji anaerobního mikrobiálního konsorcia a tím k vytvoření optimálních anaerobních podmínek pro průběh reduktivní dechlorace. Dehalorespirující mikroorganismy využívají jako zdroj energie vodík a některé jednoduché organické látky, vznikající při fermentaci aplikovaného substrátu.

Injektovaná podpůrná látka může v horninovém prostředí využívat stejných migračních cest, jaké využívaly kontaminující látky. Na rozdíl od kontaminující látky má injektovaný reaktivní materiál většinou pouze omezenou dobu působnosti vzhledem ke své účinné reaktivní kapacitě a vzhledem k očekávaným termínům sanace. Z tohoto pohledu je kvalitní poznání stavby horninového prostředí a distribuce kontaminace nezbytnou podmínkou úspěšnosti sanačního zásahu.

Jako podpůrná látka bude použita laktát sodný.

K podpoře **přirozené dehalogenace** bude v oblasti čistírny použito vhodného substrátu (**laktátu sodného**). Roztok substrátu o koncentraci 1 - 2 % bude gravitačně infiltrován do vybraných vrtů s nadlimitní koncentrací CIU. Aplikace substrátu bude probíhat 3x ročně ve 2. 3. a 4. čtvrtletí roku. Požadovaný roztok bude připravován pomocí dávkovací jednotky na požadovanou koncentraci a gravitačně (výjimečně pomocí čerpadla) infiltrován do aplikačních vrtů. Celkem bude použito pro každou aplikaci množství biodegradovatelného substrátu 150 kg na každý aplikační vrt vyjádřeného v jako CHSK_{Cr}. Provozní údaje jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 19: Parametry aplikací činidel pro podporu reduktivní dehalogenace na lokalitě Čistírna

	Počet vrtů	látka	koncentrace	Množství na vrt
Aplikace 1	15	Biodegradovatelný substrát (laktát sodný)	10-20 g/l	150 kg
Aplikace 2	15	Biodegradovatelný substrát (laktát sodný)	10-20 g/l	150 kg
Aplikace 3	15	Biodegradovatelný substrát (laktát sodný)	10-20 g/l	150 kg

Aplikace činidel na lokalitě čistírny budou prováděny po dobu 3 let . Celkem bude aplikováno biodegradovatelného substrátu 21 t .

5.2.7. Monitoring sanační

Sanační (provozní) monitoring je založen na odběru vzorků zemin, podzemní vody a vzdušnin v průběhu sanačního zásahu za účelem korekce jeho postupu. Vzorkovací práce budou prováděny v souladu s Metodickým pokynem MŽP z prosince 2006 „Vzorkovací práce v sanační technologii“, na který tímto odkazujeme. Podrobně bude metodika vzorkovacích prací uvedena v detailním prováděcím projektu firmy, která bude sanační práce realizovat na základě výběrového řízení.

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin

Zemina bude odtěžována pod vedením oprávněné osoby. Během odtěžby kontaminovaných zemin budou průběžně odebírány vybrané směsné vzorky zeminy. Reprezentativní směsné vzorky zeminy budou podrobeny laboratorním stanovení C₁₀-C₄₀, BTEX v sušině a testům vyluhovatelnosti dle Vyhlášky 294/2005 Sb. Prováděna budou doplňující orientační měření detekčními trubičkami RU nebo přenosným analyzátozem TOL. Na základě výsledků laboratorních analýz bude určeno nakládání s vytěženou zeminou.

Konečné vzorkování zemin bude provedeno za asistence supervizí organizace pro zajištění shodných odběrových podmínek pro kontrolní chemické analýzy provedené supervizí organizací. Splnění cílových parametrů sanace bude prokázáno analýzami směsných vzorků odebraných z obvodových stěn a ze dna výkopu po ukončení těžby. Na vzorcích bude provedeno analytické stanovení C₁₀-C₄₀ v sušině prokazující splnění sanačního limitu. V případě překročení sanačního limitu bude odtěžba v těchto místech pokračovat stejným způsobem. Sanace bude ukončena v případě, že všechny vzorky splní sanační limit. Následně bude sanační výkop okamžitě zavezen vhodným inertním materiálem s průběžným hutněním. Hutnění vytěžených prostorů bude prováděno po vrstvách max. tl. 50 cm a hutnění bude provedeno na 96% PCS.

Sanační monitoring podzemní vody

V průběhu sanačních prací bude sledována účinnost sanace a kvalita vypouštěných vod, zároveň bude prováděn monitoring podzemních a povrchových vod v okolí.

Na lokalitě Boží Dar (Čistírna, Parůžky, N1-N2 a okolí produktovodu) bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za tři měsíce měřeny na vybraných 60 vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze.

Na lokalitě Čistírna bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za tři měsíce měřeny na vybraných 12 vrtech (včetně 3 hlubokých hydrogeologických vrtů) hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze (lehké LNAPL, těžké DNAPL).

Tabulka 20: Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze

Objekt	Počet	Frekvence	Celkem
režimní monitoring	12	1 x za 3 měsíce	480

Po dobu sanace budou na vybraných 4 sanačních vrtech a 3 vodárenských objektech (HBD-1, ST4, ST5) odebrány vzorky podzemní vody v intervalu jednou za měsíc a na dalších vybraných 8 vrtech odebrány vzorky podzemní vody v intervalu dvakrát za rok, všechny budou sledovány parametry suma CIU. Dále budou jednou za 3 měsíce odebrány z 5 vrtů vzorky vody pro stanovení vybraných parametrů pro vyhodnocení degradace CIU (těkavé organické látky, anionty, fyzikálně-chemické parametry, analýza přítomnosti aktivní mikroflóry).

Během provozu budou ze sanační stanice (SC) na výstupu odebrány vzorky vody v měsíčním intervalu. Na vzorcích vody budou sledovány parametry C₁₀-C₄₀, BTEX a ÚCHR. Po dobu sanace budou odebrány jednou za měsíc vzdušniny ze sanační stanice, na kterých bude proveden rozbor RU a BTEX. Vzdušniny i vody na výstupu budou odebrány jen v době aktivního provozu dekontaminační stanice (předpoklad celkem 36 měsíců).

Tabulka 21: Realizace sanačního monitoringu odběrů podzemní vody

Objekt	Počet	Frekvence	Celkem
Voda na SC (výstup)	1	1 měsíčně po dobu aktivního provozu	36
Vzdušnina z SC	1	1 měsíčně po dobu aktivního provozu	36
Sanační vrty	7 + 8	1 x za měsíc + 2x za rok	1000
Vybrané parametry	5	1 x za 3 měsíce	200

Množství čerpané vody bude sledováno vodoměrem umístěným na výstupu ze sanační stanice. O čerpaném množství budou vedeny záznamy v provozním deníku.

5.3. Projektované práce na lokalitě Parůžky

Obecný princip sanace této dílčí lokality je v rámci sanace RL a zemin totožný s dílčí lokalitou Čistírna. Oproti lokalitě Čistírna se ovšem nevyskytuje znečištění CIU. Na lokalitě Parůžky nebude prováděno sanační čerpání, dále bude provedena demolice jednoho palivového bunkru.

Lokalita Parůžky je znázorněna v příloze 5, 12 a 13.

5.3.1. Rekapitulace vstupních podmínek

V mnoha parametrech se vstupní podmínky shodují s podmínkami popsány pro lokalitu Čistírna. Shrnutí vstupních podmínek pro lokalitu Parůžky

- znečištění horninového prostředí a podzemní vody leteckým petrolejem.
- vertikální rozsah znečištění:

- letecký petrolej - část kontaminace stále zakotvena v mělké části horninového prostředí – v nepevných a relativně málo propustných vrstvách nesaturované zóny. Kontaminace se pomalu uvolňuje do podloží. Pomalu natéká do vrtu z nadhladinové části horninového prostředí. Zbývající část volné fáze vyplňuje pukliny při hladině a pod hladinou podzemní vody. Část zateklá pod hladinu podzemní vody je imobilizovaná.

- nesaturovaná zóna:

- max. zjištěná koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v zemině 5 800 mg/kg suš.
- odtěžba zeminy do hloubky 2 m.
- plocha odtěžení cca 3 356 m², což odpovídá kubatuře 7 500 m³, bude upřesněno během přípravných sanačních prací.
- puklinové prostředí místy zkrasovatělé, převažující puklinatost predisponovaná na stratigrafických rozhraních mezi vrstvami.

- saturovaná zóna:

- koeficienty filtrace v řádech 10⁻⁵ až 10⁻⁶ m/s. Proudění podzemní vody po puklinách, rychlosti přirozeného proudění podzemní vody v jednotkách metrů za rok. Tendence proudění vody shora dolů.
 - max. zjištěná koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v podzemní vodě 0,69 mg/l.
 - hladina podzemní vody se na lokalitě Parůžky během doprůzkumu pohybovala v rozmezí od 7,46 m do 11,11 m pod terénem.
 - během doprůzkumu byl ve 3 vrtech zaznamenán výskyt filmu na hladině.
 - směr proudění podzemní vody na této lokalitě je k jihozápadu.
- cílové limity jsou uvedeny v kapitole 4.

5.3.2. Přípravné sanační práce

Před zahájením sanačních prací budou realizovány přípravné sanační práce pro upřesnění rozsahu kontaminace nesaturované zóny a podzemní vody. V rámci přípravných sanačních prací pro lokalitu Parůžky navrhujeme provedení:

- realizace 5 ks předsanačních vrtů do hloubky 15 m, na kterých bude uskutečněno karotážní měření (TV prohlídka nevystrojených vrtů aj.). Tímto způsobem lze získat přesnější informace o charakteru horninového prostředí. Tyto informace by sloužily k upřesnění počtu, umístění dalších navrhovaných sanačních vrtů a upřesnění výskytu fáze. Na těchto nově realizovaných vrtech bude proveden odběr vzorků zemin a podzemní vody k laboratorním analýzám ($C_{10}-C_{40}$ a BTEX). Na nově realizovaných a stávajících vrtech bude provedeno rovněž měření hladiny podzemní vody a výskyt fáze.
 - realizace 5 ks průzkumných sond MIP (Membrane Interface Probe), které umožní vymapovat znečištění jak vertikálním, tak i horizontálním směrem, jak v saturované tak v nesaturované zóně. Průzkumné sondy MIP byly využity při doprůzkumu, který realizovala společnost AQUATEST, a.s., princip metody je blíže popsán v závěrečné zprávě tohoto doprůzkumu (Kvapil et. al., 2011).
 - pyrotechnický průzkum - sondážní, vrtné a zemní práce na lokalitě vyžadují pyrotechnický dozor. Pyrotechnické práce na lokalitě bude proveden v místě budoucích vrtných a bagrovaných sond.
 - geodetického zaměření - pro potřeby dalšího zpracování budou polohově a výškově zaměřena nová vystrojená průzkumná díla, tj. průzkumné vrty, popř. další stavební či průzkumné objekty. Všechny objekty budou zaměřeny v polohovém systému S-JTSK (Křovák) a výškovém Balt po vyrovnání. Veškeré údaje budou zaneseny do mapových podkladů.
- příprava staveniště, zajištění sociálního a hygienického zázemí pro pracovníky, kteří budou sanační práce provádět, oplocení a zabezpečení staveniště (minimálně v rozsahu odtězeb)
- záměry HPV, měření fáze a fyz. - chem. parametrů - pro upřesnění a aktualizaci informací o úrovni hladin podzemních vod, kolísání těchto hladin budou provedeny záměry hladin podzemních vod na vybraných vrtech.

- pro upřesnění situování sanačních vrtů ve zdejších podmínkách dominantního proudění vody a výskytu ropné fáze (LNAPL) v turonském kolektoru výhradně v puklinách navrhujeme před hloubením sanačního vrtu provést detailní expresní povrchovou geofyziku s vysokou přesností (+ - 20 cm). Význam těchto měření je popsán v kapitole týkající se lokality čistírna. Sanační vrtů do znečištěné kvartérní zvodně, nebo do znečištěné zvodně turonské překryté zvodní kvartérní se touto metodou vytyčovat nebudou. Geofyzikou vytipovaná místa budou prověřena plynometrickým měřením (mělké sondy spojené s měřením ECOPROBE) pro odlišení kontaminovaných a čistých míst.

5.3.3. Demolice palivového bunkru východ

Za účelem odstranění jednoho z hlavních původních zdrojů kontaminace horninového prostředí bude provedena demolice palivového bunkru východ včetně odstranění zbytků technologie stáčení PHM. Lokalizace palivového bunkru a jeho půdorys tvoří přílohu č. 12 tohoto projektu.

Nejprve bude provedena dekontaminace zbytků technologie uvnitř bunkru, zejména 5 ks podzemních nádrží o objemu á 50 m³. Pomocí tlakové vody s přidavkem detergentu budou dekontaminovány vnitřní plochy nádrží. Oplachové roztoky budou odčerpány a odvezeny k odstranění jako nebezpečný odpad. Předpokládáme vznik cca 5 m³ oplachových roztoků.

Pomocí strojních hydraulických nůžek a bouracího kladiva bud provedena demolice nadzemní železobetonové konstrukce (1 200 m³). Pro potřeby tohoto projektu předpokládáme, že stavební suť, vzniklá demolicí nadzemní části bude vykazovat znečištění ropnými látkami pod úroveň cílového limitu. Tato skutečnost bude ověřena odběrem a analýzou 10 směsných vzorků, u kterých bude stanoven parametr NEL. Podlimitně kontaminované suti (1 200 m³) budou nadrceny a následně použity ke zpětnému zásypu sanačních výkopů.

Následně budou provedeny demolice podlah uvnitř bunkru. U těchto stavebních konstrukcí předpokládáme jejich kontaminaci nad úroveň sanačního cílového limitu (150 m³, tj 300 t). Tato skutečnost bude ověřena odběrem a analýzou 5 směsných vzorků, u kterých bude stanoven parametr NEL.

Poté bude provedeno vyzdvižení a likvidace podzemních nádrží PHM a dalších zbytků technologie.

Vytěžený materiál bude odvezen ke konečné likvidaci podle druhu a koncentrace kontaminace. Nadlimitně kontaminované zeminy a ostatní materiál budou předány ke konečnému odstranění firmě oprávněné k nakládání s NO. Při demolici bunkru mohou být odhaleny dutiny stavebních konstrukcí vyplněné produktem organické fáze, v tomto případě je třeba počítat s odčerpáním kapalin z těchto prostor.

5.3.4. Demolice stavebních konstrukcí a odtěžba kontaminovaných zemín

Na lokalitě Parůžky se předpokládá odtěžba zemín do hloubky 2 m (v prostoru odstraněného bunkru až 5 m) pod terénem na ploše 3 356 m². To odpovídá kubatuře 7 500 m³. Z této kubatury zemín se uvažuje, že max. 20% objemu bude kontaminováno, což představuje na lokalitě Parůžky 1 400 m³ (2 380 t) určených k odstranění. Na lokalitě Parůžky je navržena odtěžba produktovodu, podrobnosti uvedeny v kapitole 5.7 Likvidace produktovodu.

Během odtěžby bude provedeno domapování kontaminovaných míst určených k odtěžbě. Z odtěžby budou odebrány vybrané vzorky zeminy pro laboratorní stanovení C₁₀-C₄₀.

Zemina bude odtěžována pod vedením oprávněné osoby. Před začátkem sanačního zásahu musí být upřesněny skutečné trasy všech inženýrských sítí (vytyčení příslušnými správci), bude získán souhlas k odstranění náletových dřevin. Sanovaný prostor výkopových prací bude vytyčen a oplocen proti vstupu nepovolaných osob. Výkopové práce budou prováděny po vrstvě tl.max. 0,50 m. Výkop bude proveden jako otevřený, svahovaný. Podzemní voda je očekávána v hloubce 4,15 až 8,65 m p.t. a lze očekávat pouze minimální hromadění vody ve výkopu vlivem případné srážkové vody, která bude

během výkopů a před zpětným zásypem ze stavební jámy průběžně odčerpávána a odvedena do sanační stanice.

V průběhu odtěžby kontaminovaných zemin v podloží odstraněného palivového bunkru bude rovněž provedena demolice podzemních stavebních konstrukcí (stěn a příček, oddělovací jednotlivé nádrže, příp. základové desky). U těchto stavebních konstrukcí předpokládáme jejich kontaminaci nad úroveň sanačního cílového limitu (180 m³, 360 t). Tato skutečnost bude ověřena odběrem a analýzou 5-ti směsných vzorků, u kterých bude stanoven parametr NEL.

Celá těžba bude prováděna strojně. Odtěžba zeminy bude probíhat postupně a na základě organoleptického posouzení a průběžného vzorkování bude určeno, zda zemina bude odvezena k odstranění nebo k dočasnému uložení. Odtěžba bude probíhat až do dosažení cílových limitů sanace. Vytěžená zemina bude odvezena ke konečné likvidaci podle druhu a koncentrace kontaminace. Nadlimitně kontaminované zeminy budou předány ke konečnému odstranění firmě oprávněné k nakládání s NO. Předpokládá se snížení nebezpečných vlastností kontaminovaných zemin biodegradací. V průběhu a po ukončení těžby na plánovanou úroveň bude prováděno vzorkování vytěžených materiálů a výkopové jámy – viz. kapitola Monitoring 5.3.7. V případě, že bude těžbou zastižena zemina znečištěná pod sanační limit, bude ukládána na k tomu určenou plochu, která bude vyčleněna v prostoru lokality Parůžky. Tato zemina bude použita pro zpětný zásyp výkopu.

Odvoz a dovoz zemin (zásypového materiálu) je uvažován na max. vzdálenost 20 km. Odtěžené jámy budou zpětně zasypány nekontaminovaným výkopkem a dovezeným inertním materiálem.

Odhad množství kontaminantu v nesaturované zóně vychází z kubatury zeminy doporučené k odtěžbě a průměrné odhadované koncentraci kontaminované zeminy.

Tabulka 22: Bilance znečištění RU v zemínách na lokalitě Parůžky

Ohnisko	Plocha ohniska [m ²]	Mocnost kont. zóny [m]	Max hloubka kontaminace [m]	% zeminy jako odpad kategorie N [%]	Hustota zeminy [kg/m ³]	Průměrná koncentrace kontaminantu [g/kg]	Celkem nerozp. kont. [t]
Parůžky	3356	2 (5)	4 (5)	20	1700	4,0	9,7

5.3.5. Vybudování sítě sanačních vrtů

V rámci přípravných sanačních prací budou realizovány:

- předsanační vrty (PS)
- průzkumné sondy MIP

Parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 23: Základní parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu	Vnitřní průměr vrtu	Vrtaný průměr	Hloubka	Technologie vrtání	Materiál výstroje
PS	5	200	160	273/220	15 m	Jádrové, rotační, nasucho	HDPE
MIP	5	-	-	-	10 m		-

V rámci sanačního opatření budou provedeny tyto vrtné práce:

V rámci sanace ohniska znečištění bude na lokalitě Parůžky realizováno 8 sanačních vrtů (15 m hlubokých), kombinovaných pro možnost čerpání vody, odsávání vzdušiny a zásak podpurných látek.

Realizované předsanační vrty (PS, 5 ks) v rámci přípravných sanačních prací budou využity pro sanační opatření.

U 2 ks nevystrojených sanačních vrtů bude před vystrojením provedeno kamerování s cílem upřesnit hloubku zateklého produktu.

Pukliny procházející vrtem a v jeho blízkosti budou štěpeny tzv. torpedací ve třech hloubkových úrovních, cílem torpédace je zajištění komunikace vrtu s puklinami obsahujícími produkt. Aktivováno bude pouze 10 vrtů v ohnisku znečištění.

Tabulka 24: Základní parametry sanačních vrtů

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu	Vnitřní průměr vrtu	Vrtaný průměr	Hloubka	Technologie vrtání	Materiál výstroje
SA	8	200	160	273/220	15 m	Jádrové, rotační, nasucho	HDPE

5.3.1. Odstranění produktu organické fáze z hladiny podzemní vody

Sběr fáze bude probíhat na stejném principu jako na lokalitě Čistírna, s tím rozdílem, že není projektováno sanační čerpání. Sběr fáze bude probíhat obecně s využitím kombinace 3 základních metod:

- Ruční sběr fáze bude probíhat denně (minimálně však 3x týdně) v závislosti na míře nátoku produktu organické fáze do vrtu.
- Sběr fáze pomocí zásobníkových pasivních skimmerů. Vrty s nátokem produktu v rozmezí 2l za týden až 1 l za den budou osazeny zásobníkovými pasivními sběrači. Tato jednoduchá zařízení se zásobníkem a hydrofobní-oleofilní membránou umožňují selektivní nátok fáze do zásobníku. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za tři dny společně s měřením HPV.
- Sběr fáze pomocí pasivních sorbčních skimmerů. Vrty s nátokem produktu menším jak 2 l za týden budou osazeny pasivními sorpčními skimmery. Tyto skimmery plavou na hladině a zachycují organické látky natékající do vrtu. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za týden společně s měřením HPV.

Osazení vrtů pasivními skimmery, jejich kontrola, ruční sběr fáze a nakládání s odstraněnou fází bude probíhat na stejném principu jako na lokalitě Čistírna.

Ve vrtech s občasným výskytem fáze nebo trvalým výskytem filmu s předpokladem výskytu fáze bude prováděna podpora výtežnosti popsáná v následující kapitole.

5.3.2. Podpora výtěžnosti fáze (podpora CO_2 a H_2O_2)

V době nízkých hladin podzemní vody bude prováděna souběžná podpora výtěžnosti fáze z horninového prostředí s využitím plynů O_2 a CO_2 . Principy metod a jejich rozsah jsou analogické k lokalitě Čistírna. Aplikace činidel bude prováděna do vrtů vykazujících přítomnost fáze na hladině podzemní vody (předpoklad 8 ks).

Tabulka 25: Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě Parůžky (bude opakováno každoročně)

	Počet vrtů	Látka	Koncentrace	Množství na vrt/rok	Cekem za celou dobu sanace	Vakuování
Aplikace 1	8	CO ₂	5 – 10 g/l	400 kg (100%)	1 600 kg (100%)	NE
Aplikace 2	8	CO ₂	5 – 10 g/l	400 kg (100%)	1600 kg (100%)	NE
Aplikace 3	8	H ₂ O ₂	5 – 10%	8 t (35%)	32 t (35%)	NE

5.3.3. Monitoring sanační

Sanační (provozní) monitoring je založen na odběru vzorků zemin, podzemní vody a vzdušnin v průběhu sanačního zásahu za účelem korekce jeho postupu. Vzorkovací práce budou prováděny v souladu s Metodickým pokynem MŽP z prosince 2006 „Vzorkovací práce v sanační technologii“, na který tímto odkazujeme. Podrobně bude metodika vzorkovacích prací uvedena v detailním prováděcím projektu firmy, která bude sanační práce realizovat na základě výběrového řízení.

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin bude probíhat dle stejných principů, jak bylo popsáno v kapitole pro lokalitu Čistírna.

Sanační monitoring podzemní vody

Na lokalitě Boží Dar (Čistírna, Parůžky, N1-N2, Bunkry a okolí produktovodu) bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za tři měsíce měřeny na vybraných 60 vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze.

Na lokalitě Parůžky bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za dva měsíce měřeny na vybraných 12 vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze (lehké LNAPL, těžké DNAPL).

Tabulka 26: Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze

Objekt	Počet	Frekvence	Celkem
režimní monitoring	12	1 x za 3 měsíce	480

5.4. Projektované práce na lokalitě N1-N2

Obecný princip sanace této dílčí lokality je totožný s dílčí lokalitou Parůžky.

Lokalita N1 je znázorněna v příloze 6, 12 a 13.

5.4.1. Rekapitulace vstupních podmínek

V mnoha parametrech se vstupní podmínky shodují s podmínkami popsány pro lokalitu Čistírna a Parůžky. Shrnutí vstupních podmínek pro lokalitu N1-N2:

- znečištění horninového prostředí a podzemní vody leteckým petrolejem.
- vertikální rozsah znečištění:

- letecký petrolej - část kontaminace stále zakotvena v mělké části horninového prostředí – v nezaplněných a relativně málo propustných vrstvách nesaturované zóny. Kontaminace se pomalu uvolňuje do podloží. Pomalu natéká do vrtu z nadhladinové části horninového prostředí. Zbývající část volné fáze vyplňuje pukliny při hladině a pod hladinou podzemní vody. Část zateklá pod hladinu podzemní vody je imobilizovaná.

- nesaturovaná zóna:

- max. zjištěná koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v zemině 1 880 mg/kg suš.

- odtěžba zeminy do hloubky 2 - 4 m.

- plocha odtěžení cca 2 901 m², což odpovídá kubatuře 9 000 m³, bude upřesněno během přípravných sanačních prací.

- puklinové prostředí místy zkrasovatělé, převažující puklinatost predisponovaná na stratigrafických rozhraních mezi vrstvami.

- saturovaná zóna:

- koeficienty filtrace v řádech 10^{-5} až 10^{-6} m/s. Proudění podzemní vody po puklinách, rychlosti přirozeného proudění podzemní vody v jednotkách metrů za rok. Tendence proudění vody shora dolů.

- max. zjištěná koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v podzemní vodě 2,88 mg/l.

- hladina podzemní vody se na lokalitě N1-N2 během doprůzkumu pohybovala v rozmezí od 5,62 m do 7,50 m pod terénem.

- během doprůzkumu byl ve 2 vrtech zaznamenán výskyt filmu na hladině.

- směr proudění podzemní vody je k jihovýchodu.

- cílové limity jsou uvedeny v kapitole 4.

5.4.2. Přípravné sanační práce

Před zahájením sanačního zásahu budou realizovány přípravné sanační práce pro upřesnění rozsahu kontaminace nesaturované zóny a podzemní vody. V rámci přípravných sanačních prací pro lokalitu N1-N2 navrhujeme provedení:

- realizace 6 ks předsanačních vrtů do hloubky 15 m, na kterých bude uskutečněno karotážní měření (TV prohlídka nevystrojených vrtů aj.). Tímto způsobem lze získat přesnější informace o charakteru horninového prostředí. Tyto informace by sloužily k upřesnění počtu, umístění dalších navrhovaných sanačních vrtů a upřesnění výskytu fáze. Na těchto nově realizovaných vrtech bude proveden odběr vzorků zemin a podzemní vody k laboratorním analýzám ($C_{10}-C_{40}$ a BTEX). Na nově realizovaných a stávajících vrtech bude provedeno rovněž měření hladiny podzemní vody a výskyt fáze.

- realizace 7 ks průzkumných sond MIP (Membrane Interface Probe), které umožní vymapovat znečištění jak vertikálním, tak i horizontálním směrem, jak v saturované tak v nesaturované zóně. Průzkumné sondy MIP byly využity při doprůzkumu, který realizovala společnost AQUATEST, a.s., princip metody je blíže popsán v závěrečné zprávě tohoto doprůzkumu (Kvapil et. al., 2011).

- pyrotechnický průzkum - sondážní, vrtné a zemní práce na lokalitě vyžadují pyrotechnický dozor. Pyrotechnické práce na lokalitě bude proveden v místě budoucích vrtaných a bagrovaných sond.

- geodetického zaměření - pro potřeby dalšího zpracování budou polohově a výškově zaměřena nová vystrojená průzkumná díla, tj. průzkumné vrty, popř. další stavební či průzkumné objekty. Všechny objekty budou zaměřeny v polohovém systému S-JTSK (Křovák) a výškovém Balt po vyrovnaní. Veškeré údaje budou zaneseny do mapových podkladů.

- záměry HPV, měření fáze a fyz.-chem. parametrů - pro upřesnění a aktualizaci informací o úrovni hladin podzemních vod, kolísání těchto hladin budou provedeny záměry hladin podzemních vod na vybraných vrtech.
- pro upřesnění situování sanačních vrtů ve zdejších podmínkách dominantního proudění vody a výskytu ropné fáze (LNAPL) v turonském kolektoru výhradně v puklinách navrhujeme před hloubením sanačního vrtu provést detailní expresní povrchovou geofyziku s vysokou přesností (+ - 20 cm). Význam těchto měření je popsán v kapitole týkající se lokality čistírna. Sanační vrty do znečištěné kvartérní zvodně, nebo do znečištěné zvodně turonské překryté zvodní kvartérní se touto metodou vytyčovat nebudou. Geofyzikou vytipovaná místa budou prověřena plynometrickým měřením (mělké sondy spojené s měřením ECOPROBE) pro odlišení kontaminovaných a čistých míst.

5.4.3. Demolice stavebních konstrukcí a odtěžba kontaminovaných zemín

Na lokalitě N1 je předpokládána demolice stávajících zbytků objektu s následnou odtěžbou podloží. Je doporučena odtěžba zemín do hloubky 2-4 m pod terénem na ploše 2 901 m². To odpovídá kubatuře 9 000 m³ kontaminovaných zemín. Z této kubatury zemín se uvažuje, že 15% objemu bude kontaminováno, což představuje na lokalitě N1-N2 1 350 m³ (2 295 t) určených k odstranění.

V průběhu odtěžby bude probíhat domapování kontaminovaných míst. Z odtěžby budou odebrány vzorky zeminy pro laboratorní stanovení C₁₀-C₄₀.

Demolice zbytků původního stáčiště N1 bude provedeno pomocí hydraulických nůžek a bouracího kladiva. V rámci těchto prací předpokládáme vznik cca 1200 m³ podlimitně kontaminovaných sutí (nadzemní část), které budou po nadrcení využity ke zpětnému zásypu sanačního výkopu a cca 350 m³ (700 t) nadlimitně kontaminovaných sutí (podlahy, základové konstrukce, jímky, šachty).

Demolice stávajících zbytků objektu a odtěžba zeminy budou probíhat pod vedením oprávněné osoby. Před začátkem sanačního zásahu musí být upřesněny skutečné trasy všech inženýrských sítí (vytyčení příslušnými správci), bude získán souhlas k odstranění náletových dřevin. Sanovaný prostor bouracích a výkopových prací bude vytyčen a oplocen proti vstupu nepovolaných osob. Stavební konstrukce budou hodnoceny během sanačního monitoringu. Nadlimitně znečištěné hmoty budou odvezeny ke zneškodnění. Materiály vyhovující sanačním limitům budou testovány pro stanovení dalšího postupu (využití k zásypům/odvoz na skládku) v souladu se současnou legislativou (Vyhláška č. 294/2005 Sb.). Recykláž – stavební odpad po nadrcení, který bude vyhovovat citované Vyhlášce, bude využit pro zpětný zásyp stavebních jam.

Výkopové práce budou prováděny po vrstvě tl.max. 0,50 m. Výkop bude proveden jako otevřený, svahovaný. Podzemní voda je očekávána v hloubce 3,91 až 5,81 m p.t. a lze očekávat minimální hromadění vody ve výkopu vlivem průsaku dnem a případné srážkové vody. Proto bude během výkopů a před zpětným zásypem voda ze stavební jámy průběžně odčerpávána a odvedena do sanační stanice.

Celá těžba bude prováděna strojně. Odtěžba zeminy bude probíhat postupně a na základě organoleptického posouzení a průběžného vzorkování bude určeno, zda zemina bude odvezena k odstranění nebo k dočasnému uložení. Odtěžba bude probíhat až do dosažení cílových limitů sanace. Vytěžená zemina bude odvezena ke konečné likvidaci podle druhu a koncentrace kontaminace. Nadlimitně kontaminované zeminy budou předány ke konečnému odstranění firmě oprávněné k nakládání s NO. Předpokládá se snížení nebezpečných vlastností kontaminovaných zemín biodegradací. V průběhu a po ukončení těžby na plánovanou úroveň bude prováděno vzorkování vytěžených materiálů a výkopové jámy – viz. kapitola Monitoring 5.4.6. V případě, že bude těžbou zastižena zemina znečištěná pod sanační limit, bude ukládána na k tomu určenou plochu, která bude vyčleněna v prostoru lokality N1-N2. Tato zemina bude použita pro zpětný zásyp výkopu.

Odvoz a dovoz zemín (zásypového materiálu) je uvažován na max. vzdálenost 20 km. Odtěžené jámy budou zpětně zasypány nekontaminovaným výkopkem a dovezeným inertním materiálem.

Odhad množství kontaminantu v nesaturované zóně vychází z kubatury zeminy doporučené k odtěžení a průměrné odhadované koncentraci kontaminované zeminy.

Tabulka 27: Bilance znečištění RU v zemínách na lokalitě N1

Ohnisko	Plocha ohniska [m ²]	Mocnost kont. zóny [m]	Max hloubka kontaminace [m]	% zeminy jako odpad kategorie N [%]	Hustota zeminy [kg/m ³]	Průměrná koncentrace kontaminantu [g/kg]	Celkem nerozp. kont. [t]
N1	2901	2	4	20	1700	4,0	11,4

5.4.4. Vybudování sítě sanačních vrtů

V rámci přípravných sanačních prací budou realizovány:

- pedsanační vrty (PS)
- průzkumné sondy MIP

Parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 28: Základní parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu	Vnitřní průměr vrtu	Vrtaný průměr	Hloubka	Technologie vrtání	Materiál výstroje
PS	6	200	160	273/220	15 m	Jádrové, rotační, nasucho	HDPE
MIP	7	-	-	-	10 m	-	-

V rámci sanačního opatření budou provedeny tyto vrtné práce:

V rámci sanace ohniska znečištění bude na lokalitě N1-N2 realizováno 7 sanačních vrtů (15 m hlubokých), kombinovaných pro možnost čerpání vody, odsávání vzdušiny a zásak podpůrných látek. Realizované pedsanační vrty (PS, 6 ks) v rámci přípravných sanačních prací budou využity pro sanační opatření.

U 2 ks nevystrojených sanačních vrtů bude před vystrojením provedeno kamerování s cílem upřesnit hloubku zateklého produktu.

Pukliny procházející vrtem a v jeho blízkosti budou štěpeny tzv. torpedací ve třech hloubkových úrovních, cílem torpédace je zajištění komunikace vrtu s puklinami obsahujícími produkt. Aktivováno bude pouze 5 vrtů v ohnisku znečištění.

Tabulka 29: Základní parametry sanačních vrtů

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu	Vnitřní průměr vrtu	Vrtaný průměr	Hloubka	Technologie vrtání	Materiál výstroje
SA	7	200	160	273/220	15 m	Jádrové, rotační, nasucho	HDPE

5.4.1. *Odstranění produktu organické fáze z hladiny podzemní vody*

Sběr fáze bude probíhat na stejném principu jako na lokalitě Čistírna, s tím rozdílem, že není projektováno sanační čerpání. Sběr fáze bude probíhat obecně s využitím kombinace 3 základních metod:

- Ruční sběr fáze bude probíhat denně (minimálně však 3x týdně) v závislosti na míře nátoku produktu organické fáze do vrtu.
- Sběr fáze pomocí zásobníkových pasivních skimmerů. Vrtý s nátokem produktu v rozmezí 2l za týden až 1 l za den budou osazeny zásobníkovými pasivními sběrači. Tato jednoduchá zařízení se zásobníkem a hydrofobní-oleofilní membránou umožňují selektivní nátok fáze do zásobníku. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za tři dny společně s měřením HPV.
- Sběr fáze pomocí pasivních sorbčních skimmerů. Vrtý s nátokem produktu menším jak 2 l za týden budou osazeny pasivními sorpčními skimmery. Tyto skimmery plavou na hladině a zachycují organické látky natékající do vrtu. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za týden společně s měřením HPV.

Osazení vrtů pasivními skimmery, jejich kontrola, ruční sběr fáze a nakládání s odstraněnou fází bude probíhat na stejném principu jako na lokalitě Čistírna.

5.4.2. *Podpora výtěžnosti fáze (podpora CO₂ a H₂O₂)*

V době nízkých hladin podzemní vody bude prováděna souběžná podpora výtěžnosti fáze z horninového prostředí s využitím plynů O₂ a CO₂. Principy metod a jejich rozsah jsou analogické k lokalitě Čistírna. Aplikace činidel bude prováděna do vrtů vykazujících přítomnost fáze na hladině podzemní vody (předpoklad 5 ks).

Tabulka 30: Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě N1, N2 (bude opakováno každoročně)

	Počet vrtů	Látka	Koncentrace	Množství na vrt/rok	Cekem za celou dobu sanace	Vakuování
Aplikace 1	5	CO ₂	5 – 10 g/l	250 kg (100%)	1 000 kg (100%)	NE
Aplikace 2	5	CO ₂	5 – 10 g/l	250 kg (100%)	1000 kg (100%)	NE
Aplikace 3	5	H ₂ O ₂	5 – 10%	5 t (35%)	20 t (35%)	NE

5.4.3. *Monitoring sanační*

Sanační (provozní) monitoring je založen na odběru vzorků zemin, podzemní vody a vzdušnin v průběhu sanačního zásahu za účelem korekce jeho postupu. Vzorkovací práce budou prováděny v souladu s Metodickým pokynem MŽP z prosince 2006 „Vzorkovací práce v sanační technologii“, na který tímto odkazujeme. Podrobně bude metodika vzorkovacích prací uvedena v detailním prováděcím projektu firmy, která bude sanační práce realizovat na základě výběrového řízení.

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin bude probíhat dle stejných principů, jak bylo popsáno v kapitole pro lokalitu Čistírna. Demolice stávajících zbytků objektu a odtěžba zeminy budou probíhat pod vedením oprávněné osoby. Stejně jako v případě odtěžby zemin budou během demolice stavebních objektů průběžně odebírány vybrané směsné vzorky zeminy a stavebních konstrukcí.

Sanační monitoring podzemní vody

Na lokalitě Boží dar (Čistírna, Parůžky, N1-N2, Bunkry a okolí produktovodu) bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za tři měsíce měřeny na vybraných 60 vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze.

Na lokalitě N1-N2 bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za dva měsíce měřeny na vybraných 12 vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze (lehké LNAPL, těžké DNAPL).

(Navrhujeme vzorkovat 4x do roka)

Tabulka 31: Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze

Objekt	Počet	Frekvence	Celkem
režimní monitoring	12	1 x za 3 měsíce	480

5.5. Projektované práce na lokalitě Bunkry (Stáčiště, O₂, N6/1)

Obecný princip sanace této dílčí lokality je totožný s dílčí lokalitou Parůžky jen s tím, že zde není projektována demolice palivového bunkru.

Lokalita Bunkry je znázorněna v příloze 8, 12 a 13.

5.5.1. Rekapitulace vstupních podmínek

V mnoha parametrech se vstupní podmínky shodují s podmínkami popsanými pro výše uvedené lokality. Shrnutí vstupních podmínek pro lokalitu Bunkry (Stáčiště, Kyslíkárna a N6/1):

- znečištění horninového prostředí a podzemní vody leteckým petrolejem.
- vertikální rozsah znečištění:
 - letecký petrolej - část kontaminace stále zakotvena v mělké části horninového prostředí – v nezpevněných a relativně málo propustných vrstvách nesaturované zóny. Kontaminace se pomalu uvolňuje do podloží. Pomalu natéká do vrtu z nadhladinové části horninového prostředí. Zbývající část volné fáze vyplňuje pukliny při hladině a pod hladinou podzemní vody. Část zateklá pod hladinu podzemní vody je imobilizovaná.
- nesaturovaná zóna:
 - max. zjištěná koncentrace C₁₀-C₄₀ v zemině - lokalita **Stáčiště** - 7 800 mg/kg suš.
 - lokalita **Kyslíkárna a N6/1** - 9 160 mg/kg suš.
 - plocha odtěžby zeminy v oblasti Bunkry - cca 2300 m² do hloubky 2-7 m, což odpovídá kubatuře 12 000 m³, bude upřesněno během přípravných sanačních prací.
 - puklinové prostředí místy zkrasovatělé, převažující puklinatost predisponovaná na stratigrafických rozhraních mezi vrstvami.

- saturovaná zóna:

- koeficienty filtrace v řádech 10^{-5} až 10^{-6} m/s. Proudění podzemní vody po puklinách, rychlosti přirozeného proudění podzemní vody v jednotkách metrů za rok. Tendence proudění vody shora dolů.
 - max. zjištěná koncentrace C_{10} - C_{40} v podzemní vodě na dílčí lokalitě N6/1 – 0,57 mg/l.
 - hladina podzemní vody se na lokalitě Bunkry během doprůzkumu pohybovala v rozmezí od 13 m do 18 m pod terénem.
 - během doprůzkumu na lokalitě Bunkry (N6/1+O2+Huš.) bylo 6 vrtů zasaženo fází či filmem. Max. mocnost fáze byla 40 cm.
 - směr proudění podzemní vody je k jihovýchodu místy k jihozápadu.
- cílové limity jsou uvedeny v kapitole 4.

5.5.2. Přípravné sanační práce

Před zahájením sanačního zásahu budou realizovány přípravné sanační práce pro upřesnění rozsahu kontaminace nesaturované zóny a podzemní vody. V rámci přípravných sanačních prací pro lokalitu Bunkry navrhujeme provedení:

- realizace 7 ks předsanačních vrtů do hloubky 15 m, na kterých bude uskutečněno karotážní měření (TV prohlídka nevystrojených vrtů aj.). Tímto způsobem lze získat přesnější informace o charakteru horninového prostředí. Tyto informace by sloužily k upřesnění počtu, umístění dalších navrhovaných sanačních vrtů a upřesnění výskytu fáze. Na těchto nově realizovaných vrtech bude proveden odběr vzorků zemin a podzemní vody k laboratorním analýzám (C_{10} - C_{40} a BTEX). Na nově realizovaných a stávajících vrtech bude provedeno rovněž měření hladiny podzemní vody a výskyt fáze.
- realizace 6 ks průzkumných sond MIP (Membrane Interface Probe), které umožní vymapovat znečištění jak vertikálním, tak i horizontálním směrem, jak v saturované tak v nesaturované zóně. Průzkumné sondy MIP byly využity při doprůzkumu, který realizovala společnost AQUATEST, a.s., princip metody je blíže popsán v závěrečné zprávě tohoto doprůzkumu (Kvapil et. al., 2011).
- pyrotechnický průzkum - sondážní, vrtné a zemní práce na lokalitě vyžadují pyrotechnický dozor. Pyrotechnické práce na lokalitě bude proveden v celé ploše, která bude dotčena těžbou.
- geodetického zaměření - pro potřeby dalšího zpracování budou polohově a výškově zaměřena nová vystrojená průzkumná díla, tj. průzkumné vrty, popř. další stavební či průzkumné objekty. Všechny objekty budou zaměřeny v polohovém systému S-JTSK (Křovák) a výškovém Balt po vyrovnání. Veškeré údaje budou zaneseny do mapových podkladů.
- záměry HPV, měření fáze a fyz. - chem. parametrů - pro upřesnění a aktualizaci informací o úrovni hladin podzemních vod, kolísání těchto hladin budou provedeny záměry hladin podzemních vod na vybraných vrtech.
- pro upřesnění situování sanačních vrtů ve zdejších podmínkách dominantního proudění vody a výskytu ropné fáze (LNAPL) v turonském kolektoru výhradně v puklinách navrhujeme před hloubením sanačního vrtu provést detailní expresní povrchovou geofyziku s vysokou přesností (+ - 20 cm). Význam těchto měření je popsán v kapitole týkající se lokality čistírna. Sanační vrty do znečištěné kvartérní zvodně, nebo do znečištěné zvodně turonské překryté zvodní kvartérní se touto metodou vytyčovat nebudou. Geofyzikou vytipovaná místa budou prověřena plynometrickým měřením (mělké sondy spojené s měřením ECOPROBE) pro odlišení kontaminovaných a čistých míst.

5.5.3. Demolice palivového bunkru západ

Za účelem odstranění jednoho z hlavních původních zdrojů kontaminace horninového prostředí bude provedena demolice palivového bunkru západ včetně odstranění zbytků technologie stáčení PHM. Lokalizace palivového bunkru a jeho půdorys tvoří přílohu 12 tohoto projektu.

Nejprve bude provedena dekontaminace zbytků technologie uvnitř bunkru, zejména 5 ks podzemních nádrží o objemu á 50 m³. Pomocí tlakové vody s přidavkem detergentu budou dekontaminovány vnitřní povrchy nádrží. Oplachové roztoky budou odčerpány a odvezeny k odstranění jako nebezpečný odpad. Předpokládáme vznik cca 5 m³ oplachových roztoků.

Pomocí strojních hydraulických nůžek a bouracího kladiva bude provedena demolice nadzemní železobetonové konstrukce (1 200 m³). Pro potřeby tohoto projektu předpokládáme, že stavební suť, vzniklá demolicí nadzemní části bude vykazovat znečištění ropnými látkami pod úroveň cílového limitu. Tato skutečnost bude ověřena odběrem a analýzou 10-ti směsných vzorků, u kterých bude stanoven parametr NEL. Podlimitně kontaminované suti (1 200 m³) budou nadrceny a následně použity ke zpětnému zásypu sanačních výkopů.

Následně budou provedeny demolice podlah uvnitř bunkru. U těchto stavebních konstrukcí předpokládáme jejich kontaminaci nad úroveň sanačního cílového limitu (150 m³, tj 300 t). Tato skutečnost bude ověřena odběrem a analýzou 5-ti směsných vzorků, u kterých bude stanoven parametr NEL.

Poté bude provedeno vyzdvižení a likvidace podzemních nádrží PHM a dalších zbytků technologie.

Vytěžený materiál bude odvezen ke konečné likvidaci podle druhu a koncentrace kontaminace. Nadlimitně kontaminované zeminy a ostatní materiál budou předány ke konečnému odstranění firmě oprávněné k nakládání s NO. Při demolicí bunkru mohou být odhaleny dutiny stavebních konstrukcí vyplněné produktem organické fáze, v tomto případě je třeba počítat s odčerpáním kapalin z těchto prostor.

5.5.4. Demolice stavebních konstrukcí a odtěžba kontaminovaných zemin

Na lokalitě Bunkry se předpokládá odtěžba zemin do hloubky 4 m (v prostoru bunkru až 5 m) pod terénem na ploše 2 300 m². To odpovídá kubatuře 12 000 m³ kontaminovaných zemin. Z této kubatury zemin se uvažuje, že 15% objemu bude kontaminováno, což představuje na lokalitě Bunkry 1 800 m³ (3 060 t) určených k odstranění. Na lokalitě Bunkry je navržena odtěžba produktovodu, podrobnosti uvedeny v kapitole 5.7 Likvidace produktovodu.

Zemina bude odtěžována pod vedením oprávněné osoby. Před začátkem sanačního zásahu musí být upřesněny skutečné trasy všech inženýrských sítí (vytyčení příslušnými správci), bude získán souhlas k odstranění náletových dřevin. Sanovaný prostor výkopových prací bude vytyčen a oplocen proti vstupu nepovolaných osob. Výkopové práce budou prováděny po vrstvě tl. max. 0,50 m. Výkop bude proveden jako otevřený, svahovaný a v určených úsecích zapažený. Výkopové práce budou prováděny do staticky zajištěných a zapažených výkopů. Výkop bude v daných úsecích zapažen štětovnicemi (např. štětovnice Larsen). Podzemní voda je očekávána v hloubce 11,35 až 16,90 m p. t. a lze očekávat pouze minimální hromadění vody ve výkopu vlivem případné srážkové vody, která bude během výkopů a před zpětným zásypem ze stavební jámy průběžně odčerpávána a odvedena do sanační stanice.

V průběhu odtěžby kontaminovaných zemin v podloží odstraněného palivového bunkru bude rovněž provedena demolice podzemních stavebních konstrukcí (stěn a příček, oddělující jednotlivé nádrže, příp. základové desky). U těchto stavebních konstrukcí předpokládáme jejich kontaminaci nad úroveň sanačního cílového limitu (170 m³, 330 t). Tato skutečnost bude ověřena odběrem a analýzou 5 směsných vzorků, u kterých bude stanoven parametr NEL.

Celá těžba bude prováděna strojně. Odtěžba zeminy bude probíhat postupně a na základě organoleptického posouzení a průběžného vzorkování bude určeno, zda zemina bude odvezena k odstranění nebo k dočasnému uložení. Odtěžba bude probíhat až do dosažení cílových limitů sanace. Vytěžená zemina bude odvezena ke konečné likvidaci podle druhu a koncentrace kontaminace. Nadlimitně kontaminované zeminy budou předány ke konečnému odstranění firmě oprávněné k nakládání s NO. Předpokládá se snížení nebezpečných vlastností kontaminovaných zemin biodegradací. V průběhu a po ukončení těžby na plánovanou úroveň bude prováděno vzorkování vytěžených materiálů a výkopové jámy – viz. kapitola Monitoring 5.5.7. V případě, že bude těžbou zastižena zemina znečištěná pod sanační limit, bude ukládána na k tomu určenou, která bude vyčleněna v prostoru lokality Bunkry. Tato zemina bude použita pro zpětný zásyp výkopu.

Odvoz a dovoz zemin (zásypového materiálu) je uvažován na max. vzdálenost 20 km. Odtěžené jámy budou zpětně zasypány nekontaminovaným výkopkem a dovezeným inertním materiálem.

Odhad množství kontaminantu v nesaturované zóně vychází z kubatury zeminy doporučené k odtěžbě a průměrné odhadované koncentraci kontaminované zeminy.

Tabulka 32: Bilance znečištění RU v zeminách na lokalitě Bunkry

Ohnisko	Plocha ohniska [m ²]	Mocnost kont. zóny [m]	Max hloubka kontaminace [m]	% zeminy jako odpad kategorie N [%]	Hustota zeminy [kg/m ³]	Průměrná koncentrace kontaminantu [g/kg]	Celkem nerozp. kont. [t]
Bunkry	2300	5	7	30	1700	6,0	10,5

5.5.5. Vybudování sítě sanačních vrtů

V rámci přípravných sanačních prací budou realizovány:

- předsanační vrty (PS)
- průzkumné sondy MIP

Parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 33: Základní parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu	Vnitřní průměr vrtu	Vrtaný průměr	Hloubka	Technologie vrtání	Materiál výstroje
PS	7	200	160	273/220	15 m	Jádrové, rotační, nasucho	HDPE
MIP	6	-	-	-	10 m	-	-

V rámci sanačního opatření budou provedeny tyto vrtné práce:

V rámci sanace ohniska znečištění bude na lokalitě Bunkry realizováno 10 sanačních vrtů. Vrty budou provedeny do hloubky 15 m, kombinované pro možnost čerpání vody, odsávání vzdušiny a zásak podpůrných látek. Realizované předsanační vrty (PS, 7 ks) v rámci přípravných sanačních prací budou využity pro sanační opatření.

U 2 ks v každé oblasti (celkem 6 ks) nevystrojených sanačních vrtů bude před vystrojením provedeno kamerování s cílem upřesnit hloubku zateklého produktu.

Pukliny procházející vrtem a v jeho blízkosti budou pneumaticky nebo hydraulicky štěpeny resp. torpédovány ve třech hloubkových úrovních, cílem torpédace je zajištění komunikace vrtu s puklinami obsahujícími produkt. Aktivováno bude pouze 7 vrtů v ohnisku znečištění.

Tabulka 34: Základní parametry sanačních vrtů

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu	Vnitřní průměr vrtu	Vrtaný průměr	Hloubka	Technologie vrtání	Materiál výstroje
SA	10	200	160	273/220	15 m	Jádrové, rotační, nasucho	HDPE

Drény

Drény budou vybudovány v místech odtěžby kontaminované zeminy, hloubka 4 m a délka 10 m. Na dno výkopu bude uložen podsyp o mocnosti 15 – 20 cm kačírku (štěrku), na tuto vrstvu bude uloženo ležaté potrubí s perforací o průměru 75 mm, které bude mít uprostřed jednu vertikální trubku o průměru 75 mm pro napojení na systém sanace (venting, zásak). Toto potrubí bude dále překryto vrstvou kačírku o mocnosti 30 cm. Na tuto vrstvu bude položena geotextilie a na ní neprodyšná folie. Zbytek drénu bude doplněn inertním materiálem.

Drény budou sloužit k reinfiltraci vyčištěné vody. V případě potřeby je bude možné použít k aplikaci podpůrných látek (například pro podporu biodegradace nebo reduktivní dehalogenace).

Tabulka 35: Parametry potrubních tras na lokalitě Čistírna

Označení	Počet	Průměr	Hloubka/délka
Drény	2	75 mm	4 m/10 m

5.5.6. Sanace ohniska ropných látek

Sběr fáze bude probíhat na stejném principu jako na lokalitě Čistírna, s tím rozdílem, že není projektováno sanační čerpání. Sběr fáze bude probíhat obecně s využitím kombinace 3 základních metod:

- Ruční sběr fáze bude probíhat denně (minimálně však 3x týdně) v závislosti na míře nátok produktu organické fáze do vrtu.
- Sběr fáze pomocí zásobníkových pasivních skimmerů. Vrty s nátokem produktu v rozmezí 2l za týden až 1 l za den budou osazeny zásobníkovými pasivními sběrači. Tato jednoduchá zařízení se zásobníkem a hydrofobní-oleofilní membránou umožňují selektivní nátok fáze do zásobníku. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za tři dny společně s měřením HPV.
- Sběr fáze pomocí pasivních sorbčních skimmerů. Vrty s nátokem produktu menším jak 2 l za týden budou osazeny pasivními sorpčními skimmery. Tyto skimmery plavou na hladině a zachycují organické látky natékající do vrtu. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za týden společně s měřením HPV.

Osazení vrtů pasivními skimmery, jejich kontrola, ruční sběr fáze a nakládání s odstraněnou fází bude probíhat ve stejném rozsahu jako na lokalitě Čistírna.

5.5.7. Podpora výtěžnosti fáze (podpora CO₂ a H₂O₂)

V době nízkých hladin podzemní vody bude prováděna souběžná podpora výtěžnosti fáze z horninového prostředí s využitím plynů O₂ a CO₂. Principy metod a jejich rozsah jsou analogické k lokalitě Čistírna. Aplikace činidel bude prováděna do vrtů vykazujících přítomnost fáze na hladině podzemní vody (předpoklad 10 ks).

Tabulka 36: Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě Bunkry (bude opakováno každoročně)

	Počet vrtů	Látka	Koncentrace	Množství na vrt/rok	Cekem za celou dobu sanace	Vakuování
Aplikace 1	10	CO ₂	5 – 10 g/l	500 kg (100%)	4 000 kg (100%)	NE
Aplikace 2	10	CO ₂	5 – 10 g/l	500 kg (100%)	4 000 kg (100%)	NE
Aplikace 3	10	H ₂ O ₂	5 – 10%	10 t (35%)	80 t (35%)	NE

5.5.8. Monitoring sanační

Sanační (provozní) monitoring je založen na odběru vzorků zemin, podzemní vody a vzdušnin v průběhu sanačního zásahu za účelem korekce jeho postupu. Vzorkovací práce budou prováděny v souladu s Metodickým pokynem MŽP z prosince 2006 „Vzorkovací práce v sanační technologii“, na který tímto odkazujeme. Podrobně bude metodika vzorkovacích prací uvedena v detailním prováděcím projektu firmy, která bude sanační práce realizovat na základě výběrového řízení.

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin bude probíhat dle stejných principů, jak bylo popsáno v kapitole pro lokalitu Čistírna.

Sanační monitoring podzemní vody

Na lokalitě Boží Dar (Čistírna, Parůžky, N1-N2, Bunkry a okolí produktovodu) bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za tři měsíce měřeny na vybraných 60 vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze.

Na lokalitě Bunkry bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za dva měsíce měřeny na vybraných 12 vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze (lehké LNAPL, těžké DNAPL).

Tabulka 37: Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze

Objekt	Počet	Frekvence	Celkem
režimní monitoring	12	1 x za 3 měsíce	480

5.6. *Projektované práce na lokalitě Kozí Hřbety Periferie, Nádrž*

Obecný princip sanace této dílčí lokality je totožný s principem sanace ropných látek na lokalitě čistírna. V tomto případě je rovněž počítáno s doprovodným čerpáním podzemních vod. V tomto případě nebudou prováděny zemní a těžební práce

Lokalita Periferie je znázorněna v příloze 9, 12 a 13.

Pro sanaci znečištění jsou projektovány tři základní technologické postupy Princip metod je podrobněji popsán v kapitole popisující sanaci lokality čistírna:

- 1) odstraňování volné organické fáze z hladiny podzemní vody za použití aktivního sběru fáze z hladiny a pasivních skimmerů (sběračů fáze)
- 2) provádění doprovodného čerpání vrtů pro podporu výtěžnosti fáze. Odčerpaná podzemní voda bude čištěna stripováním a následnou sorpcí vystripovaných kontaminantů. Vyčištěná podzemní voda bude zpětně zasakována systémem infiltračních vrtů.
- 3) Podpora výtěžnosti fáze s využitím plynů (vakuování, CO₂ a O₂ produkovaného rozpadem H₂O₂).

5.6.1. *Rekapitulace vstupních podmínek*

V mnoha parametrech se vstupní podmínky shodují s podmínkami popsány pro výše uvedené lokality. Shrnutí vstupních podmínek pro lokalitu Periferie:

- znečištění horninového prostředí a podzemní vody leteckým petrolejem.
- vertikální rozsah znečištění:
 - letecký petrolej - kontaminace vázána pouze na saturovanou zónu, na puklinový systém vápnitých turonských pískovců a prachovců s velmi dobrou propustností, lokálně pseudokrasovou. V době výrazných změn úrovně hladiny podzemní vody dochází k uvolnění „uvězněné“ kontaminace v puklinovém systému a k jejímu nátoku do vrtů.
- saturovaná zóna:
 - koeficienty filtrace v řádech 10⁻² až 10⁻⁶ m/s. Proudění podzemní vody po puklinách, rychlosti přirozeného proudění podzemní vody v jednotkách metrů za rok. Tendence proudění vody shora dolů.
 - max. zjištěná koncentrace C₁₀-C₄₀ v podzemní vodě na dílčí lokalitě < 10mg/l.
 - hladina podzemní vody se na lokalitě Periferie v létě 2015 pohybovala mezi 15 m a 40 m pod terénem.
 - během posledního monitoringu na lokalitě Periferie bylo zjištěno 6-7 vrtů s fází či filmem.
 - směr proudění podzemní vody je k jihozápadu místy jihovýchodu, případně může být proudění podzemní vody ovlivněno vodárenského vrtu HDB-1 k severozápadu.
- cílové limity jsou uvedeny v kapitole 4.

5.6.2. *Přípravné sanační práce*

Před zahájením sanačního zásahu budou realizovány přípravné sanační práce pro upřesnění rozsahu kontaminace nesaturované zóny a podzemní vody. V rámci přípravných sanačních prací pro lokalitu Periferie navrhujeme provedení:

- realizace 4 ks sanačních vrtů do hloubky 40 m, na kterých bude uskutečněno karotážní měření (TV prohlídka nevystrojených vrtů aj.). Tímto způsobem lze získat přesnější informace o charakteru horninového prostředí. Tyto informace by sloužily k upřesnění počtu, umístění dalších

navrhovaných sanačních vrtů a upřesnění výskytu fáze. Na těchto nově realizovaných vrtech bude proveden odběr vzorků zemin a podzemní vody k laboratorním analýzám (C₁₀-C₄₀ a BTEX). Na nově realizovaných a stávajících vrtech bude provedeno rovněž měření hladiny podzemní vody a výskyt fáze.

- pyrotechnický průzkum - sondážní, vrtné a zemní práce na lokalitě vyžadují pyrotechnický dozor. Pyrotechnické práce na lokalitě bude proveden v místech, kde jsou plánovány vrtné práce.
- záměry HPV, měření fáze a fyz. - chem. parametrů - pro upřesnění a aktualizaci informací o úrovni hladin podzemních vod, kolísání těchto hladin budou provedeny záměry hladin podzemních vod na vybraných vrtech.
- pro upřesnění situování sanačních vrtů ve zdejších podmínkách dominantního proudění vody a výskytu ropné fáze (LNAPL) v turonském kolektoru výhradně v puklinách navrhujeme před hloubením sanačního vrtu provést detailní expresní povrchovou geofyziku s vysokou přesností (+ - 20 cm). Význam těchto měření je popsán v kapitole týkající se lokality čistírna. Geofyzikou vytipovaná místa budou prověřena plynometrickým měřením (mělké sondy spojené s měřením ECOPROBE) pro odlišení kontaminovaných a čistých míst.

5.6.3. *Doplnění sítě sanačních vrtů*

V rámci přípravných sanačních prací budou realizovány:

- předsanační vrty (PS)

Parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 38: Základní parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu (mm)	Vnitřní průměr vrtu (mm)	Vrtaný průměr (mm)	Hloubka (m)	Technologie vrtání	Materiál výstroje
PS	4	190,2	180	275/241	40	Jádrové, rotační, nasucho	HDPE

V rámci sanačního opatření budou provedeny tyto vrtné práce:

V rámci přípravných sanačních prací plánujeme realizovat 4 ks nových sanačních vrtů v dílčí lokalitě Periferie. Vrty budou sloužit k posílení stávající sítě sanačních objektů. Sanační vrty budou provedeny do maximální hloubky 40 m p. terénem. Vrty budou umístěny do výrazných puklinových cest, kde se předpokládá zvýšený nátok kontaminantu. Pro potřeby situování sanačních vrtů bude použito dřívějších průzkumných geofyzikálních prací z roku 2008 (Skalický: Dokončení sanace lokality po bývalé Sovětské armádě Kozí hřbety – PROVÁDĚCÍ PROJEKT – aktualizace 12/2008, ENVIGEO s.r.o.)

U 2 ks nevystrojených sanačních vrtů bude před vystrojením provedeno kamerování s cílem upřesnit hloubku zateklého produktu.

Pukliny procházející vrtem a v jeho blízkosti budou štěpeny tzv. torpedací ve třech hloubkových úrovních, cílem torpédace je zajištění komunikace vrtu s puklinami obsahujícími produkt. Aktivováno bude pouze 5 vrtů v ohnisku znečištění.

Tabulka 39: Základní parametry sanačních vrtů

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu (mm)	Vnitřní průměr vrtu (mm)	Vrtaný průměr (mm)	Hloubka (m)	Technologie vrtání	Materiál výstroje
SA	4	190,2	180	275/241	40	Jádrové, rotační, nasucho	HDPE

5.6.4. Odstranění produktu organické fáze z hladiny podzemní vody

Sběr fáze bude probíhat nepřetržitě v celém období formou sběru pomocí ručního čerpadla, instalaci pasivních zásobníkových a sorpčních skimmerů. Podpurné sanační čerpání bude prováděno za účelem vytvoření hydraulické deprese, která bude umožňovat sběr volné kapalné fáze RU. Sběr fáze bude probíhat obecně s využitím kombinace 4 základních metod popsanych v kapitole 5.2.1.

Ruční sběr bude prováděn ve všech dílčích lokalitách (Nádrž, Mezípolí, Periferie). Ruční sběr fáze RU bude probíhat ve všech dílčích lokalitách na vrtech, kde se vyskytne vrstva fáze vyšší než 4 mm. Výskyt fáze a její odčerpávání je předpokládáno z následujících objektů: ISV-5, ISV-21, ISV-23, ISV-101, VŠ-1806, VŠ-1851, VŠ-1852, VŠ-1853, VŠ-1858, VŠ-1907, VŠ-2003, VŠ-2004, VŠ-2010, HV-964, HV-966, HV-967, ZV-3 + 3 nové vrtu. Ručně sbíraná fáze z jednotlivých objektů bude shromažďována v odlučovači volné fáze. Zde bude docházet k odloučení přebytně sebrané podzemní vody. Následně bude fáze přečerpána do sběrných nádob, přebytná kontaminovaná podzemní voda bude vyčištěna na sanační stanici a následně zpětně zasakována do horninového prostředí.

Vrty s fází, které nebudou aktivně čerpány, budou osazeny pasivními sběrači zajišťujícími kontinuální sběr fáze a zamezí jejímu roztékání mezi do vyšších či nižších poloh v důsledku kolísání hladiny podzemní vody. Princip sběru fáze je shodný s principem aplikovaným v lokalitě Čistírna:

- Ruční sběr fáze bude probíhat denně (minimálně však 3x týdně) a v závislosti na intenzitě podpurného čerpání a míře nátoky produktu organické fáze do vrtu. Aktivně bude odčerpávána fáze z vrtů s nátokem větším jak 1l za den.
- Sběr fáze pomocí zásobníkových pasivních skimmerů. Vrty s nátokem produktu v rozmezí 2l za týden až 1 l za den budou osazeny zásobníkovými pasivními sběrači. Tato jednoduchá zařízení se zásobníkem a hydrofobní-oleofilní membránou umožňují selektivní nátok fáze do zásobníku. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za tři dny společně s měřením HPV.
- Sběr fáze pomocí pasivních sorbčních skimmerů. Vrty s nátokem produktu menším jak 2 l za týden budou osazeny pasivními sorpčními skimmery. Tyto skimmery plavou na hladině a zachycují organické látky natékající do vrtu. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za týden společně s měřením HPV.

Odstraněná fáze bude uložena do 1 m³ IBC kontejnerů zajištěných úkapovou vanou, sorpční tampóny do uzavřených plastových nádob a po jejich naplnění bude předána oprávněné firmě ke konečnému odstranění.

5.6.5. Vybudování sanačního systému a sanace ohniska ropných látek a CIU

Sanační stanice

Sanační centrum bude sloužit k čištění podzemních vod podpůrného sanačního čerpání, dále pak k čištění vod odloučených při odčerpávání fáze z hladiny sanačních vrtů a k čištění odloučené podzemní vody získané při ručním sběru fáze a při nárazovém čerpání.

Sanační centrum bude splňovat následující parametry:

- Kapacita čištění vod bude projektována na průtok $5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Koncentrace sledovaných látek nesmí překračovat na výstupu stanovené limity pro vypouštění.
- Sanační stanice musí být odhlučněna tak aby splňovala hygienické požadavky dané Nařízením vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací v aktualizovaném znění.
- Vyčištěná odloučená voda bude zpětně zasakována do horninového prostředí.
- Sanační stanice bude umožňovat odběry vzorků vod na nátok a odtok.

První stupeň čištění bude tvořen systémem předřazených odlučovačů volné fáze RU o minimálním objemu $0,1 \text{ m}^3$ (sanační vrt + ruční sběr), kde bude docházet k odloučení volné fáze RU a přebytečné čerpané vody. Fáze RU bude z horní části odlučovače průběžně odčerpávána do nádob a následně odvezena k likvidaci dle platné legislativy. Kontaminovaná podzemní voda bude dále přečišťována. Druhý stupeň čištění bude představovat sedimentačně-akumulační nádrž o objemu 30 m^3 se samospádem. Do nádrže bude napojen aerátor, který bude čerpanou podzemní vodu provzdušňovat, čímž bude napomáhat k převedení rozpuštěného dvojmocného Fe na trojmocné, které bude ve formě sraženiny sedimentovat na dně nádrže. Oxidací železa a prokysličením vody dojde k omezení rozvoje mikrobiálních filmů, které jinak výrazně snižují účinnost sorbčních filtrů. Třetí stupeň čištění bude představovat čištění pomocí sorpčních fibroilových filtrů. Po přečištění bude voda samospádem odtékat do akumulace o objemu 2 m^3 . Z akumulace bude voda přečerpávána do vsakovacích drénů.

Potrubní trasy čerpadel

Vrtů budou osazeny dvojicí čerpadel. Snížení hladiny podzemní vody ve spodní části kolektoru budou zajišťovat ponorná axiální odstředivá čerpadla, typ čerpadla bude vybrán v závislosti na vydatnosti sanačních vrtů. Vyčerpaná voda bude odváděna HDPE potrubím DN50. Potrubí bude vedeno po povrchu. Souběžně s potrubím budou v chrániče zaústěny CYKY kabely elektroinstalace, které budou zakopány pod úroveň terénu. Sběr fáze RU z hladiny podzemní vody budou zajišťovat vřetenová čerpadla, která budou spouštěna intervalově na přísrk. Vyčerpaná volná fáze RU bude vedena HDPE potrubím DN25 do předřazených odlučovačů. Potrubí bude zakopáno pod terénem v nezamrzlé hloubce. Pro každý vrt bude zajištěn samostatný předřazený odlučovač volné fáze z důvodu monitoringu sběru fáze RU.

Spodní čerpadla ve vrtech budou v provozu nepřetržitě s regulovatelným čerpaným množstvím.

Uspořádání rozvodů bude upřesněno po vybudování čtveřice nových sanačních vrtů během předsanačních prací.

Veškeré čerpané podzemní vody ze spodní části kolektoru a dekontaminovaná podzemní voda bude odváděna jednotným odvodným systémem, který bude zaústěn do vsakovacích drénů.

Drény

Pro zpětnou infiltraci odčerpávaných a vyčištěných vod je předpokládáno vybudování 3 ks samostatných infiltračních drénů, hloubka 4 m a délka 10 m. Na dno výkopu bude uložen podsyp o mocnosti 15 – 20 cm kačírku (šterku), na tuto vrstvu bude uloženo ležaté potrubí s perforací o průměru 75 mm, které bude mít uprostřed jednu vertikální trubku o průměru 75 mm pro napojení na systém sanace. Toto

potrubí bude dále překryto vrstvou kačírku o mocnosti 30 cm. Na tuto vrstvu bude položena geotextilie. Zbytek drénu bude doplněn inertním materiálem. Přesná lokalizace drénů bude určena v rámci předsanační přípravy.

Tabulka 40: Parametry drénů na lokalitě Kozí Hřbety (Periferie)

Označení	Počet	Průměr	Hloubka/délka
Drény	3	75 mm	4 m/10 m

Přívod elektrické energie

Jako zdroj elektrické energie bude sloužit stávající přípojka, která byla využívána při sanaci v letech 2008 – 2014. Přívodní CYKY kabel bude zaústěn do sanační stanice, která bude sloužit jako elektrostanice. Odtud budou kabely vedeny k jednotlivým sanačním vrtům.

Elektroinstalační CYKY kabely budou vedeny v chrániče, která bude zakopána pod úroveň terénu. Vedení kabeláže bude souběžné s vedením sběrného systému VFRU. Rozmístění vedení bude upřesněno po vybudování nových sanačních vrtů.

Provoz filtrů

Pro potřeby sanace v dílčí lokalitě Periferie budou provozovány filtry s fibroilovou náplní. Účinnost filtrů bude kontrolována průběžným monitoringem na výstupu ze sanační stanice. Jakmile dojde k zhoršení čistící schopnosti filtrů, filtry budou vyměněny a kontaminované filtry budou odvezeny k likvidaci.

5.6.6. Čerpání vod

Do aktivní hydraulické sanace budou zapojeny stávající objekty: **ISV-11, ISV-12, ISV-18 a VŠ-2012**. Dále bude do aktivní hydraulické sanace zapojena čtveřice nově vybudovaných sanačních vrtů. Z dřívějších sanačních prací je patrné, že v době zvýšené dotace srážkami, může sumární čerpané množství dosahovat až vyšších jednotek l/s, proto bude odvodný systém vybudován s dostatečnou kapacitou. Zároveň bude čerpání provozováno pouze v obdobích nízkých úrovní hladiny podzemní vody.

Průměrné čerpané množství z jednotlivých sanačních vrtů se bude pohybovat od 0,3 do 1,0 l/s.

5.6.7. Podpora výtěžnosti fáze (vakuování vrtů, podpora CO₂ a H₂O₂)

Stejně jako sanační čerpání bude provozován systém vakuování vrtů pro podporu natékání volné fáze do vrtů. Předpokládáno je souběžné vakuování cca 10 sanačních objektů s výskytem produktu organické fáze. Předpokládáno je dosažení podtlaku 200 mm H₂O na každý vrt. V následném období je předpokládána realizace podpory biodegradace ropných látek provzdušňováním horninového prostředí periodickou injektáží vzdušnin o celkové vydatnosti 150 m³/hod.

Princip podpory pomocí CO₂ a H₂O₂ je popsán v kapitole 5.2.5. Aplikace bude prováděna každoročně v době nízkých stavů hladiny podzemní vody (srpen až říjen), po dobu cca 3 měsíců. Budou se každoročně provádět tři jednorázové aplikace v cca měsíčních intervalech. Aplikace bude prováděna do vrtů vykazujících přítomnost fáze na hladině podzemní vody (předpoklad 10 ks). Po aplikaci budou tyto vrty vakuovány. Při každé aplikaci bude injektováno buď 50 kg CO₂ na vrt nebo 1t 35% H₂O₂ na vrt. V případě CO₂ je předpokládáno vytvoření přesyceného roztoku (5 – 10 g/l), v případě peroxidu pak aplikace 5 - 10% roztoku (bez aktivace a úpravy pH).

Tabulka 41: Parametry aplikací činidel pro podporu výtěžnosti fáze na lokalitě Periferie (bude opakováno každoročně)

	Počet vrtů	Látka	Koncentrace	Množství na vrt/rok	Cekem za celou dobu sanace	Vakuování
Aplikace 1	10	CO ₂	5 – 10 g/l	500 kg (100%)	4 000 kg (100%)	ANO
Aplikace 2	10	CO ₂	5 – 10 g/l	500 kg (100%)	4 000 kg (100%)	ANO
Aplikace 3	10	H ₂ O ₂	5 – 10%	10 t (35%)	80 t (35%)	ANO

5.6.8. Monitoring sanační

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin bude probíhat dle stejných principů, jak bylo popsáno v kapitole pro lokalitu Čistírna.

Sanační monitoring podzemní vody

V průběhu sanačních prací bude sledována účinnost sanace a kvalita vypouštěných vod, zároveň bude prováděn monitoring podzemních a povrchových vod v okolí. Bude probíhat důsledný sanační monitoring vyčištěných vod na výstupu z dekontaminační stanice.

Na lokalitě Kozí hřbety (Periferie, Nádrž a Mezipolí) bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za tři měsíce měřeny na vybraných vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze. V rámci sledování vývoje kontaminace bude proveden monitoring fáze (lehké LNAPL, těžké DNAPL) v širším okolí lokalit Periferie, Nádrž, Mezipolí v četnosti 1 x 6 měsíců na všech stávajících a nově vybudovaných objektech. Celkem tak bude podrobeno monitoringu 53 objektů.

Na lokalitě Periferie bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za dva měsíce měřeny na vybraných 12 vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze (lehké LNAPL, těžké DNAPL). V širším okolí bude probíhat monitoring HPV a fáze (lehké LNAPL, těžké DNAPL) na 15 objektech.

(Navrhujeme vzorkovat 4x do roka)

Tabulka 42: Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze

Objekt	Počet	Frekvence	Celkem
režimní monitoring	12	1 x za 3 měsíce	480
širší monitoring	15	1 x za 6 měsíců	300

Po dobu sanace budou ze sanační stanice (SC) na výstupu odebírány vzorky vody v měsíčním intervalu. Na vzorcích vody budou sledovány parametry C₁₀-C₄₀, BTEX a ÚCHR. Po dobu sanace budou odebírány jednou za měsíc vzdušniny ze sanační stanice, na kterých bude proveden rozbor RU a BTEX. Vzdušniny i vody na výstupu budou odebírány jen v době aktivního provozu dekontaminační stanice (předpoklad celkem 36 měsíců).

Tabulka 43: Realizace sanačního monitoringu odběrů podzemní vody

Objekt	Počet	Frekvence	Celkem
Voda na SC (výstup)	1	1 měsíčně po dobu aktivního provozu	36
Vzdušina z SC	1	1 měsíčně po dobu aktivního provozu	36

Množství čerpané vody bude sledováno vodoměrem umístěným na výstupu ze sanační stanice. O čerpaném množství budou vedeny záznamy v provozním deníku.

5.7. Projektované práce na lokalitě Nádrž

Obecný princip sanace této dílčí lokality je totožný s dílčí lokalitou Parůžky.

Lokalita Nádrž je znázorněna v příloze 10, 12 a 13.

5.7.1. Rekapitulace vstupních podmínek

V mnoha parametrech se vstupní podmínky shodují s podmínkami popsány pro výše uvedené lokality. Shrnutí vstupních podmínek pro lokalitu Kozí hřbety - Nádrž:

- znečištění horninového prostředí a podzemní vody leteckým petrolejem.
- vertikální rozsah znečištění:
 - letecký petrolej - část kontaminace stále zakotvena v části horninového prostředí – v nezpevněných vrstvách nesaturované zóny, které se vyznačují duální „pseudokrasovou“ porozitou. Kontaminace je již zakotvena v podloží v nesaturované zóně, odkud se nahodile vyplavuje do vrtů v době zvýšené hladiny podzemní vody. Pomalu natéká do vrtů z nadhladinové části horninového prostředí. Zbývající část volné fáze je vázána na hladinu podzemní vody. Vyplňuje složitý puklinový systém a v době výrazných změn úrovně hladiny podzemní vody se uvolňuje z puklin a natéká do vrtů.
- nesaturovaná zóna:
 - max. zjištěná koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v zemině - lokalita **Nádrž** – 6 900 mg/kg suš.
 - plocha odtěžby zeminy v oblasti Kozí hřbety – Nádrž - cca 9 m² do hloubky 2-3 m, což odpovídá kubatuře 27 m³, bude upřesněno během přípravných sanačních prací.
 - puklinové prostředí místy zkrasovatělé, převažující puklinatost predisponovaná na stratigrafických rozhraních mezi vrstvami.
- saturovaná zóna:
 - koeficienty filtrace v řádech 10^{-2} až 10^{-6} m/s. Proudění podzemní vody po puklinách, rychlosti přirozeného proudění podzemní vody v jednotkách metrů za rok. Tendence proudění vody shora dolů.
 - typické obsahy $C_{10}-C_{40}$ v podzemní vodě se pohybují v hodnotách < 10 mg/l.
 - hladina podzemní vody se na lokalitě během doprůzkumu pohybovala přibližně v rozmezí od 23 m do 11 m pod terénem.
 - během doprůzkumu na lokalitě Nádrž bylo 8 vrtů zasaženo fází či filmem. Max. mocnost fáze byla 95 cm.
 - směr proudění podzemní vody je k jihozápadu místy k jihovýchodu.
- cílové limity jsou uvedeny v kapitole 4.

5.7.2. Přípravné sanační práce

Před zahájením sanačního zásahu budou realizovány předsanační práce pro upřesnění rozsahu kontaminace nesaturované zóny v dílčí lokalitě Nádrž. V rámci předsanačních prací pro lokalitu navrhujeme provedení následujících prací:

- realizace 20 ks mělkých kopaných sond do hloubky cca 4 m v lokalitě Nádrž, Mezipolí a v trase vedení produktovodu. Kopané sondy budou hloubeny bagrem do maximální hloubky až 6 m pod terénem. Sondy budou provedeny za účelem domapování kontaminovaných míst určených k odtěžbě. Ze sond budou odebrány vybrané vzorky zeminy pro laboratorní stanovení C_{10} - C_{40} .
- pyrotechnický průzkum - sondážní, vrtné a zemní práce na lokalitě vyžadují pyrotechnický dozor. Pyrotechnické práce na lokalitě bude proveden v celé ploše, která bude dotčena těžbou.
- geodetického zaměření - pro potřeby dalšího zpracování budou polohově a výškově zaměřena nová vystrojená průzkumná díla, tj. průzkumné vrty, popř. další stavební či průzkumné objekty. Všechny objekty budou zaměřeny v polohovém systému S-JTSK (Křovák) a výškovém Balt po vyrovnaní. Veškeré údaje budou zaneseny do mapových podkladů.
- záměry HPV, měření fáze a fyz.-chem. parametrů - pro upřesnění a aktualizaci informací o úrovni hladin podzemních vod, kolísání těchto hladin budou provedeny záměry hladin podzemních vod na vybraných vrtech.
-

5.7.3. Demolice stavebních konstrukcí, odtěžba kontaminovaných zemin a čištění odbočky potrubí

Odtěžbu kontaminovaných zemin plánujeme realizovat v prostoru kontrolní šachty Š-8, ve které bylo dokumentováno znečištění zemin (Minařík et. al.: Průzkum produktovodu Lipník – Boží Dar v oblasti související se sanací Kozí hřbety – Všejanya, 2014). Předpokládaný prostor odtěžby 3 x 3 m v hloubkovém intervalu 2 – 3 m p. t., celkem tak bude odtěženo 9 m³ kontaminovaných zemin. Kubatura nadlimitně kontaminovaných zemin může být navýšena, pokud budou při revizi odbočky produktovodu identifikována další místa úniku petroleje z potrubí nad revizní šachtou Š8. Zároveň proběhne doprůzkum a domapování výskytu potrubí vedoucího směrem k vrtu VŠ-1853. V místě obou zakončení tohoto potrubí budou realizovány kopané sondy, v případě nalezení kapaliny v potrubí, budou tyto kapaliny vyčerpány a před zakrytím potrubí bude potrubí zaslepeno. V trase produktovodu v úseku Lipník-Všejanya se nachází vedení optického telekomunikačního kabelu, před zahájením zemních prací je proto nutné vedení tohoto kabelu vytyčit. Zemina bude odtěžována pod vedením oprávněné osoby. Před začátkem sanačního zásahu musí být upřesněny skutečné trasy všech inženýrských sítí (vytyčení příslušnými správci), bude získán souhlas k odstranění náletových dřevin. Sanovaný prostor výkopových prací bude vytyčen a oplocen proti vstupu nepovolaných osob. Výkopové práce budou prováděny po vrstvě tl.max. 0,50 m. Výkop bude proveden jako otevřený, svahovaný a v určených úsecích zapažený. Výkopové práce budou prováděny do staticky zajištěných a zapažených výkopů. Výkop bude v daných úsecích zapažen štětovnicemi (např. štětovnice Larsen). Podzemní voda v prostoru odtěží se pohybuje v hloubce cca 20 m p. t. a lze očekávat pouze minimální hromadění vody ve výkopu vlivem případné srážkové vody, která bude během výkopů a před zpětným zásypem ze stavební jámy průběžně odčerpávána a odvedena do sanační stanice.

Celá těžba bude prováděna strojně. Odtěžba zeminy bude probíhat postupně a na základě organoleptického posouzení a průběžného vzorkování bude určeno, zda zemina bude odvezena k odstranění nebo k dočasnému uložení. Odtěžba bude probíhat až do dosažení cílových limitů sanace. Vytěžená zemina bude odvezena ke konečné likvidaci podle druhu a koncentrace kontaminace. Nadlimitně kontaminované zeminy budou předány ke konečnému odstranění firmě oprávněné k nakládání s NO. Předpokládá se snížení nebezpečných vlastností kontaminovaných zemin biodegradací. V průběhu a po ukončení těžby na plánovanou úroveň bude prováděno vzorkování vytěžených materiálů a výkopové jámy – viz. kapitola Monitoring 5.7.6. V případě, že bude těžbou

zastižena zemina znečištěná pod sanační limit, bude ukládána na k tomu určenou, která bude vyčleněna v prostoru lokality Bunkry. Tato zemina bude použita pro zpětný zásyp výkopu.

Odvoz a dovoz zemin (zásypového materiálu) je uvažován na max. vzdálenost 20 km. Odtěžené jámy budou zpětně zasypány nekontaminovaným výkopkem a dovezeným inertním materiálem.

Odhad množství kontaminantu v nesaturované zóně vychází z kubatury zeminy doporučené k odtěžbě a průměrné odhadované koncentraci kontaminované zeminy.

Tabulka 44: Balance znečištění RU v zeminách na lokalitě Nádrž

Ohnisko	Plocha ohniska [m ²]	Mocnost kont. zóny [m]	Max hloubka kontaminace [m]	% zeminy jako odpad kategorie N [%]	Hustota zeminy [kg/m ³]	Průměrná koncentrace kontaminantu [g/kg]	Celkem nerozp. kont. [t]
Nádrž	6	3	3	30	1700	4,0	0,05

5.7.4. Vybudování sítě průzkumných sond

V rámci přípravných sanačních prací budou realizovány:

- mělké sondy (C-S)

Parametry vrtů a sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 45: Základní parametry sond realizovaných v rámci přípravných sanačních prací

Označení vrtu	Počet vrtů a sond	Vnější průměr vrtu (mm)	Vnitřní průměr vrtu (mm)	Vrtaný průměr (mm)	Hloubka (m)	Technologie vrtání	Materiál výstroje
C-S	20	80	-	80	3	kopané	-

5.7.1. Odstranění produktu organické fáze z hladiny podzemní vody

Sběr fáze bude probíhat na stejném principu jako na lokalitě Čistírna, s tím rozdílem, že není projektováno sanační čerpání. Sběr fáze bude probíhat obecně s využitím kombinace 3 základních metod:

- Ruční sběr fáze bude probíhat denně (minimálně však 3x týdně) v závislosti na míře nátoků produktu organické fáze do vrtu.
- Sběr fáze pomocí zásobníkových pasivních skimmerů. Vrty s nátokem produktu v rozmezí 2l za týden až 1 l za den budou osazeny zásobníkovými pasivními sběrači. Tato jednoduchá zařízení se zásobníkem a hydrofobní-oleofilní membránou umožňují selektivní nátok fáze do zásobníku. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za tři dny společně s měřením HPV.
- Sběr fáze pomocí pasivních sorbčních skimmerů. Vrty s nátokem produktu menším jak 2 l za týden budou osazeny pasivními sorpčními skimmery. Tyto skimmery plavou na hladině a zachycují organické látky natékající do vrtu. Kontrola naplnění skimmerů bude probíhat jednou za týden společně s měřením HPV.

Osazení vrtů pasivními skimmery, jejich kontrola, ruční sběr fáze a nakládání s odstraněnou fází bude probíhat na stejném principu jako na lokalitě Čistírna.

Ve vrtech s občasným výskytem fáze nebo trvalým výskytem filmu s předpokladem výskytu fáze bude prováděna podpora výtežnosti popsáná v následující kapitole.

5.7.2. Podpora výtežnosti fáze (podpora CO_2 a H_2O_2)

V době nízkých hladin podzemní vody bude prováděna souběžná podpora výtežnosti fáze z horninového prostředí s využitím plynů O_2 a CO_2 . Principy metod a jejich rozsah jsou analogické k lokalitě Čistírna. Aplikace činidel bude prováděna do vrtů vykazujících přítomnost fáze na hladině podzemní vody (předpoklad 8 ks).

Tabulka 46: Parametry aplikací činidel pro podporu výtežnosti fáze na lokalitě Nádrž (bude opakováno každoročně)

	Počet vrtů	Látka	Koncentrace	Množství na vrt/rok	Cekem za celou dobu sanace	Vakuování
Aplikace 1	8	CO_2	5 – 10 g/l	400 kg (100%)	3 200 kg (100%)	NE
Aplikace 2	8	CO_2	5 – 10 g/l	400 kg (100%)	3 200 kg (100%)	NE
Aplikace 3	8	H_2O_2	5 – 10%	8 t (35%)	64 t (35%)	NE

5.7.3. Monitoring sanační

Sanační (provozní) monitoring je založen na odběru vzorků zemin, podzemní vody a vzdušnin v průběhu sanačního zásahu za účelem korekce jeho postupu. Vzorkovací práce budou prováděny v souladu s Metodickým pokynem MŽP z prosince 2006 „Vzorkovací práce v sanační technologii“, na který tímto odkazujeme. Podrobně bude metodika vzorkovacích prací uvedena v detailním prováděcím projektu firmy, která bude sanační práce realizovat na základě výběrového řízení.

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin

Při odtěžbě kontaminovaných zemin v okolí kontrolní šachty Š-8 bude realizován sanační monitoring pro kontrolu a řízení odtěžby kontaminace. Celkem zde plánujeme odebrat 4 ks vzorků zemin pro analytické stanovení obsahu ropných uhlovodíků v parametru $\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$ ze dna výkopu a z hloubkového intervalu 0 – 2 m. Dále plánujeme odebrat 2 ks směsných vzorků z každé kopané sondy, tj. 40 ks vzorků. Dále bude proveden odběr 2 ks vzorků zemin pro zpětný zásyp v rozsahu tabulky č. 10.1, přílohy č. 10 Vyhlášky 294/2005 Sb.

V případě pozitivní indikace kontaminace v trase vedení produktovodu, bude vypracován návrh odstranění kontaminovaných zemin. Rozsah, míra, kubatura kontaminovaných zemin včetně počtu vzorků budou předmětem návrhu.

Sanační monitoring podzemní vody

Na lokalitě Kozí hřbety (Periferie, Nádrž a Mezipolí) bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za tři měsíce měřeny na vybraných vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze. V rámci sledování vývoje kontaminace bude proveden monitoring fáze (lehké LNAPL, těžké DNAPL) v širším okolí lokalit Periferie, Nádrž, Mezipolí v četnosti 1 x 6 měsíců na všech stávajících a nově vybudovaných objektech. Celkem tak bude podrobeno monitoringu 53 objektů.

Na lokalitě Nádrž bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou jednou za dva měsíce měřeny na vybraných 18 vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze (lehké LNAPL, těžké DNAPL). V širším okolí bude probíhat monitoring HPV a fáze (lehké LNAPL, těžké DNAPL) na 8 objektech.

Tabulka 47: Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze

Objekt	Počet	Frekvence	Celkem
režimní monitoring	18	1 x za 3 měsíce	720
širší monitoring	8	1 x za 6 měsíců	160

5.8. Likvidace produktovodu

Z finančních a technických důvodů bude provedeno jen částečné vyjmutí produktovodu z horninového prostředí a zaslepení všech jeho konců. Navrhujeme tento hlavní postup řešení: vyjmutí produktovodu v místech technicky možných, v místech s prokázanou kontaminací.

Produktovod bude vyjmut pouze v místech, kde se jeho trasa nachází v bezprostřední blízkosti území, s prokázanou významnou kontaminací zemin podzemních vod, tzn. pouze v prostoru lokalit Parůžky, N1 a Bunkry.

- Jedna část se týká ponechání produktovodu jak je, a to z důvodů trasy, která vede i pod nedostupnými objekty (např. hangáry, budovy, komunikace, nezpevněné plochy atd. Vzhledem k zjištěnému stavu produktovodu bude ve zmiňovaných místech stačit pročištění (propláchnutí) a ponechání produktovodu zakopaného v zemi. V těchto místech bude produktovod rozdělen na 20 - 50 m dlouhé úseky, ve kterých bude otevřen. Po odčerpání případně přítomného produktu budou zaměřena místa otvorů a budou zpětně zakryta inertním materiálem.
- Druhá část produktovodu bude vytěžena na povrch zejména v místech, kde bylo prokázáno znečištění (např. výsledky odběrů zeminy z kopaných sond, nemocné stromy dle geobotanického průzkumu na lokalitě Kyslíkárna, jiné známky přítomnosti kontaminace) okolních zemin produktem v důsledku špatného stavu produktovodu. Pro tato místa navrhujeme:
 - vyčerpání zbylého produktu,
 - strojové odkrytí a vyjmutí na povrch.
 - kontaminovaný materiál bude odstraněn odpovídajícím způsobem (bude předán firmě oprávněné nakládáním s odpady). Samotné vyjmutí a odtěžba bude provedena v doprůzkumem zjištěných kontaminovaných místech, jak je uvedeno v příloze 12, kde jsou patrná místa produktovodu doporučená k vytěžení. Jedná se o lokality Parůžky, N1 a Bunkry. V některých částech produktovodu je ještě stále voda i produkt. Vytěžená kontaminovaná zemina během odtěžby bude separována od čisté a deponována na lokalitě. Následně bude odstraněna (likvidována) společně s dalšími zeminami odtěženými během sanace.

Provedený doprůzkum produktovodu vytyčil jeho trasu na lokalitě Boží Dar. Bylo zjištěno a zaměřeno pravděpodobné zakončení produktovou u letištní plochy na lokalitě Parůžky. Konec produktovodu byl lokalizován a zaměřen i na větví mířící na lokalitu N1 – N2. Dále se potvrdila přítomnost produktu v některých místech produktovodu. Zbytkový produkt je potřeba odčerpat aby se zabránilo další kontaminaci okolí.

5.8.1. *Předpokládaný postup prací*

Vymezení kontaminovaných zón – v případě produktovodu jsou kontaminována zejména místa manipulace s produktem a nedostatečně zajištěná či později otevřená místa ukončení potrubí.

Odčerpání produktu – v první fázi budou odkryta místa lomů produktovodu. Zde bude potrubí navrtáno a bude ověřen obsah vnitřku produktovodu, v případě prokázání kapaliny uvnitř potrubí bude tato odčerpána do přistavených kontejnerů a odvezena k likvidaci. Předpokládáno je cca 20 míst odkryvu potrubí s navrtávkami.

Rozsah a odtěžba likvidovaného produktovodu

Délka likvidovaného úseku produktovodu je cca 2000 m. Předpokládaný způsob odstranění potrubí: výkop zářezu v trase potrubí – sklon svahů 2:1, hloubka cca 1,5 m (úroveň dna potrubí 1,2 m p.t.), šířka ve dně cca 1,0 m. Ponechané úseky produktovodu budou na všech koncích zaslepeny. Objem výkopových prací => cca 2 500 m³, z toho se uvažuje, že 10% objemu bude kontaminováno 300 m³ (510 t). Odvoz a dovoz zemin (zásypového materiálu) je uvažován na max. vzdálenost 20 km. Odtěžené jámy budou zpětně zasypány nekontaminovaným výkopkem a dovezeným inertním materiálem.

Demontáž potrubí

Po vyjmutí produktovodu na povrch se předpokládá stříhání potrubí hydraulickými nůžkami na úseky délky 2 m, tj. 900 stříhů. Standardní řezání není možné z důvodu bezpečnosti – v produktovodu jsou hořlavé látky. Produktovod bude po rozdělení na úseky odvezen k vyčištění a likvidaci společností oprávněné pro nakládání s nebezpečnými odpady. Ponechané úseky produktovodu budou zaslepeny víčkem a dokonale utěsněny.

Instalace drénů

Drény budou využívány pro zásak chemikálií, odstávání vzdušiny a provzdušňování za účelem podpory biodegradace. Do kontaminovaných míst po odtěžbě budou instalovány infiltrační drény (předpoklad 4 drénů na 2 ohniscích do hloubky 1,5 m pod terénem o délce 10 m, tvaru T, drenážní potrubí uloženo do šterkového lože, utěsněno fólií a vyplněno inertním materiálem).

Bagrované sondy

V okolí infiltračních drénů budou realizovány bagrované sondy (BS, předpoklad 5 ks sond do hloubky 3 m pod terénem). Využívány budou pro odběr vzorků zemin.

Není předpokládáno podpurné sanační čerpání podzemní vody, není dostupný přívod elektrické energie. Předpokládána je vyšší účinnost sanačního systému v obdobích nízkých stavů podzemní vody.

5.8.2. *Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin během likvidace produktovodu*

Sanační monitoring odtěžby kontaminovaných zemin bude probíhat dle stejných principů, jak bylo popsáno v kapitole pro lokalitu Čistírna.

5.8.3. *Sanační monitoring podzemní vody v okolí produktovodu*

V průběhu sanačních prací bude sledována účinnost sanace a kvalita vypouštěných vod, zároveň bude prováděn monitoring podzemních a povrchových vod v okolí.

V okolí produktovodu bude po dobu sanace probíhat režimní monitoring, během kterého budou v intervalu jednou za tři měsíce měřeny na vybraných 12 vrtech hladiny podzemní vody a přítomnost volné fáze.

Tabulka 48: Realizace sanačního monitoringu měření hladin a přítomnosti fáze

Objekt	Počet	Frekvence	Celkem
režimní monitoring	12	1 x za 3 měsíce	480

Množství čerpané vody bude sledováno vodoměrem umístěným na výstupu ze sanační stanice. O čerpaném množství budou vedeny záznamy v provozním deníku.

6. Přehled a zařazení produkovaných odpadů

V rámci sanačních prací (odtěžba kontaminované zeminy, sanace vod, vč. vrtných prací) je možno se setkat s různými druhy odpadů, jejich zařazení, včetně návrhu likvidace udává

Tabulka 49: Zařazení jednotlivých druhů odpadů a návrh zneškodnění

kategorie odpadů dle vyhlášky MŽP z 17.10.2001		způsob likvidace	kategorie
17 05 03	Zemina a kamení obsahující nebezpečné látky	biodegradace, uložení na skládce S-NO	N
17 05 04	Zemina a kamení	zpětný zásyp	O
16 03 05	Organické odpady obsahující nebezpečné látky	termické zneškodnění ve spalovně NO	N
15 02 02	Absorpční činidla, filtrační materiály, čisticí tkaniny a ochranné oděvy znečištěné nebezpečnými látkami	termické zneškodnění ve spalovně NO	N
15 01 10	Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné	termické zneškodnění ve spalovně NO	N
19 13 05	Kaly ze sanace zeminy obsahující N - látky	solidifikace	N
19 13 06	Kaly ze sanace zeminy neuvedené pod č. 19 13 05	solidifikace, skládkování	O
01 05 06	Vrtné kaly a další vrtné odpady obsahující N- látky	uložení na skládku	N
15 01 02	Plastové obaly	uložení na skládku	O
06 13 02	Upotřebené aktivní uhlí	úprava a uložení na skládce S-NO	N
14 06 02	Jiná halogenovaná rozpouštědla, směsi rozpuštědel	termické zneškodnění ve spalovně NO	N
19 13 07	Jiné kapalný odpad ze sanace podzemní vody obsahující N látky	Termické zneškodnění ve spalovně NO	N

Mimo to se mohou v souvislosti s použitou technologií vyskytovat další odpady; výčet veškerých odpadů bude součástí prováděcího projektu předloženého vítězem výběrového řízení.

Veškerá činnost související s nakládáním s odpady bude prováděna v souladu se zákonem o odpadech č. 185/2001 Sb. a souvisejícími vyhláškami, zejména s Vyhláškou MŽP č. 381/2001Sb., kterou se vydává Katalog odpadů a s Vyhláškou MŽP č. 383/2001Sb. o podrobnostech nakládání s odpady. Nakládání s odpady bude dokumentováno evidenčním listem v rozsahu stanoveném vyhláškou MŽP ČR.

Množství odpadu bude deklarováno vážním lístkem. Vážení odpadů bude prováděno při příjezdu na zneškodňovací zařízení. Na lokalitě bude veden stavební (montážní) deník, do kterého bude prováděn řídícími pracovníky sanace kromě dalších skutečností také zápis o pohybu nákladních vozidel s odpady. Na zneškodňovacím zařízení bude vedena dokumentace dle provozního řádu. Nakládání s uvedenými odpady budou zajišťovat odborní techničtí pracovníci.

Při likvidaci případných přebytků oxidačního činidla nebo obalů je nutno postupovat dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech v platném znění (nakládání s nebezpečnými odpady), zákona č. 477/2001 Sb. o obalech v platném znění a jejich prováděcích předpisů.

7. Závěry a doporučení

Návrh sanace navazuje na předchozí provedené práce, zejména aktualizovanou analýzu rizik Stříbrný et al. Monitoring a aktualizace analýzy rizik širší oblasti bývalého vojenského újezdu Mladá, ALFA SYSTEM s.r.o., srpen 2009 a na vlastní výsledky realizovaných průzkumných a monitorovacích prací získané během komplexního doprůzkumu provedené firmou AQUATEST a.s. Cílem je navrhnout sanační systém pro jednotlivé dílčí oblasti lokality Boží Dar sever.

Průzkumnými pracemi realizovanými v rámci předchozích prací a v rámci zpracování dle požadavku zadavatele jsou lokality technicky rozděleny na oblasti s výskytem volné fáze LNAPL a rozpuštěné kontaminace CIU (ohniska znečištění), charakterem kontaminace a též technickým provedením doprůzkumných prací:

- **Oblast Čistírna**
- **Oblast Parůžky**
- **Oblast N1-N2**
- **Oblast Bunkry (N6/1 a Kyslíkárna a Hůština)**
- **Periferie**
- **Nádrž**

Na základě výsledků komplexního doprůzkumu byl proveden odhad bilance kontaminace ropnými látkami. Odhadované množství na celé lokalitě je 4 – 5 tun produktu organické fáze. Jen cca 2-3 tuny bude možné z horninového prostředí odstranit v časovém horizontu do 10 let.

Bylo provedeno vyhodnocení CIU, které v současnosti podléhají přirozené atenuaci. Tyto látky se již na lokalitě nenachází v původní zdrojové formě (PCE, TCE). Podpořením tohoto procesu by bylo možné tento proces výrazně urychlit. Z bilance rozpuštěné a adsorbované látky vyplývá odhad zbývajících množství CIU v horninovém prostředí na úrovni 50 – 100 kg.

Cílové limity sanace budou dosaženy realizací nápravných opatření, které jsou popisovány v tomto návrhu. Před zahájením navrhovaných prací budou na lokalitách provedeny přípravné sanační práce pro upřesnění vymezení ohnisek kontaminace. Bude realizována odtěžba kontaminované zeminy, demolice stávajících zbytků objektů a odstranění vymezených částí produktovodu s následnou odtěžbou podloží. Pro dosažení cílových limitů v podzemní vodě je projektováno vybudování sanačního systému a sanace ohniska ropných látek, sanace kontaminace CIU, vybudování sítě sanačních vrtů, aplikace metod in-situ a následný monitoring. Po ukončení nápravných opatření budou uvedeny sanované plochy do původního stavu včetně odstranění stávajících vrtů a urovnání povrchu.

V následujícím textu je uveden souhrn činností, které doporučujeme realizovat v rámci sanace lokality Boží Dar.

1. Hloubení cca 70 posilujících sanačních vrtů pro sběr LNAPL včetně jejich sofistikovaného vytýčení do puklin, v nichž se LNAPL vyskytuje a optimalizace výstroje vrtů (geofyzika, atmogeochemie, karotáž, kamenování – min. na 2-3 vrtech v každé lokalitě).
2. Intenzifikace sanačních a podpůrných metod odstranění LNAPL ze starých i nových sanačních vrtů (torpédace, vakuování, aplikace rozpuštěných plynů pro podporu výtěžnosti.) min. na 2/3 nových sanačních vrtech (ani bez těchto prací nebude možno dosáhnout sanačního limitu). Intenzifikace formou in-situ degradace znečištění či fyzikální nebo chemické podpory výtěžnosti volné fáze v rozsahu min. 5% z celkového plánovaného rozsahu zakázky. Opomenutí těchto činností může vést k selhání celkové koncepce návrhu a vystavuje projekt riziku nedosažení cílových limitů sanace.
3. Vyjmutí obou páteřních produktovodů a všech jeho odboček k 4 palivovým bunkrům a bývalým nádržím N1 a N2 a jejich vyčištění od masivního znečištění kerosinem a asfaltem,

minimálně v plošném rozsahu příslušné přílohy č. 12. Součástí sanace bude i likvidace nadlimitně znečištěných zemin v bocích a podloží trub a důkladné zaslepení těžných rour od hlavního potrubí co nejbliže k němu, jak u silnice do Benátek nad Jizerou (hlavní páteřní produktovod letiště) a tak u silnice do Strak (východní trasa produktovodu k lokalitě N1, N2). Odbočky z trasy produktovodu k bunkrům jsou v reálu tvořeny třemi až pěti paralelními trubkami o průměru menším než 200 mm.

4. Vyčerpání, propláchnutí těch částí rozvodných hlavních potrubí, které z technických důvodů budou ponechány v zemi (2 700 m) a jejich zaslepení po vyčištění a odsátí kapalin vždy na jejich obou koncích.
5. Sanační čerpání s. s. na ostatních lokalitách, kde předkládaný návrh sanace uvažuje vypouštění vyčištěných vod do horninového prostředí: Čistírna (kombinované znečištění ropnými a chlorovanými alifatickými uhlovodíky) – min. 1 l/s po dobu 36 měsíců během 10 let a Periferie 5 l/s po dobu 36 měsíců během 10 let.
6. Sběr fáze bude proveden následujícími způsoby: kontinuální sběr pasivními sběrači, kampaňovitý pravidelný ruční sběr čerpadlem nebo kalovkou, sběr fáze podpořený systémem sanačního čerpání v závislosti na rychlosti nátoky fáze do vrtu čerpadlem, kalovkou nebo pasivním sběračem.
7. Bagrování znečištěných zemin (těžba a přetěžba) v celkové kubatuře 47 050 m³; z toho s odvozem zemin na likvidaci, nebo bezpečné uložení na příslušné skládce v kubatuře 12 050 m³, resp. 20 485 tun.

Tabulka 50: Bilance vytěžených zemin podle dílčích lokalit

Lokalita	Kubatura k těžbě (m ³)	Kubatura kont. zemin k odvozu a likvidaci (m ³)	Hmotnost kont.zemin k odvozu a likvidaci (t)	Kontaminant
Produktovod	550	550	935	Ropné uhlovodíky
Bunkry	18 000	3 500	5 950	Ropné uhlovodíky
N1, N2	9 000	1 800	3 060	Ropné uhlovodíky
Čistírna, prádelna	12 000	3 000	5 100	Ropné + chlorované uhlovodíky
Parůžky	7 500	1500	2 550	Ropné uhlovodíky
Nádrž	9	9	15	Ropné uhlovodíky
Celkem	47 059	10 359	17 610	

8. Zbourání stavebních konstrukcí 800 m³ a odvoz k likvidaci/uložení 400 tun.
9. Sběr ropné fáze z hladiny podzemní vody pro dosažení místního sanačního limitu, vymizení ropného filmu z hladiny podzemní vody prokazovaného jako vrstvička LNAPL ve vrtech 3 mm (včetně menisku).
10. Likvidace kapalného ropného produktu odstraněného z produktovodů (15 m³ resp. 12 tun) a z vrtů (3,75 m³ resp. 3 tuny).
11. Dekontaminace horninového prostředí a podzemní vody znečištěných chlorovanými alifatickými uhlovodíky a dosažení místního sanačního limitu 1 mg/l sumy CIU v podzemní vodě.

8. Použitá literatura

- 1) Cahlík A., Milovice - Boží Dar, Závěrečná zpráva o průběhu postsanačního monitoringu se zhodnocením roku 2005 a zbytkového rizika, MS Vodní zdroje Holešov a.s., 2006.
- 2) Cahlík A., Milovice – dílčí lokalita Čistírna, Dokumentační zpráva za rok 2006, MS Vodní zdroje Holešov a.s., 2007.
- 3) Cahlík A., Milovice Boží Dar - dílčí lokalita Čistírna, Závěrečná zpráva o průběhu sanačních prací za rok 2007, MS Vodní zdroje Holešov a.s., 2007.
- 4) Černík, M. a kol. – Chemicky podporované in situ sanační technologie, Vydavatelství VŠCHT Praha, 1. vydání, Praha 2010
- 5) Houzím V., Vlastnosti a chování ropných látek v přírodním prostředí, Metodická příručka č. 1, ČVTS při SG Praha, 1984.
- 6) Janoušková I. et al. : Závěrečná zpráva za rok 2014. Dokončení sanace lokality po bývalé Sovětské armádě Kozí hřbety. ENVIGEO s.r.o., Praha, 2014
- 7) Komberec M., Doprůzkum jižního Periferie lokality Kozí hřbety, Závěrečná zpráva Ekomonitor, Chrudim, březen 2010.
- 8) Kvapil P. et al., Doprůzkum kontaminace a zpracování projektové dokumentace na lokalitě po Sovětské armádě Boží Dar – sever, Závěrečná zpráva, AQUATEST a.s., Praha, 2011.
- 9) Kvapil P. et al., Doplňující doprůzkum kontaminace na lokalitě po Sovětské armádě Boží Dar – sever, Závěrečná zpráva, AQUATEST a.s., Praha, 2011.
- 10) Kyndrová, D. – Odchod sovětských vojsk 1990 – 1991, KANT, 1. vydání, 2003
- 11) Lahoda, L. – Tajnostmi podzemí, Lubor Kasal, 1. vydání, Praha 2004
- 12) Pecka, J. – Odsun sovětských vojsk z Československa 1989 – 1991, Ústav pro soudobé dějiny AV ČR, 1. vydání, Praha 1996
- 13) Pecka, J. – Sovětská armáda v Československu 1968 – 1991, Ústav pro soudobé dějiny AV ČR, 1. vydání, Praha 1996
- 14) Pištora Z. et al.: Zadávací dokumentace pro vyhlášení veřejné obchodní soutěže na dokončení sanace bývalé základny Sovětské armády „Milovice - letiště Boží Dar“ (VVP Mladá), MS AGSS s.r.o. Praha, 1996.
- 15) Pištora Z. et al.: Letiště Milovice - Boží Dar. Supervize nad realizací sanace ekologické zátěže firmou Vodní zdroje a.s. Holešov. AGSS s.r.o., Praha, 2002.
- 16) Pištora Z. et al., Milovice – letiště Boží Dar sever, analýza rizika, MS AGSS s.r.o. Praha, 2001.
- 17) Raclavská, H. – Znečištění zemin a metody jejich dekontaminace, VŠB – TU Ostrava, Ostrava 1993
- 18) Řehounek J.: Osudové okamžiky. Sto let vojenského výcvikového prostoru Milovice – Mladá. Jan Řehounek – Kaplanka, Nymburk 2006.
- 19) Stříbrný A. et al. : Závěrečná zpráva analýzy rizik pro území bývalého vojenského letiště Boží dar a okolí. ALFA SYSTEM s.r.o., Jinočany, 2009.
- 20) Švoma J. et al.: Mladá VVP IV. Závěrečná zpráva o průzkumu a asanaci znečištění. AQUATEST a.s., Praha, 1995.
- 21) Švoma J.: Supervize nad sanací po Sovětské armádě ve Všejanech 2013. AQUATEST a.s., Praha, 2014
- 22) Švoma J.: Kozí Hřbety – dokončení supervize nad sanací ekologické zátěže na bývalé základně sovětské armády. AQUATEST a.s., Praha, 2014
- 23) Věstník MŽP č. 9/2005: Metodický pokyn č. 13 MŽP pro průzkum kontaminovaného území.
- 24) Věstník MŽP č. 2/2007: Metodický pokyn MŽP Vzorkovací práce v sanační geologii.

- 25) Věstník MŽP č. 3/2008: Metodický pokyn č. 3 odboru ekologických škod MŽP k řešení problematiky stanovení indikátoru možného znečištění ropnými látkami při sanacích kontaminovaných míst.
- 26) Věstník MŽP č. 8-9/2008: Metodický pokyn č. 14 Hodnocení priorit - kategorizace kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst.