

**STIMULERET BIOLOGISK NEDBRYDNING AF FYRINGSOLIE
– FELTRESULTATER DER VISER MULIGHEDER OG
BEGRÆNSNINGER**

Per Loll, civilingeniør, Ph.D., Dansk Miljørådgivning A/S
Claus Larsen, civilingeniør, Dansk Miljørådgivning A/S
Kaj Henriksen, Lektor, AAU Sektion for Miljøteknologi

ATV MØDE

Vintermøde om Jord- og Grundvandsforurening

Vingstedcentret
6.-7. marts 2007

1. RESUMÉ

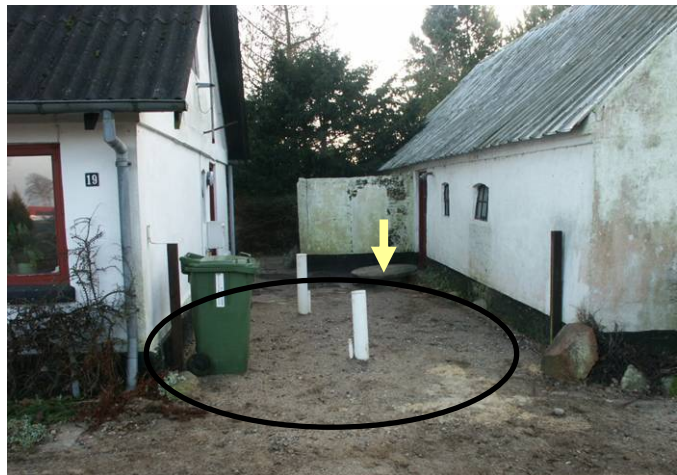
På en villasag i Give gennemfører DMR A/S, på vegne af Topdanmark Forsikring via Oliebranchens Miljøpulje, en afværge der er baseret på stimuleret biologisk nedbrydning af fyringsolie. Der er tale om et spild af fyringsolie som er beliggende i et velafgrænset jordvolumen af en 3 meter dyb umættet zone bestående af sand. Afværgen er baseret på infiltration af olienedbrydende mikroorganismer og næringssalte, samt aktiv ilttilførsel til behandlingszonen via ventilation. Der er etableret en afværgeboring nedstrøms behandlingsområdet, til sikring af hydraulisk kontrol med forureningen og det infiltrerede næringsberigede vand. De gennemførte tiltag samt hovedresultater, problemer og perspektiver præsenteres i indlægget.

2. INDLEDNING

2.1 Baggrund

I april 2003 konstateres en læk i fødeledningen, til ejendommens oliiefyr, der løber mellem stuehuset, hvor fyret er placeret, og et udhus, hvor olietanken er placeret. Ejendommens vandforsyning var baseret på en brønd, som er beliggende ca. 4 meter nedstrøms spildstedet. Give Kommune udsteder påbud om undersøgelse og afværgeforanstaltninger og Rambøll gennemfører en forureningsundersøgelse, og iværksætter en skimning af fri fase i kildeområdet.

På baggrund af forureningsundersøgelsen /1/ vurderes det, at forureningen udgør ca. 1.000 kg olie, der hovedsageligt ligger imellem stuehuset og udhuset. Forureningen ligger i sandede aflejringer fra terræn til grundvandsspejlet ca. 3 m.u.t. og det forurenede jordvolumen udgør i størrelsesordenen 40 m³. Der er konstateret koncentrationer på op til 32.000 mg/kg TS. På baggrund af en risikovurdering påpeges en risiko for ejendommens drikkevandsforsyning og grundvandet.



Figur 1: Forurenede område (oval) og drikkevandsbrønd (pil).

Da de to bygninger er hhv. ”funderet” på marksten og ufunderet vurderes en opgravning/opboring, at ville kræve en boret betonpælevæg til sikring af bygningerne. En sådan væg vil pga. bygningernes tagudhæng blive etableret ca. 0,4 meter fra bygningerne, hvorfor der efter bortgravning/opboring vil blive efterladt en forholdsvis stor restforurening tæt ved og under bygningerne – og ejendommen vurderes at ville blive kortlagt som forurenede. Denne løsning fraviges og det aftales med Give Kommune, at der arbejdes videre med muligheden for at foretage en stimuleret biologisk nedbrydning af olieforureningen. DMR tilknyttes sagen, som fagligt ansvarlig for den biologiske oprensning.

2.2 Formål

Det overordnede formål med den biologiske oprensning er, at foretage en masse- og risiko fjernelse, så det efter afværgen kan dokumenteres, at en eventuel restforurening ikke udgør en risiko i forhold til hhv. arealanvendelse, grundvand og recipienter. Der stiles som udgangspunkt efter en 3 års aktiv oprensningsperiode.

Sideløbende betragtes oprensningen som en forsøgsoprensning, med det formål at gøre nogle praktiske erfaringer med undersøgelse og dokumentation af oprensningseffekten af biologiske oprensningstekniker baseret på tilsætning af bakterier.

Indledningsvist er ejendommens vandforsyning sikret via en tilkobling til den offentlige vandforsyning via en diffusionstæt vandledning.

3. FORUNDERSØGELSE

For indledningsvist at vurdere om en afværgeløsning baseret på stimuleret biologisk nedbrydning var realistisk under de givne forhold, samt for at afklare en række nøgleproblemstillinger i forbindelse hermed, blev der gennemført en række forundersøgelser:

- detaljeret geologisk/geoteknisk karakterisering af behandlingsområdet,
- bestemmelse af jordens egenskaber mht. lufttransport,
- bestemmelse af hydrauliske egenskaber i den umættede zone (afdræning),
- biologiske forforsøg (respirationstest) til vurdering af stimuleringsstrategi,
- prøvepumpning til projektering af pumpe til hydraulisk kontrol.

På baggrund af den geologiske og geotekniske vurdering af behandlingsområdet blev jordmatricen fundet velegnet til at udføre den påtænkte afværge i, om end der blev konstateret mindre inhomogeniteter bestående af lerlinser og indslag af silt i den ellers sandede matrice (fint-til mellemkornet sand). Det naturlige indhold af kvælstof (N) i jorden lå mellem 1,3 og 70,6 (median 4,9) mg N/kg. Lufttransport- og afdræningsegenskaberne blev fundet egnede, og forsøgene gav værdifulde input i forhold til at finde til en egnet infiltrations- og iltningstrategi. Næringssaltkoncentrationer og iltningstrategi, såvel som eventuelle toksiske effekter af forureningskoncentrationen i hot-spot, blev undersøgt i batch for en olienedbrydende kultur (SBP100), som DMR og Aalborg



Figur 2: Biologiske forforsøg udført i batch.

Universitet tidligere har fremelsket og afprøvet for OM.

4. AFVÆRGELØSNING

Efter forundersøgelserne blev det fravalgt, at gennemføre oprensningen med en passiv ilttilførsel baseret på diffusion, da denne løsning ikke ville kunne tilføre nok ilt til processerne, og oprensningen blev i stedet baseret på følgende delelementer:

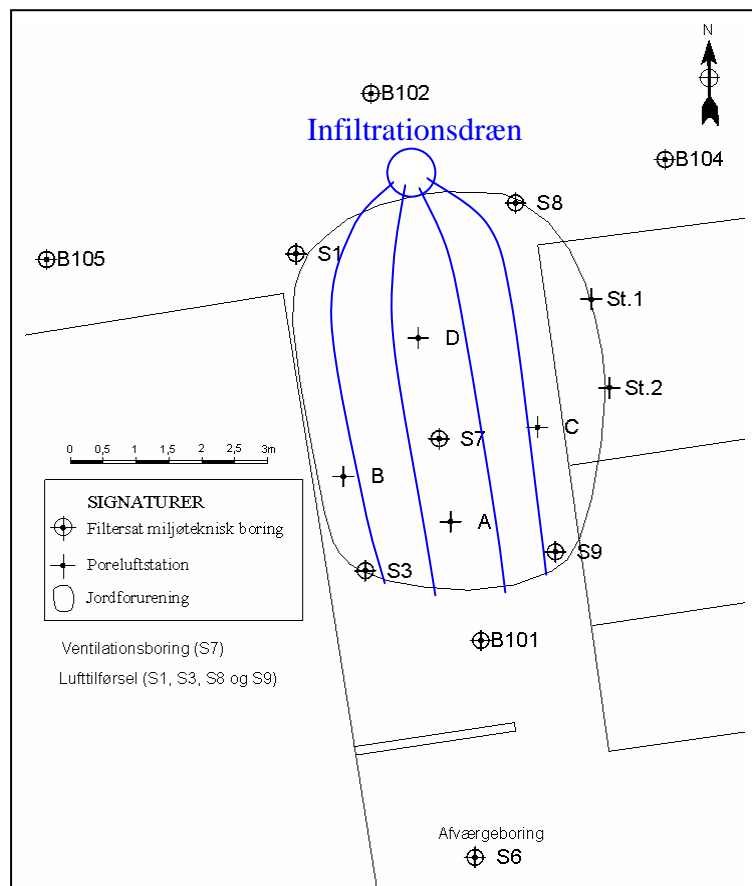
- 1) Infiltration af olienedbrydende mikroorganismer og næringssalte fra fire vandrette dræn i toppen af behandlingszonen.
- 2) Tilførsel af ilt ved en begrænset vakuumentilation i centrum af behandlingszonen samt en begrænset indblæsning af atmosfærisk luft i fire boringer i periferien af behandlingszonen. Den op sugede luft renses i kulfilter.
- 3) Pumpning nedstrøms behandlingszonen til sikring af hydraulisk kontrol med grundvandsforurening og næringssalte. Oppumpet vand udledes via koalescensudskillere.

Boringer, poreluftstationer og skønnet udbredelse af jordforureningen fremgår af figur 3.

4.1 Infiltration

Infiltration af en suspension af olienedbrydende mikroorganismer (SBP100) og næringssaltberiget vand (opløst NPK 23:3:7 eller tilsvarende) foretages pulsvist igennem fire stk. 6 meter lange drænledninger, som er nedgravet ca. i 0,5 meters dybde, umiddelbart over forureningen.

Der er foretaget en opformering af ca. 1 m³ SBP100-kultur i to opformeringsreaktorer og kulturens specifikke aktivitetsniveau er målt ved "CO₂ assimilation index (5 timer)" i forhold til nedbrydning af hhv. fyringsolie, glukose, toluen, naphtalen, oktan og hexadecan. Testen viser en høj grad af biologisk aktivitet /2/ (mere end 10 gange højere end BioGel-kulturen benyttet i /3/). En kimtalsanalyse viste 6,4·10⁵ kim/mL. Der er kun foretaget en initial infiltration.



Figur 3: Situationsplan med angivelse af boringer, målestationer og jordforureningens udbredelse ved start.

Behovet for næringssalte er estimeret via et tommelfingerforhold imellem kvælstof og fosfor (N og P) ved mikrobiologisk vækst under nedbrydning af organiske kulstofforbindelser (C), på 100 kg C : 10 kg N : 1 kg P. Ud fra en skønnet mængde fyringsolie i behandlingsområdet

på ca. 1.000 kg, svarende til ca. 850 kg kulstof, ovenstående CNP-forhold og en forventet 50 % remineralisering af biomassen, vurderes det, at der igennem nedbrydningsforløbet er behov for tilsætning af i størrelsesordenen 45 kg N og 4,5 kg P (svarende til ca. 10 sække gødning á 20 kg). Næringssaltene infiltreres fire gange pr. år, over en periode på 3 år, svarende til en gennemsnitlig samlet tilsat mængde N på ca. 850 mg/kg jord.

For at minimere udvaskning af olie fra behandlingszonen og bevare muligheden for at holde hydraulisk kontrol med forureningsspredningen under infiltrationen, er det efterfølgende infiltrerede væskevolumen holdt under 400 L pr. infiltration (svarende til ca. 1/20 del af den årlige nettonedbør).

4.2 Ventilation

De biologiske processer tilføres ved en begrænset vakuumventilation midt i behandlingszonen (boring S7), kombineret med nedblæsning af atmosfærisk luft fra fire filtersatte boringer i periferien af behandlingszonen (boring S1, S3, S8 og S9). Der benyttes én pumpe til ekstraktion og én pumpe til nedblæsning af luft. Begge pumper er af typen YP-70 og er indbygget i en Quick & Clean standardenhed fra ROTEK med vandudskiller, kulfilter samt vakuummetre og flowmålere. Hver pumpe leverer et flow på op til 100 m³/døgn, og pumpen til indblæsning holdes på mellem ca. 0,5 og 0,75 gange flowet for ekstraktionspumpen

Ved et antaget forbrug af ilt på 3,5 kg ilt pr. kg nedbrudt fyringsolie, vil der blive forbrugt ca. 3.500 kg ilt over den forventede nedbrydningsperiode. Atmosfærisk luft indeholder ca. 0,27 kg ilt pr. m³, hvorfor den nødvendige ilttilførsel overslagsmæssigt svarer til iltindholdet i 13.000 m³ atmosfærisk luft (ved en 100 % effektiv overførsel af ilt). Tidligere erfaringer med SBP100-kulturen indikerer, at nedbrydningspotentialet falder ved iltindhold på under 10 % (svarende til ca. halvdelen af det atmosfæriske indhold af ilt). Den forventede nødvendige luftmængde er derfor mindst dobbelt så stor som beregnet ovenfor; svarende til minimum 26.000 m³. Ved en total nedbrydning af forureningen over en periode på 3 år, svarer det beregnede iltbehov derfor til, at der dagligt skal tilføres mindst 25 m³ atmosfærisk luft til behandlingszonen, eller at porehulrummet i den umættede zone udskiftes ca. 3 gange dagligt.



Figur 4: Q&C enhed til ilttilførsel.

4.3 Hydraulisk kontrol

Der er etableret en MP1-pumpe i afværgeboringen (S6). I normaldrift kører afværgepumpen i intervaldrift med 1 times kørsel og 15 minutters stilstand, svarende til 19 timers drift pr. døgn. Pumpen er sat til en ydelse på ca. 11 L/minut, svarende til 660 L/time (eller ca. 0,5 m³/time i gennemsnit over døgn). Under infiltration af mikroorganismer og/eller næringssalte sættes pumpen til en kontinuert ydelse på ca. 40 L/min, svarende til ca. 2.400 L/time, for at sikre tilstrækkelig hydraulisk kontrol når der infiltreres vand igennem behandlingszonen.

5. PLANLAGT MONITERING OG SLUTDOKUMENTATION

Den løbende monitoring udføres med de primære formål, at dokumentere at der sker en biologisk nedbrydning af forureningen, og at danne grundlag for en løbende vurdering og justering af afværgetiltagene. Et sekundært formål er, at redegøre for den fysiske massefjernelse, der finder sted via vakuumventilationen og afværgepumpningen. Slutdokumentationen skal danne baggrund for en risikovurdering og for en vurdering af de fjernede og eventuelt efterladte restmængder fyringsolie. Der foretages en udvidet prøvetagning til slutdokumentation ca. et halvt år efter afslutning af de aktive afværgetiltag på lokaliteten; dvs. efter ca. 3½ år.

Til monitoring af poreluftkoncentrationerne er der etableret fire poreluftstationer (A–D) i behandlingsområdet og to under gulvet i boligen (St.1 og St.2), jf. figur 3. Det samlede monitoringsprogram er vist i tabel 1.

Monitoring/aktivitet	Analyseparametre	Monitoringstidspunkt								
		Start	1 md.	½ år	1 år	1½ år	2 år	2½ år	3 år	Slut
Poreluft	O ₂ , CO ₂ , kulbrinter	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vakuumventilationsstreng	O ₂ , CO ₂ , kulbrinter	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lufttilførselsboringer	O ₂ , CO ₂	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Indeklima (2 faste poreluftstationer)	Kulbrinter	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Afværgebrønd	Kulbrinter, redox, næringssalte			X	X	X	X	X	X	X
Koalescensudskiller	Kulbrinter			X	X	X	X	X	X	X
Jord	Kulbrinter			X		X		X		X
Pejling og hyd. check af afværgepumpning	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Statusnotat	-			X		X		X		X

Tabel 1: Monitoringsprogram.

5.1 Sideløbende forsøg

For at have en mulighed for at vurdere hvor stor en effekt (af den samlede) der kan tilskrives de naturlige mikroorganismer og hvor stor en del der kan tilskrives den tilførte kultur er der gennemført sideløbende laboratorieforsøg under kontrollerede forhold. Der er derfor opstillet tre 30 L reaktorer med 5 kg jord fra hot-spot (1-3 m.u.t. ved S7) på lokaliteten: a) én med ilt, b) én med ilt og næringssalte, og c) én med ilt, næringssalte og SBP100. Tilsætning af næringssalte og SBP100 modsvarer felttilsætningen. Forsøget er udført ved en konstant temperatur på 10 °C. Der er foretaget en jævnlig udtagning af jordprøver til kulbrinteanalyser og der er udført målinger af ilt og CO₂.

Der opnåedes en signifikant forøgelse af olienedbrydningen ved tilsætning af næringssalte og ilt, men der kunne ikke konstateres en signifikant ekstra effekt ved at tilsætte SBP100, frem for udelukkende at stimulere de naturligt forekommende mikroorganismer. Dette tyder på, at der er et forholdsvist stort naturligt nedbrydningspotentiale i jorden på lokaliteten.



Figur 5: Sideløbende forsøg under kontrollerede forhold.

6. AFVÆRGERESULTATER

I det følgende gives en summarisk gennemgang af udvalgte monitoringsresultater og nogle af de tilhørende vurderinger. Resultaterne angiver generelt sagens status frem til ca. 1½-2 år efter igangsætning af den biologiske afværge /4/. Figur 6 viser det omfattende net af brønde, boringer og poreluftmoniteringsstationer, der er etableret i behandlingsområdet.



Figur 6: Brønde, boringer, monitoringspunkter m.v.

6.1 Poreluft

Kulbrinter

Kulbrintemålingerne udtages umiddelbart i forlængelse af slukning af ventilationsanlægget og viser et dramatisk fald i samtlige monitoringspunkter for samtlige analyseparametre (TVOC, BTEX'er, C9-C10 aromater). I oprensningsområdet (S7 og A – D), er der sket et fald (på 2 år) i middel-TVOC fra ca. 1.000.000 til 54.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (95% reduktion), mens BTEX-indholdet er faldet fra ca. 5.500 til 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (99,7 % reduktion) og aromatindholdet (C9-C10) fra ca. 23.000 til 460 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (98 % reduktion). Middelresultaterne dækker over en del spredning, men tegner et udmærket billede af det generelle indtryk.

I poreluftstationerne under gulvet i boligen er der, siden afværgens start, kun konstateret sporadiske indhold af BTEX'er i niveauer omkring detektionsgrænsen, hvilket indikerer, at der er opnået en tilfredsstillende kontrol med transporten af dampe via den etablerede ventilation.

Ilt og CO₂

Målingerne af ilt og CO₂ benyttes dels som indikation på, at der opnås en tilfredsstillende gennemiltning af behandlingszonen (højt iltniveau), og dels som kvalitativ kontrol af at de biologiske processer forløber som ønsket (forbrug af ilt og udvikling af CO₂). Der er således foretaget målinger hhv. under almindelig drift af ventilationsanlægget og i en periode efter slukning af anlægget.

På baggrund af disse kontrolmålinger er det konkluderet, at ventilationsanlægget fungerer efter hensigten (O₂ > 90 % af atmosfærekoncentrationen under kontinuert drift), og det er besluttet at nedsætte driftstiden til 12 timer pr. døgn ved 6 timers intervaldrift. På baggrund af monitorering op til 16 timer efter slukning af anlægget, kan det konkluderes, at der er biologisk aktivitet i behandlingszonen; størst omkring poreluftstation D og mindst omkring station B.

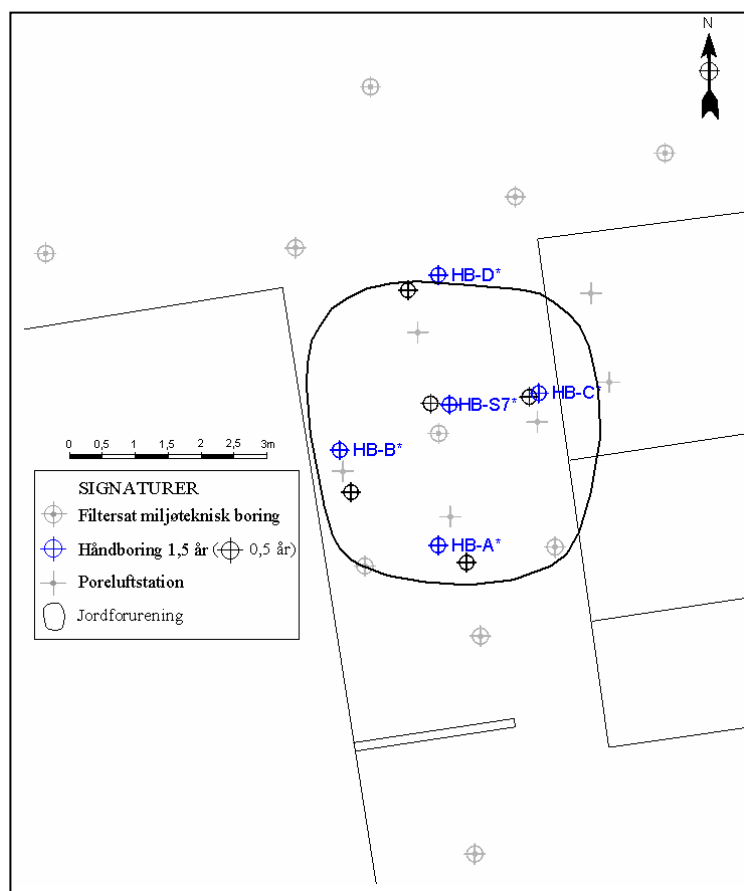
6.2 Grundvand

På baggrund af de kemiske analyser udført hhv. op- og nedstrøms behandlingsområdet kan det overordnet konstateres, at der ikke er sket en uacceptabel mobilisering af forureningen til grundvandszonen som følge af infiltration af næringssalte og mikroorganismer. Der er påvist en mindre udvaskning af kvælstof samt en (svag) stigning i bicarbonatindholdet (opløst CO₂); muligvis som følge af den biologiske omsætning.

6.3 Jord

Der er efter hhv. ½ og 1½ år udført 5 håndboringer, fra terræn til grundvandspejlet, hvorfra der begge gange er udtaget 10-11 prøver til kemisk analyse for indhold af kulbrinter. Boringerne er udført i nærheden af poreluftstationerne, jf. figur 7.

På baggrund af PID-måling og analyseresultater vurderes forureningen omkring HB-B og HB-C (i siden af det forurenede omr.), at være ”sunket” fra en dybde på 0,5 - 1,0 meter til 1,0 - 1,5 meter. Der er ikke konstateret kulbrinteindhold i HB-D efter 1½ år. I disse områder af behandlingszonen er der fjernet/nedbrudt imellem 800 og 2.000 mg/kg TS. Centralt i forureningen, omkring HB-A og HB-S7 er det ikke muligt, at se en entydig reduktion i kulbrintekonzentrationen eller det forurenede jordvolumen.



Figur 7: Situationsplan med angivelse af håndboringer og jordforureningens udbredelse efter 1,5 år.

I forhold til prøveudvælgelsen bemærkes det, at der efter ½ år er lagt forholdsvis stor vægt på at foretage en vertikal afgrænsning (med rene prøver) af forureningen i de enkelte boringer, mens der ved boringsplaceringen og prøveudvælgelsen efter 1½ år er lagt mere vægt på at opnå en god karakteristik af restforureningen i behandlingszonen (forurenede prøver) end på vertikal afgrænsning; en strategi som forventes benyttet ved følgende prøvetagningsrunder.

Strategiændringen resulterer i, at der i prøverne fra 1½ år er konstateret overskridelse af Miljøstyrelsens jordkvalitetskriterier (JKK) i 9 af 11 prøver, mens der i prøverne fra ½ år er konstateret overskridelser i 6 af 10 prøver. Endvidere medfører det ændrede fokus i prøveudvælgelsen i at gennemsnitskoncentrationen i de prøver der overskrider JKK i prøverne fra 1½ år er ca. 8.100 mg/kg TS, mens den tilsvarende er ca. 6.200 mg/kg TS efter ½ år. Denne tilsyneladende stigning i gennemsnitskoncentrationen er naturligvis ikke et udtryk for at forureningsmassen er blevet større, men den bevirker, at det ikke umiddelbart er muligt at drage en entydig konklusion vedr. oprensingsforløbet på baggrund af de kemiske analyser.

For alligevel at få nytte af de kemiske analyser, er der foretaget en sammenligning af gennemsnitskoncentrationerne for de forskellige kulbrintefraktioner i prøverne udtaget hhv. efter ½ og 1½ år. Der er udelukkende medtaget analyseresultater for prøver, hvor kulbrinteindholdet overskrider JKK. Resultaterne er sammenstillet i tabel 2.

	Antal prøver	Total	C25-C35	C10-C25	C6-C10	Sum BTEX
		mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Gennemsnit ½ år	6	6.200	180	5.700	240	19
Gennemsnit 1½ år	9	8.100	300	7.700	160	7,4
Relativt indhold		1,3	1,7	1,3	0,67	0,39

Tabel 2: Sammenstilling af kulbrinteresultater fra behandlingszonen (½ og 1½ år).

Som det fremgår af tabel 2 er gennemsnitsniveauet for totalindholdet af kulbrinter ca. en faktor 1,3 højere efter 1½ år end efter ½ år, og tilsvarende højere for de tungere oliefraktioner, hhv. C25-C35 og C10-C25. I modsætning hertil, ses der lavere relative kulbrinteindhold i de lette oliefraktioner efter 1½ år; hhv. 0,67 i fraktionen C6-C10 og 0,39 for BTEX – på trods af at der i de samme jordprøver er tale om et højere totalindhold. Med andre ord synes resultaterne entydigt at pege på, at der er sket en fjernelse/nedbrydning i de lette oliefraktioner.

At reduktionen specielt sker i de lettere oliefraktioner stemmer godt overens med, at der under biologisk nedbrydning først forventes en reduktion i disse fraktioner, og at der forventes en præferentiel fjernelse af de lette komponenter via udvaskning og ventilation.

6.4 Masseopgørelse

På baggrund af en samlet vurdering af tidligere feltobservationer, PID-resultater og kemiske analyser er der foretaget en revurdering af spildets størrelse til ca. 620-750 L. Heraf er ca. 65 L fjernet via skimming af fri fase, hvorfor oliemængden fra den biologiske oprensings start vurderes, at have været ca. 555-685 L (midleestimat = 620 L).

Baseret på en samlet vurdering af de senere monitoringsresultater vurderes der at restere ca. 475-525 L olie efter 1½ år, og det anslås, at der siden igangsætningen af den biologiske afværge er fjernet 80-160 L olie (ca. 13-26 %). Via kulbrinteresultater fra hhv. ventilationsboringen og afværgeboringen vurderes der at være fjernet ca. 8 L via vakuumventilationen og ca. 0,2 L via afværgepumpningen, mens 70-150 L vurderes at være fjernet via biologisk nedbrydning. I tabel 3 er der opstillet et estimat på masseopgørelsen for den samlede fjernelse, og det ses, at omkring 90 % af det fjernede vurderes at være fjernet via biologisk nedbrydning.

Fjernelsesmekanisme	Fjernet fyringsolie	
	L	% af samlet fjernelse
Nedbrydning	70 – 150	88 – 94
Ventilation	ca. 9	6 – 11
Oppumpning	ca. 0,2	< 1
I alt	80 – 160	100

Tabel 3: Sammenfatning af estimater for massefjernelse (1,5 år).

6.5 Supplerende undersøgelse af hot-spot

Efter 1,5 år af det planlagte oprensingsforløb kunne det konstateres, at det har været muligt at opnå en stimulering af den biologiske nedbrydning i toppen og periferien af behandlingszonen, samt for de lettere oliefraktioner, men at det *ikke* har været muligt at nedbringe jord-

forureningen i sådan grad, at det kan aflæses som et markant og entydigt fald totalkoncentrationerne; specielt i hot-spot. Resultatet var derfor ikke tilfredsstillende, og der blev iværksat en supplerende undersøgelse af de biologiske betingelser i hot-spot (omkring boring S7):

- udførelse af en håndboring i forureningens hot-spot,
- udtagning af jordprøver fra terræn til ca. 3,0 m.u.t., ca. for hver 0,5 meter,
- bestemmelse af pH og næringssaltindhold for hver prøve,
- udførelse af respirationsforsøg hhv. med og uden næringssalte for hver prøve.

På baggrund af resultaterne blev det vurderet, at der forekommer mangel på næringssalte i den forurenede zone ca. 1,5-3,0 m.u.t., samt at der forekommer en hæmning af nedbrydningen omkring 2,0 m.u.t. (den kraftigste forurening) pga. forsurening/lav pH-værdi. Efterfølgende er der foretaget en tilførsel af næringssalte og havekalk, med speciel fokus på at sikre tilførslen til forureningens hot-spot. Resultaterne af denne tilsætning afventer næste prøvetagningsrunde af jordprøver, der foretages primo marts 2007.

7. KONKRETE VURDERINGER OG SAGSØKONOMI

I den konkrete sag kan det konstateres, at der er opnået et fald i poreluftkoncentrationerne i behandlingszonen på mere end 95 %, hvilket har mindsket indeklimarisikoen på ejendommen. Der er endvidere konstateret en reduktion af jordforureningen i toppen og yderområderne af behandlingszonen, samt i koncentrationen af de lettere oliekomponenter, som bevirker en massereduktion af forureningen. Det har ikke været muligt at opnå den ønskede overordnede massereduktion i forureningens hot-spot, men resultaterne af en supplerende undersøgelse har muliggjort en korrektion af oprensingsforløbet, som formentlig vil afhjælpe dette problem.

Set i bakspejlet må vi erkende, at den største udfordring har været/er en meget koncentreret forurening i et forholdsvist lille jordvolumen, som bl.a. bevirker, at det er nødvendigt at ”være over” processerne, ved at foretage en tæt monitoring. Som ”advarsel” blev det således allerede i projekteringsfasen klart, at det var nødvendigt at foretage en (uønsket) mekanisk ventilation for at sikre en tilstrækkelig ilttilførsel til de biologiske processer.

På baggrund af erfaringerne fra bl.a. dette projekt og /3/ er det fundet særdeles værdifuldt, at benytte små hurtige respirationstest under kontrollerede forhold, til at undersøge det naturlige potentiale for nedbrydning, samt – som prediktive tests – til at afklare nøgleforhold vedr. valg af stimuleringsstrategi for tilsætning af olienedbrydende mikroorganismer, næringssalte og ilt. Disse tests er ligeledes vurderet værdifulde i forhold til undersøgelse af årsagerne til at nedbrydningsprocesserne ikke forløber som ønsket.

De samlede projektomkostninger, inkl. udskiftning af vandledning, udførelse af forundersøgelser og sideløbende forsøg, opformering af biomasse m.v. er budgetteret til ca. 1.000.000 kr. Som det fremgår af ovenstående, er projektet delvist betragtet som et demonstrationsprojekt, hvorfor der er tale om en forholdsvis honorartung opgave. Honoraret udgør således ca. 60 % af de samlede omkostninger, mens udgifter til underentreprenører og udlæg udgør de resterende ca. 40 %. Det står dog ligeledes klart, at nødvendigheden af at foretage en tæt løbende monitoring under alle omstændigheder vil medføre et forholdsvist honorartungt budget.

8. OVERORDNEDE VURDERINGER OG PERSPEKTIVER

I sager med stimuleret nedbrydning af organiske forureninger vurderes det at være af afgørende betydning, at der - inden afværgeren igangsættes - foretages betryggende vurderinger af de overordnede masseforhold. Dette betyder f.eks., at det skal sandsynliggøres, at det er fysisk muligt, at tilføre de nødvendige mængder ilt og næringssalte indenfor den planlagte oprensingsperiode. Herunder er det nødvendigt at foretage en grundig hydrogeologisk kortlægning og vurdering for at kunne vurdere og dimensionere tilsætningsmekanismerne på betryggende vis. Endelig er det essentielt, at der foretages en forholdsvis tæt løbende monitoring for at sikre, at oprensningen forløber tilfredsstillende. Denne monitoring skal ikke bare udføres for indikatorparametre (ilt, CO₂ m.v.), men også for de primære forureningskomponenter, således at strategien kan korrigeres hvis der er behov derfor.

På baggrund af resultaterne fra flere undersøgelser af biologisk nedbrydning af oliekomponenter, som DMR har gennemført i samarbejde med Aalborg Universitet (flere afgangspjekter, én anden villatanksag og /3/), vurderer vi, at mikroorganismer, der er i stand til at foretage en naturlig nedbrydning af fyringsolie findes på næsten alle lokaliteter.

Ud fra vores samlede erfaringer, vurderes anvendelsespotentialer for biologisk nedbrydning, at være størst for sager der kan afsluttes på en risikovurdering. Dette skyldes, at de mest mobile (vandopløselige og flygtige) stoffer, der næsten altid driver risikovurderingerne, også er de lettest nedbrydelige, og fjernes forholdsvis hurtigt. Derimod synes de højerekogende oliekomponenter væsentligt sværere at få med. Metoden vurderes endvidere, at være bedre egnet for mindre koncentrerede forureninger; f.eks. med maks-koncentrationer på ca. 5.000 mg/kg TS; og specielt hvis oprensningsmålet er koncentrationer < 100 mg/kg TS. På den anden side vurderes det dog, at der *kan* opnås en tilstrækkelig nedbrydning under ovennævnte forhold.

Endvidere viser samtlige vores erfaringer, at nedbrydningen stimuleres ved tilsætning af næringssalte. Vi har med held benyttet os af almindelig NPK-gødning opløst i vand (klorfri 23:3:7 eller tilsvarende). Dertil gennemføres pt. et afgangspjekter på AAU omkring nedbrydning af BTEX'er, hvor vi bl.a. undersøger hvor langt det naturlige indhold rækker og hvor meget vi kan tilsætte før det bliver "for meget". Desuden undersøges hvordan næringssaltene bedst tilsættes for at få en god fordeling i jordmatricen og mindske udvaskning.

Endeligt må vi erkende, at vi mangler viden om hvor langt vi kan komme ned i koncentrationsniveauer, specielt om det er realistisk at komme under jordkvalitetskriteriet indenfor en overskuelig tidshorisont. Forhåbentlig vil denne sag bidrage med viden herom.

9. REFERENCER

- /1/ Topdanmark Forsikring A/S. Villaolietank - Forureningsundersøgelse og oplæg til afværgetiltag. Høgelundvej 19, Give. OM-sag nr.: 7323-80-511. Rambøll 4. juni 2003.
- /2/ Oliebranchens Miljøpulje. Statusrapport nr. 1 for stimuleret biologisk nedbrydning af fyringsolie. Høgelundvej 19, Give. OM-sag nr.: 7323-80-511. DMR A/S 23. november 2004.
- /3/ Miljøprojekt nr. 1060, 2006. BioGel til rensning af olieforurenet jord.
- /4/ Oliebranchens Miljøpulje. Statusrapport nr. 3 for stimuleret biologisk nedbrydning af fyringsolie. Høgelundvej 19, Give. OM-sag nr.: 7323-80-511. DMR A/S 12. juni 2006.