

Miljøprojekt Nr. 519 2000

Teknologiudviklingsprogrammet for
Jord- og Grundvandsforurening

Effekt af tilsætning af Petrotech til dieselforurenet jord

Laboratorie- og feltforsøg

Bjørn K. Jensen, Kim Broholm, Claus Jørgensen,
Olaf Asmussen, Mette Albrechtsen og Jørgen Hansen

DHI – Institut for Vand og Miljø

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

Forord.....	5
Sammenfatning og konklusioner.....	7
Summary and conclusions	9
1 INDLEDNING.....	11
2 FORSØGSBESKRIVELSE.....	13
2.1 FORFORSØG.....	13
2.1.1 Udtagning af jordprøver og effekten af Petrotech på analysen.....	13
2.1.2 Udvaskningsforsøg	13
2.1.3 Fordampningsforsøg	13
2.2 FELTFORSØG.....	13
2.2.1 Jorden	14
2.2.2 Monitering.....	14
2.2.3 Jordprøvetagning.....	14
2.2.4 Analyser.....	14
3 RESULTATER.....	17
3.1 KARAKTERISERING AF JORDEN	17
3.2 FORFORSØG.....	17
3.2.1 Jordprøver.....	17
3.2.2 Et trins batchudvaskningsforsøg	18
3.2.3 Fordampningsforsøg	18
3.3 FELTFORSØG.....	19
3.3.1 Monitering.....	19
3.3.2 Kulbrinter i jorden.....	20
3.3.3 Driftsparametre	21
3.3.4 Respirationstest.....	24
3.3.5 Mineraliseringstest.....	26
3.3.6 Bakterietællinger.....	27
4 DISKUSSION.....	29
5 KONKLUSION.....	31
6 REFERENCER.....	33
Bilag 1 Bestemmelse af pentanekstraherbare stoffer i vand og jord.....	35
Bilag 2 Bestemmelse af aerob respirationsrate i jord.....	37
Bilag 3 Bestemmelse af mineralisering af specifikke stoffer i jord	39
Bilag 4 Tælling af specifikke nedbrydere i Mikrotiterplader.....	41
Bilag 5 Tælling af specifikke nedbrydere ved MPN.....	43
Bilag 6 Sigteanalyser.....	45
Bilag 7 Analyserapporter for forforsøg	53
Bilag 8 Beregning på rådata fra fordampningsforsøg	65
Bilag 9 Analyserapporter for feltforsøget	67
Bilag 10 Rådata for iltmålinger i jordbunkerne	75
Bilag 11 Rådata for temperaturmålinger i jordbunkerne	77
Bilag 12 Rådata for tørstofanalyser i jordbunkerne	79
Bilag 13 Rådata for pH-målinger i jordbunkerne	83
Bilag 14 Rådata for mineraliseringsforsøg.....	85
Bilag 15 Rådata for respirationsforsøg	87
Bilag 16 Rådata for MPN-bestemmelse	91

Forord

Nærværende rapport indeholder resultaterne af forsøg udført til vurdering af Petrotechs effekt på oliestoffers skæbne i forurenede jord. Dette inkluderer laboratorieundersøgelser af effekten på udvaskningen og fordampningen af kulbrinter, samt et on site feltforsøg, hvor effekten af Petrotech på bionedbrydningen af dieselolie i jord er blevet undersøgt.

Desuden er det undersøgt om tilsætning af Petrotech har en indflydelse på selve den kemiske analyse af kulbrinter i jord.

Petrotech er et brandslukningsmiddel, som hævdes at forøge bionedbrydningen af oliestoffer. De udførte forsøg har til formål at afklare, hvorvidt produktet har en sådan nedbrydningsfremmende effekt.

Denne rapport er udarbejdet af VKI for Schaap & Erikson, Forsvarets Bygningstjeneste og Miljøstyrelsen under Miljøstyrelsens Teknologiprogram for forurenede jord og grundvand. Rapporten er udarbejdet i perioden fra januar 1999 til december 1999.

Sammenfatning og konklusioner

Petrotech

Petrotech er et yderst effektivt brandslukningsmiddel, der er forholdsvis miljøvenligt, idet det ikke indeholder giftstoffer eller ozonlagsnedbrydende komponenter. Det er imidlertid dyrere end de almindelige brandslukningsmidler. Produktet er blevet angivet at forøge bionedbrydningen af oliestoffer. Med henblik på at undersøge hvorvidt det således kan anvendes til at fremme bionedbrydningen af olie ved on site jordrensning, blev der udført et feltforsøg med rensning af dieselolieforurenede jord i miler.

Rapportens indhold

Rapporten indeholder resultaterne af forforsøg til afklaring af de analytiske problemer ved tilsætning af Petrotech til dieselolieforurenede jord samt effekten af Petrotech på fordampningen og udvaskningen af kulbrinter fra jorden og et on site feltforsøg til afklaring af Petrotechs effekt på bionedbrydningen af dieselolie i jord. Monitoreringen af feltforsøget inkluderede følgende parametre:

- Kulbrinter i jord
- Ilt
- Temperatur
- pH
- Vandindhold
- Respirationstests (iltforbrugsbestemmelser)
- Mineraliseringstests (mineralisering af hexadecan)
- Kimtal ved 21°C på jorden
- Tælling hexadecanedbrydende bakterier i jorden.

Jorden

Den dieselolieforurenede jord blev efter opgravning ved Høvelte kaserne transporteret til Sandholmlejren til brug ved feltforsøget. De 20 tons forurenede jord blev manuelt iblandet 5 tons sand for at forbedre permeabiliteten, idet jorden var mere leret end forventet. Den blandede jord blev udlagt i to flade bunker med en højde på 20-40 cm. Der blev tilsat Petrotech til den ene af de to bunker.

Resultater af forforsøg

Forforsøgene har vist, at Petrotech ikke interfererer med analysen af kulbrinter og ikke forøger fordampningen eller udvaskningen af kulbrinter i forurenede jord. Derfor kunne feltforsøget udføres, uden at der blev taget særlige forholdsregler omkring fordampning og udvaskning.

On site feltforsøg

Petrotech resulterede ikke i en forøget bionedbrydning af dieselolien i jorden i løbet af forsøgsperioden på 90 dage ud fra koncentrationen af kulbrinter i jorden.

Driftsmæssige forhold

Driftsmæssigt forløb forsøget som planlagt, idet det lykkedes at undgå begrænsning af f.eks. ilt. Det lykkedes også på en tilfredsstillende måde at homogenisere 20 tons forurenede jord.

Forsøg uden begrænsning af mikrobiel aktivitet

Respirationsforsøget i laboratoriet, der blev startet på dag 0, forløb over 125 dage. Den mikrobiologiske aktivitet fortsatte gennem hele forsøget uden at stoppe på grund af eksempelvis mangel på næringssalte.

Løbende monitoring

Herunder gives et par eksempler på sammenhængen mellem nogle af de parametre, der blev målt i løbet af feltforsøget:

- Under det meste af forsøgsperioden blev der målt et iltforbrug på 5-10 ml ilt/(dag kg TS), som svarer til en omsætning af 4,2-8,3 mg kulbrinter/(dag kg TS), hvis ilten kun benyttes til omsætning af kulbrinter, og 50% af kulstoffet indbygges i bakterierne. Under de forudsætninger burde der være omsat 370-750 mg kulbrinter/kg TS. Denne størrelsesorden passer måske med, hvad der er blevet fjernet i de to jordbunker (afhængig af tolkningen af værdierne for kulbrintekonzentrationen i jorden).
- Der var en stor forskel på iltforbruget fra dag 0 til dag 10 i jorden med Petrotech og jorden uden på grund af nedbrydningen af Petrotech. Der var ingen forskel i mineraliseringshastigheden ved dag 0, hvilket heller ikke var forventeligt, fordi antallet af hexadecannedbrydende bakterier ved starten af forsøget var ens i jordbunkerne. Nedbrydningen af Petrotech de første 10 dage medførte en lidt højere mineraliseringshastighed på dag 13 i jorden med Petrotech i forhold til jorden uden, hvilket indikerer et større antal af hexadecannedbrydende bakterier. Jorden med Petrotech bevarer den højere mineraliseringshastighed både på dag 42 og dag 90. Mineraliseringstestene peger således på en positiv effekt af tilsætningen af Petrotech på nedbrydningen af olie. Den positive effekt reflekteres imidlertid ikke i en forøget fjernelse af olie fra jorden ifølge de målte kulbrintekonzentrationer. Årsagen kan være, at jordens indhold af olie ikke er biotilgængeligt i samme grad som hexadecanen, der tilsættes til mineraliseringsforsøgene.

Summary and conclusions

Petrotech

Petrotech is a very efficient fire extinguisher that is more environmentally friendly since it does not contain any poisoning or ozone layer degrading compounds. However, it is more expensive than other fire extinguishers. Petrotech has been shown to enhance the biodegradation of oil. In order to examine whether it can be applied to enhance the biodegradation of oil at on site treatment of soil, a field experiment was carried out to study the on site treatment of diesel contaminated soil in piles.

Contents of the report

This report contains the results of pre-experiments to examine the effect of Petrotech addition to a diesel contaminated soil on the analyses itself and on the leaching and the evaporation of hydrocarbons from the soil and a on site field experiment to examine the effect of Petrotech on the biodegradation of diesel in the soil. The monitoring of the field experiment included:

- Total hydrocarbons
- Oxygen
- pH
- Water content
- Respiration tests (oxygen consumption)
- Mineralisation tests (mineralising of hexadecane)
- Total number of bacteria at 21°C
- Number of hexadecane degrading bacteria in soil.

The soil

The diesel contaminated soil was excavated at Høvelte Military Base and transported to Sandholm Military Base for use at the field experiment. The 20 tons of contaminated soil were manually mixed with 5 tons of sand to improve the permeability of the soil, since the soil was more clayish than expected. The mixed soil was distributed in two piles with a height of 20-40 cm. Petrotech was added to one of the two piles.

The results of the pre-experiments

The results of the pre-experiments showed that Petrotech does not interfere with the analyses of hydrocarbons or results in enhanced evaporation or leaching of hydrocarbons from the contaminated soil. Thus, the field experiment can be carried out without taking precautions regarding evaporation and leaching.

The on site field experiment

The on site field experiment showed that the addition Petrotech did not result in an enhanced biodegradation of diesel during the experimental period of 90 days with this specific soil based on the measurements of hydrocarbons in the soil.

The operation

The operation of the field experiment was successful because it was possible to avoid any limitation of e.g. oxygen. In addition the homogenisation of 20 tons of soil seemed to be satisfactory.

An experiment without limitation for 125 days

The respiration test initiated at day 0 in the laboratory continued for 125 days indicating that the microbiological activity in the soil was maintained without limitation of nutrients.

Monitoring parameters

In the following a few examples of the connection between some of the monitoring parameters are given:

- During most of the experimental period, an oxygen consumption of 5-10 ml oxygen/(day kg dry weight) was measured that corresponds to a biodegradation of 4.2-8.3 mg hydrocarbons/(day kg dry weight) assuming that the oxygen is only used for biodegradation of the hydrocarbons and that 50% of the carbon is build into the bacteria. At those assumptions 370-750 mg hydrocarbons/kg dry weight should have been degraded which may correspond to the observed biodegradation (depending on the interpretation of the measured concentrations of hydrocarbons).
- Due to the biodegradation of Petrotech there was a difference between the oxygen consumption from day 0 to day 10 in the soil with Petrotech and the soil without. There was not a difference between the mineralisation rate at day 0 in the two soils, which was as expected, because the number of hexadecane degrading bacteria at day 0 was the same in the two piles. The initial biodegradation of Petrotech the first 10 days resulted in a higher mineralisation rate at day 13 in the soil with Petrotech than in the soil without indicating a higher number of hexadecane degrading bacteria. The mineralisation rate remained higher at day 42 and 90 in the soil with Petrotech than without. The mineralisation tests seem to show that the addition of Petrotech had a positive effect on the biodegradation of diesel in soil. However, this effect is not reflected in the removal of diesel based on the analyse of hydrocarbons. One reason may be that the soils content of oil is not bio-available to the same degree as the hexadecane added to the mineralisation tests.

1 Indledning

Benzin- og dieselolieforureninger

Der findes meget dieselolie- og benzinformuren jord i Danmark. Jorden kan oprensnes in situ med eksempelvis (bio)ventilering eller on site ved biologisk nedbrydning i f.eks. miler. Især i dieselolieforurenede jord foregår den naturlige biologiske nedbrydning af dieselolien langsomt selv ved optimale iltforhold. Der findes forskellige produkter på markedet, som ifølge producenterne forøger bionedbrydningen væsentligt. En del af disse produkter indeholder detergenter, som forventes at forøge biotilgængeligheden af de forurenende stoffer i jorden.

Petrotech

Petrotech er et yderst effektivt brandslukningsmiddel, der desuden er effektivt til affedtningsmidler. Det er mere miljøvenligt end almindelige brandslukningsmidler, idet det ikke indeholder giftstoffer eller ozonlagsnedbrydende komponenter. Det er imidlertid dyrere end almindelige brandslukningsmidler. Produktet hævdes at forøge bionedbrydningen af oliestoffer, hvorfor det muligvis ved brug af Petrotech er unødvendigt at fjerne eksempelvis olieforurenede jord efter en brand, idet Petrotechen sørger for en hurtig bionedbrydning af oliestoffer i jorden. Hvis dette er tilfældet, er produktet konkurrencedygtigt i sammenligning med andre brandslukningsmidler, idet en meget stor del af udgifterne ved brandslukning er forbundet med den efterfølgende oprydning. Petrotech kan selvfølgelig også anvendes ved on eller ex site rensning af forurenede jord, hvor jorden ikke stammer fra en brand.

Rapportens indhold

Rapporten indeholder resultaterne af forforsøg til afklaring af de analytiske problemer ved tilsætning af Petrotech til dieselolieforurenede jord samt effekten af Petrotech på fordampningen og udvaskningen af kulbrinter fra jorden og et on site feltforsøg til afklaring af Petrotechs effekt på bionedbrydningen af dieselolie i jord. Monitoreringen af feltforsøget inkluderede totalkulbrinter, ilt, temperatur, pH, vandindhold, respirationstests, mineraliseringstests, kimtal ved 21°C og tælling af hexadecanedbrydende bakterier.

2 Forsøgsbeskrivelse

2.1 Forforsøg

Der er udført forforsøg til bestemmelse af Petrotechs effekt på selve den kemiske analyse af dieselolieforurennet jord samt på fordampningen og udvaskningen af kulbrinter fra dieselolieforurennet jord. Forforsøgene blev udført med det formål at afklare, hvorvidt Petrotech har en effekt på analysen, fordampningen og udvaskningen med henblik på at kunne korrigere for disse effekter ved feltforsøget. Udførelsen af forsøgene er beskrevet i det følgende.

2.1.1 Udtagning af jordprøver og effekten af Petrotech på analysen

Den 22/1-1999 udtog VKI 2 jordprøver fra en jordbunke med dieselolieforurennet jord i Sandholm lejren (se afsnit 2.2.1). Umiddelbart efter at prøverne var ankommet til VKI, blev hver af dem homogeniseret, hvorefter de blev delt i 2. Til den ene af hver af de 2 prøver blev der tilsat 12 ml 8% Petrotech opløsning pr. l jord. Efter tilsætningen af Petrotech blev delprøverne homogeniseret igen. Efter 3 dage i køleskab blev der af hver af de i alt 4 prøver udtaget jordprøver til analyse af kulbrinter i jorden samt til udvaskningsforsøg. Fordampningsforsøget startede efter 4 uger, hvorfor der til dette blev tilberedt en ny batch med jord med Petrotech.

2.1.2 Udvasningsforsøg

Udvasningsforsøget blev udført som batchforsøg med ca. 100 g jord og 1 l destilleret vand. Forsøget blev udført i en lukket stålbeholder uden headspace. Beholderen blev vendt med en hastighed på 8-9 rpm i et døgn, hvorefter der blev udtaget vandprøver, der blev centrifugeret 1 time ved 2000 rpm inden analyse.

2.1.3 Fordampningsforsøg

Fordampningsforsøget blev udført i 250 ml kvælstoffyldte Pyrex glasflasker, hvortil der blev tilsat omkring 100 g jord. Flaskerne blev gennemluftet med kvælstof for at begrænse den aerobe nedbrydning under forsøget. Flaskernes rigtige volumen var 301 ml, og de var udstyret med et Teflondækket septum med to huller: eet, hvori der sad et aktiv kulfilter til opsamling af kulbrinter, og eet, hvor der sad et tyndt stålrør, hvorigennem luften blev tilsat. Luften blev tilsat med en plasticsprøjte med en hastighed på 1-1,5 ml/s. Selve forsøget forløb over 4 dage, hvor luften i flaskerne blev udskiftet. Der udførtes i alt 6 luftudskiftninger på hver flaske i løbet af 72 timer, hvor de første 4 luftudskiftninger bestod af 300 ml kvælstof, den femte luftudskiftning bestod af 360 ml kvælstof, og den sjette bestod af 600 ml luft. I alt er luften i flaskerne blevet udskiftet 7,2 gange, hvis det antages, at jorden i flaskerne ikke fylder noget. Imellem hver luftudskiftning stod flaskerne i termostatrumb ved 21°C.

2.2 Feltforsøg

Detaljerne omkring udførelsen af on site feltforsøget til vurdering af Petrotechs effekt på bionedbrydningen af dieselolieforurennet jord er beskrevet i det følgende. Denne beskrivelse inkluderer en beskrivelse af selve jorden samt de analyser, som monitoreringen indeholdte.

2.2.1 Jorden

Omkring 20 tons dieselolieforurenede jord opgravet ved Høvelte kaserne blev transporteret til Sandholm lejren, hvor det blev midlertidigt opbevaret i en bunke, indtil feltforsøget begyndte. Den forurenede jord blev iblandet 5 tons sand (0-4 mm) for at forbedre permeabiliteten, da jorden var meget leret. Blandingen foregik manuelt med en gravko. Den blandede jord blev udlagt i to flade bunker med en højde på 20-40 cm. Jorden blev derefter harvet for at løsne klumperne og for at homogenisere den. Til jorden i kontrolbunken blev der derefter tilsat i alt 240 liter vand af to gange, hvor jorden blev harvet imellem og efter tilsætningen. Til den anden bunke blev der tilsat 240 l vand indeholdende 8% Petrotech.

Den oprindelige jords kornstørrelsesfordeling blev bestemt.

2.2.2 Monitering

Feltforsøget blev planlagt til at forløbe 84 dage, hvor der i løbet af denne periode blev målt for følgende parametre (antal planlagte prøvetagninger i parentes):

- Kulbrinter i jorden (6)
- Ilt (ca. 16)
- Temperatur (ca. 16)
- Tørstof (ca. 16)
- pH (ca. 16)
- Respirationstest (3)
- Mineraliseringstest (4)
- Kimtal 21°C på jorden (4)
- Tælling af hexadecanedbrydende bakterier i jorden (4).

2.2.3 Jordprøvetagning

Jordprøvetagning

Jordprøverne til mikrobiologiske eller kemiske analyser blev udtaget i glødede Pyrex glasflasker med Teflon septa. Jorden blev udtaget forskellige steder i jordbunkerne, og delprøverne blandet on site til en prøve for hver jordbunke. Efter ankomst på VKI opbevarede flaskerne på køl ved 4°C. Flaskerne med jord omrystedes kraftigt for at homogenisere prøverne. De mikrobiologiske og kemiske analyser påbegyndtes umiddelbart, efter at prøverne var ankommet til VKI.

2.2.4 Analyser

Kulbrinter i jorden

Koncentrationen af totalkulbrinter i jord blev bestemt ved GC-FID. Koncentrationen opdeles i kulbrinter i følgende intervaller: C₆-C₁₀, C₁₀-C₂₅ og C₂₅-C₃₅. Analysemetoden er beskrevet i bilag 1.

Ilt

Ilt i poreluften blev bestemt on site ved hjælp af en LFG-20 Landfill Gas Analyser (Analytical Development Company Limited). Målingen foregår ved en infrarød teknik på en luftprøve, der pumpes forbi detektoren. Instrumentet kalibreres med atmosfærisk luft (20,95% ilt vol/vol) og kontrolleres med gasstandard (5% ilt i kvælstof). Luftprøven i jordbunkerne udtages ved at nedstikke et rør, hvor den ende, der er nede i jorden, er beskyttet af et fint net for at undgå, at jorden kommer op i røret. Ilt måles 3-6 steder i hver jordbunke.

Temperatur

Temperaturen i jordbunkerne blev målt on site med et elektronisk termometer (TESTO 926). Føleren, der er ca. 11 cm lang, stikkes ned i jorden, og

temperaturen aflæses, når den har stabiliseret sig. Temperaturen måles 4-8 steder i hver jordbunke.

Tørstof

Tørstof bestemmes på alle jordprøver. I en afvejet staniolbeholder afvejes en mængde våd jord (50-100 g). Prøven tørres ved 105°C i mindst 4 timer. Herefter vejes prøven igen, og tørstofindholdet kan beregnes. Der udføres dobbeltbestemmelse på hver jordprøve.

pH

pH bestemmes i en suspension af 10 g våd jord og 25 ml 0,01 M $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ opløsning. Suspensionen rystes 5-6 gange i løbet af ca. 50 min. pH måles på væsken over jorden med et WTW pH-meter.

Respirationstest

Respirationstestene blev udført med henblik på at bestemme de aerobe mikrobiologiske aktiviteter, herunder at undersøge hvorvidt Petrotech giver anledning til en forøgelse af denne. Respirationstest blev udført således, at iltforbruget kunne bestemmes som trykfald. Respirationstest og tilsvarende kontrolflasker udføres med 5-dobbelt bestemmelse. Bilag 2 indeholder en detaljeret beskrivelse af metoden.

Mineraliseringstest

Mineraliseringstestene blev udført med henblik på at undersøge, hvorvidt der sker en forøgelse af den dieselolienedbrydende aktivitet som følge af tilsætningen af Petrotech forøgelse af denne. Mineraliseringstest bestemmer, hvor stor en del af et C^{14} -mærket substrat tilsat til en jordprøve der omsættes til CO_2 . I forsøgene her benyttes hexadecan som substrat. Den udviklede CO_2 opsamles i fælder, der indeholder base (NaOH). Mængden af C^{14} -mærket C i fælden måles på en scintillationstæller. Forsøgene og tilhørende kontrolforsøg udføres som dobbeltbestemmelse. Bilag 3 indeholder en detaljeret beskrivelse af metoden.

Kimtal ved 21°C på jorden

Kimtallet bestemmes ved spredning af en kendt mængde af prøven på Noble Agar (Difco) tilsat 300 mg/l Tryptone Soy Broth (Difco) og 25 mg/l af fungicidet pimarin (Merck). Antallet af kolonier per gram tør jord, der er vokset frem efter inkubation ved 21°C, angiver kimtallet. Pladerne aflæses gentagne gange med en uges mellemrum, indtil der ikke vokser yderligere kim frem. Påvisningsgrænsen er 100 kim per 1,6 g våd jord.

Tælling af specifikke nedbrydere i jorden

Bestemmelsen af de specifikke nedbrydere baseres på MPN (Most Probably Number) teknikken. Jordprøven blandes med medie, ud fra hvilken der udføres en række fortyndinger. Ved tællingerne af dieselolienedbrydende bakterier tilsættes dieselolien som en oliefilm på vandoverfladen, og der, hvor der er bakteriel nedbrydning, vil der ske en ændring af oliefilmen. Ved tællinger af hexadecanededbrydende bakterier tilsættes der C^{14} -mærket hexadecan, og der, hvor der er bakteriel nedbrydning, vil der registreres C^{14} -mærket CO_2 . Metoderne er beskrevet detaljeret i bilag 4 og 5.

3 Resultater

Dette kapitel indeholder både en beskrivelse af selve jorden samt resultaterne af forforsøgene og on site feltforsøget.

3.1 Karakterisering af jorden

Kornstørrelsesfordelingen, vist i tabel 3.1, afslører, at jorden indeholder en stor mængde ler og silt. Efter det danske klassifikationssystem (Miljøstyrelsen, 1996) adskilles sand og silt ved 0,02 mm, så jorden her indeholder omkring 30-35% ler og silt. Grus (> 2 mm) udgør 16-17%, og sand (0,02-2 mm) udgør 48-54%. Når silt- og lerfraktionen ikke er separeret, er det ikke muligt at fastsætte jordtypen yderligere, men med det fastsatte sandindhold er jorden enten en siltjord, lerjord eller en svær lerjord. Sandsynligheden for, at det er en svær lerjord, er dog meget lille.

Tabel 3.1. Kornstørrelsesfordeling for jord 1 og jord 2 før iblanding af sand.

Fraktion	Jordklassifikation	Jord 1	Jord 2
> 2 mm	Grus	16,87	16,36
1,4-2 mm	Sand	1,21	1,33
1-1,4 mm	Sand	1,56	1,47
0,71-1 mm	Sand	1,84	1,72
0,5-0,71 mm	Sand	3,01	2,86
0,355-0,5 mm	Sand	4,95	3,54
0,25-0,355 mm	Sand	5,09	5,32
0,18-0,355 mm	Sand	7,44	7,66
0,125-0,18 mm	Sand	9,01	9,57
0,09-0,125 mm	Sand	8,12	8,46
0,063-0,09 mm	Sand	6,84	6,66
< 0,063 mm	Sand, silt og ler	34,06	35,05

3.2 Forforsøg

3.2.1 Jordprøver

De målte koncentrationer af kulbrinter i de 2 jordprøver med og uden Petrotech er vist i tabel 3.2. Totalindholdet af kulbrinter er ens for jord 2 med og uden Petrotech, og der er en forskel på 6% for jord 1. Det må derfor konkluderes, at Petrotech ikke har nogen indflydelse på analysen af kulbrinter.

Tabel 3.2. Koncentrationen af kulbrinter i de 2 jordprøver med og uden tilsætning af Petrotech.

Prøve	C ₆ H ₆ - C ₁₀ incl. BTEX mg/kg TS	C ₁₀ - C ₂₅ mg/kg TS	C ₂₅ - C ₃₅ mg/kg TS	Totalt indhold mg/kg TS
Jord 1 med Petrotech	92	6.300	<20	6.400
Jord 1 uden Petrotech	80	6.700	<20	6.800
Jord 2 med Petrotech	54	4.500	<20	4.500
Jord 2 uden Petrotech	47	4.400	<20	4.500

3.2.2 Et trins batchudvaskningsforsøg

Resultatet af udvaskningsforsøget er vist i tabel 3.3. Der blev udført dobbeltforsøg på alle jordprøverne. For jord 1 er der en forskel på totalkulbrintekonzentrationen på 3% mellem jorden med og uden Petrotech, hvis totalkulbrintekonzentrationen på 510 mg/kg TS udelades. For jord 2 er der en forskel på totalkulbrintekonzentrationen på 40% mellem jordprøven med og uden Petrotech, hvis der ikke udelades nogen målinger. Hvis totalkulbrintekonzentrationen på 46 mg/kg TS udelades, er forskellen på 8%. Den udvaskelige mængde udgør 1,0-2,8% (hvis den højeste værdi på 7,5% udelades) af stofmængden i jorden. At der ikke udvaskes mere skyldes, at dieselolie består af forholdsvis tunge stoffer, der binder kraftigt til jorden. Det må derfor konkluderes, at Petrotech i den tilsatte koncentration ikke har nogen effekt på udvaskningen af kulbrinter fra jorden.

Tabel 3.3. Udvasningen af kulbrinter af de 2 jorde med og uden Petrotech udtrykt som den udvaskelige stofmængde per kg jord TS. Desuden er den udvaskelige mængde (som total indhold) sat i forhold til mængden i jorden. Udvasningen er målt i batchudvaskningsforsøg med et vand-/jordforhold på 10:1.

Prøve	C ₆ H ₆ – C ₁₀ incl. BTEX mg/kg TS	C ₁₀ - C ₂₅ mg/kg TS	C ₂₅ - C ₃₅ mg/kg TS	Totalt indhold mg/kg TS	Procentuel udvasket mængde %
Jord 1 med Petrotech	2,2 2,5	180 150	1,9 2,5	180 150	2,8 2,3
Jord 1 uden Petrotech	2,2 6,7	160 510	1,6 2,0	170 510	2,5 7,5
Jord 2 med Petrotech	0,48 0,99	46 83	< 0,25 < 0,25	46 84	1,0 1,9
Jord 2 uden Petrotech	2,4 0,48	100 80	< 0,25 1,0	100 81	2,2 1,8

3.2.3 Fordampningsforsøg

Resultatet af fordampningsforsøget er vist i tabel 3.4. Rådata og de efterfølgende beregninger for at nå frem til tallene i tabel 3.4 er vist i bilag 8. For jord 1 er der en forskel i den andel, der fordamper, på 11% mellem jorden med og uden Petrotech. For jord 2 er der en faktor 3-4 til forskel på jorden med og uden Petrotech. Andelen, der fordamper, er i jord 2 med Petrotech af samme størrelse, som for jord 1 med og uden Petrotech. Den andel, der fordamper i løbet af forsøgsperioden, udgør 0,0022-0,0072 (2,2-7,2‰) af mængden af totalkulbrinter eller 0,22-0,69 (22-69%) af mængden C₆H₆ - C₁₀. At der ikke fordamper mere, skyldes sammensætningen af dieselolie, hvori en meget stor del udgøres af tungere komponenter, der har et meget lille damptryk. Sættes den fordampede mængde i relation til mængden af C₆H₆ - C₁₀, som er den fraktion, der indeholder de lettere kulbrinter, som forventes at fordampe inden for en rimelig tidshorisont, udgør fordampningen 22-69%.

Forsøgene viser, at tilsætningen af Petrotech i den anvendte koncentration ikke har nogen effekt på fordampningen af kulbrinter fra jorden.

Tabel 3.4. Fordampningen af kulbrinter fra de 2 jorde med og uden Petrotech udtrykt som den fordampede stofmængde i forhold til henholdsvis mængden af totalkulbrinter i jorden og mængden af $C_6H_6 - C_{10}$.

Prøve	Fordampet andel i forhold til mængden af totalkulbrinter	Fordampet andel i forhold til mængden af $C_6H_6 - C_{10}$
Jord 1 med Petrotech	0,0054	0,46
Jord 1 uden Petrotech	0,0060	0,51
Jord 2 med Petrotech	0,0072	0,69
Jord 2 uden Petrotech	0,0022	0,21

3.3 Feltforsøg

3.3.1 Monitoring

Den løbende monitoring med detaljer omkring tidspunkter m.v. er vist i tabel 3.5.

Tabel 3.5. Oversigt over den udførte monitoring.

Dato	Dag	Behandling af jorden	Udtaget jordprøver	pH	Tørstof	Ilt	Temp	Kulbrinter	Kimtal (21°C)	Tælling af specifikke nedbryd. bakterier	Mineralisering af hexadecan	Respiration
18/5/99	0	x ^{1,2}	x	x	x	x	x	x	x	x ⁴	x	x
19/5/99	1	-	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
21/5/99	3	-	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-
25/5/99	7	-	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-
28/5/99	10	x ^{1,2}	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-
31/5/99	13	-	x	x	x	x	x	x	x	x ⁴	x	x
9/6/99	22	-	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
17/6/99	30	-	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
23/6/99	36	x ^{1,2}	x	x	x	x	x	x ⁶	-	-	-	-
29/6/99	42	-	x	x	x	-	x	x	x	-	x	-
13/7/99	56	-	x	x	x	-	x	x ⁶	-	x ⁵	-	-
26/7/99	69	-	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-
29/7/99	72	x ^{1,3}	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
5/8/99	79	-	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
16/8/99	90	x ¹	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x
2/9/99	107	-	x	-	x	-	-	-	-	x ⁵	-	-

¹: Homogeniseret jordbunkerne ved harvning

²: Tilsat 240 l vand pr bunke

³: Tilsat 360 l vand pr bunke

⁴: Dieselolienedbrydende bakterier

⁵: Hexadecanedbrydende bakterier

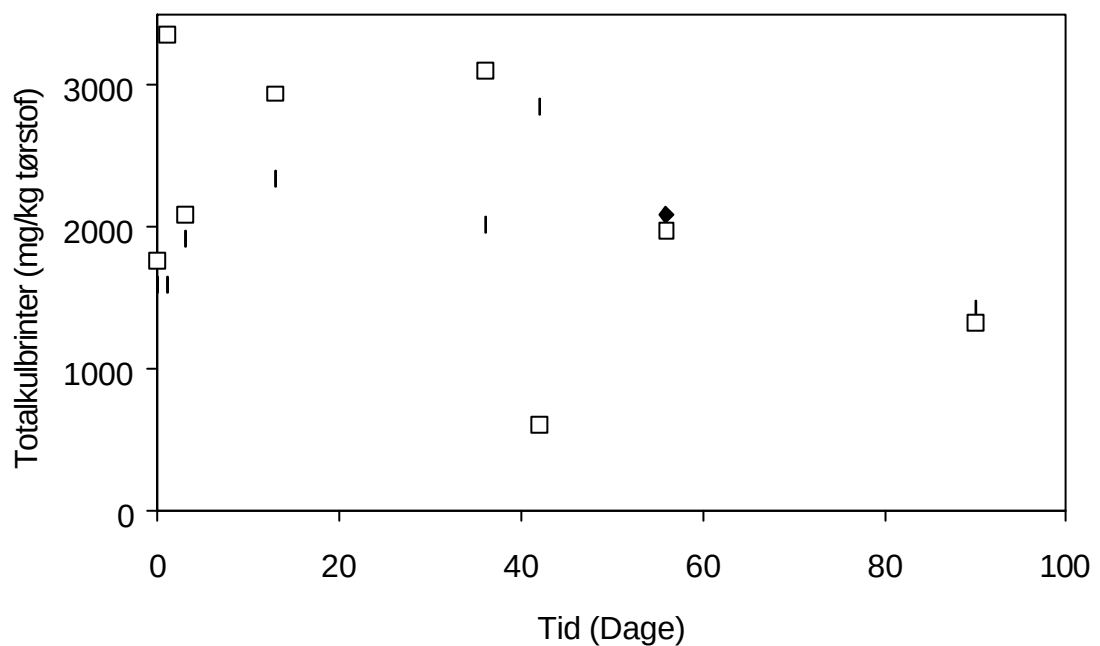
⁶: Jordprøverne er analyseret senere efter at have været opbevaret i køleskab

3.3.2 Kulbrinter i jorden

Det fremgår af figur 3.1 og tabel 3.6, at koncentrationen af totalkulbrinter er den samme i de to jordbunker. På dag 90 er der måske sket et fald i koncentrationen af totalkulbrinter i begge jordbunker. Petrotech har åbenbart ingen effekt på bionedbrydningen af oliestofferne i jorden på basis af kulbrintekoncentrationen i jorden. Kulbrintekoncentrationen i jorden uden Petrotech på dag 42 er sandsynligvis behæftet med fejl.

Tabel 3.6. Kulbrintekoncentration (mg/kg TS) i jorden med og uden Petrotech.

Dag	Uden Petrotech				Med Petrotech			
	C ₆ -C ₁₀	C ₁₁ -C ₂₅	C ₂₅ -C ₃₅	Total	C ₆ -C ₁₀	C ₁₁ -C ₂₅	C ₂₅ -C ₃₅	Total
0	8,7	1606	145	1761	8,8	1477	113	1599
1	5,7	1410	1937	3353	6,8	1445	139	1591
3	5,4	1787	293	2086	6,3	1565	344	1914
13	7,1	2743	188	2938	5,9	2178	162	2347
36	-	-	-	3100	-	-	-	2023
42	2,3	568	43	614	7,1	2609	261	2846
56	-	-	-	1977	-	-	-	2089
90	-	-	-	1331	-	-	-	1422



Figur 3.1. Koncentrationen af totalkulbrinter som funktion af tiden i henholdsvis jordbunken med (◆) og uden Petrotech (□).

3.3.3 Driftsparametre

Ilt

Indholdet af ilt i de 2 jordbunker er vist i figur 3.2. Figuren viser, at den relative iltmætning har været omkring 1, dvs. iltindholdet i jordbunkerne har svaret til atmosfærens, og ilt har derfor ikke begrænset nedbrydningen af oliestoffer. Dette er forventeligt, idet jordbunkerne kun er 20-40 cm høje.

Temperaturen

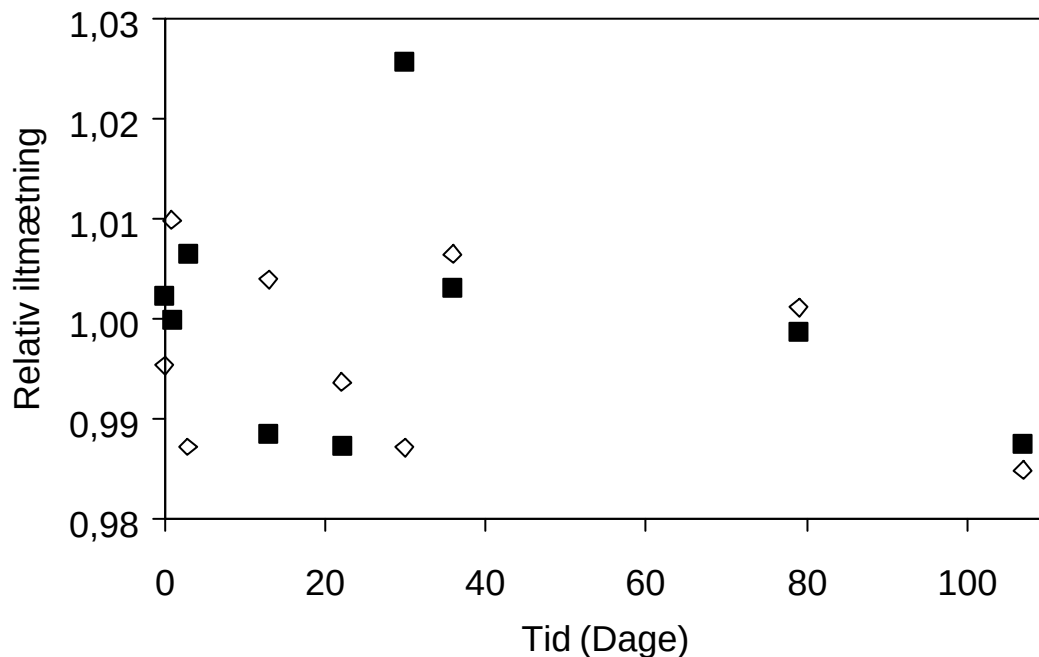
Temperaturen i jordbunkerne om dagen har ifølge figur 3.3 varieret mellem 13°C og 26°C. Der er ingen tydelig forskel på temperaturen i de to bunker, hvilket viser, at den tilsatte Petrotech ikke har medført en så forøget mikrobiel aktivitet, at den har givet anledning til en forøget temperatur.

Tørstof- og vandindhold

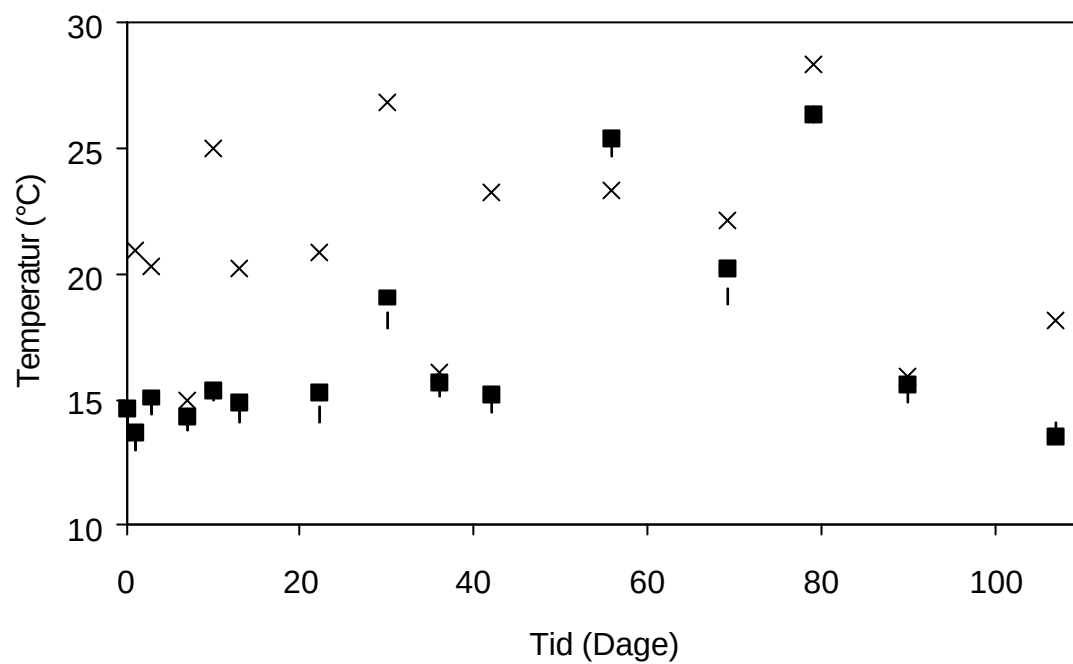
Tørstofindholdet vist i figur 3.4 og vandindholdet vist i figur 3.5 viser, at jorden ikke på noget tidspunkt har været fuldstændigt udtørret til trods for, at feltforsøget foregik hen over sommeren med varme lufttemperaturer (se figur 3.3). Eftersom jordprøverne er blandingsprøver, er det viste vand- og tørstofindhold gennemsnitsværdier. I perioder har de øverste par centimeter af jordbunkerne været udtørret. Jorden har generelt bevaret en fugtighed, hvilket har betydet, at der, bortset fra de øverste centimeter, ikke er forekommet en hæmning af den mikrobiologiske aktivitet som følge af udtørring.

pH

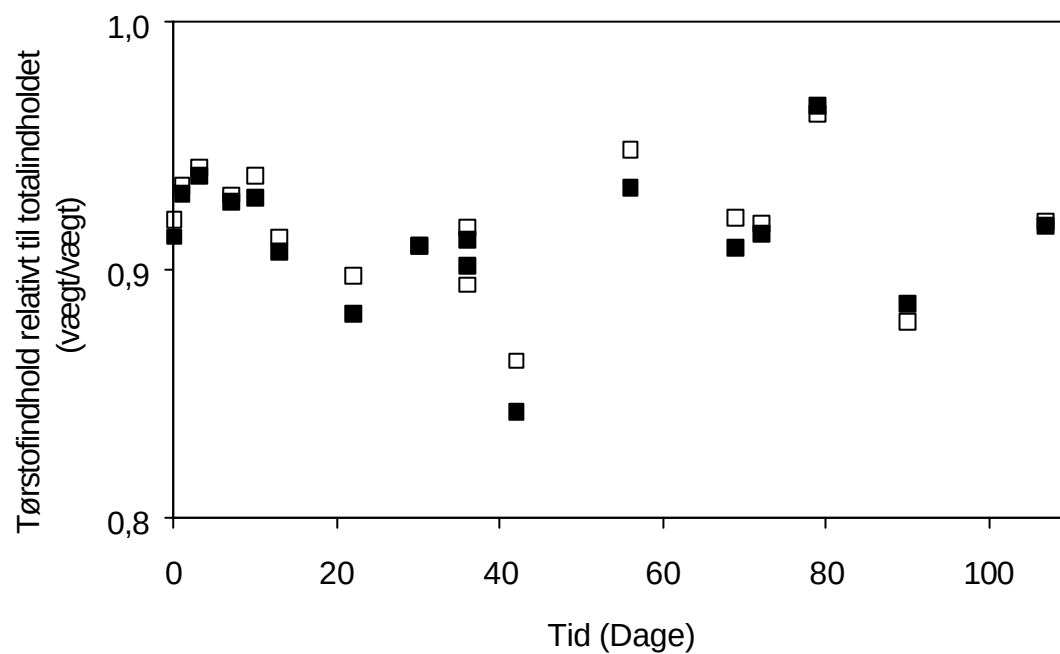
pH varierer, som det fremgår af figur 3.6, mellem 6,76 og 7,39. Der er ingen umiddelbare indikationer på en tidlig variation eller en forskel mellem jorden uden og med Petrotech. De målte pH-værdier er inden for det område, hvor vækst af bakterier er optimal.



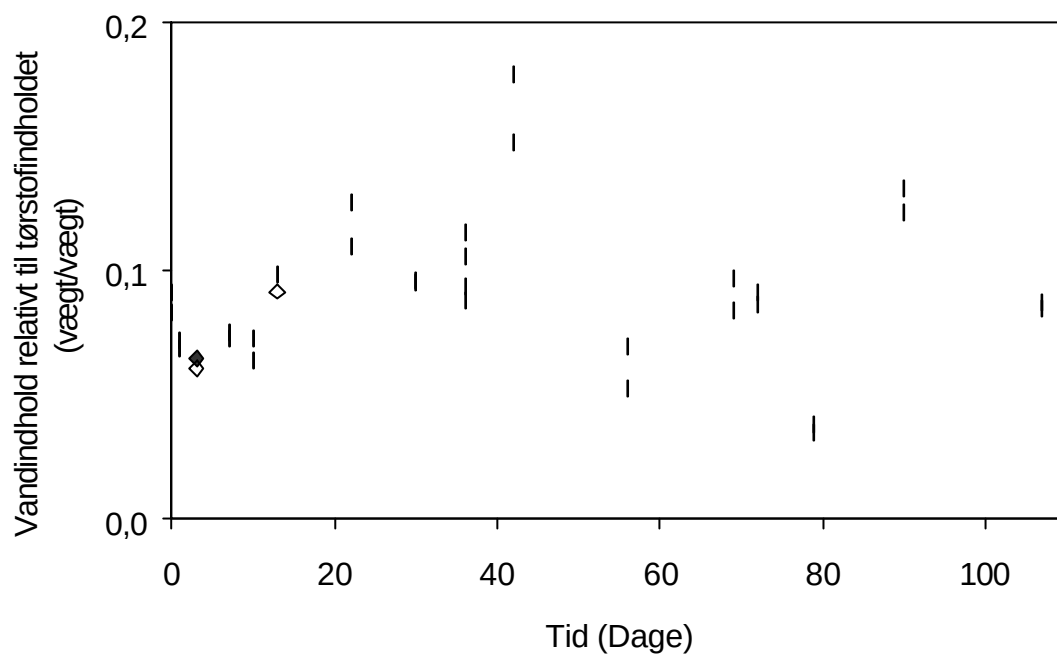
Figur 3.2. Iltmætningen som funktion af tiden i henholdsvis jordbunken med (■) og uden Petrotech(◊).



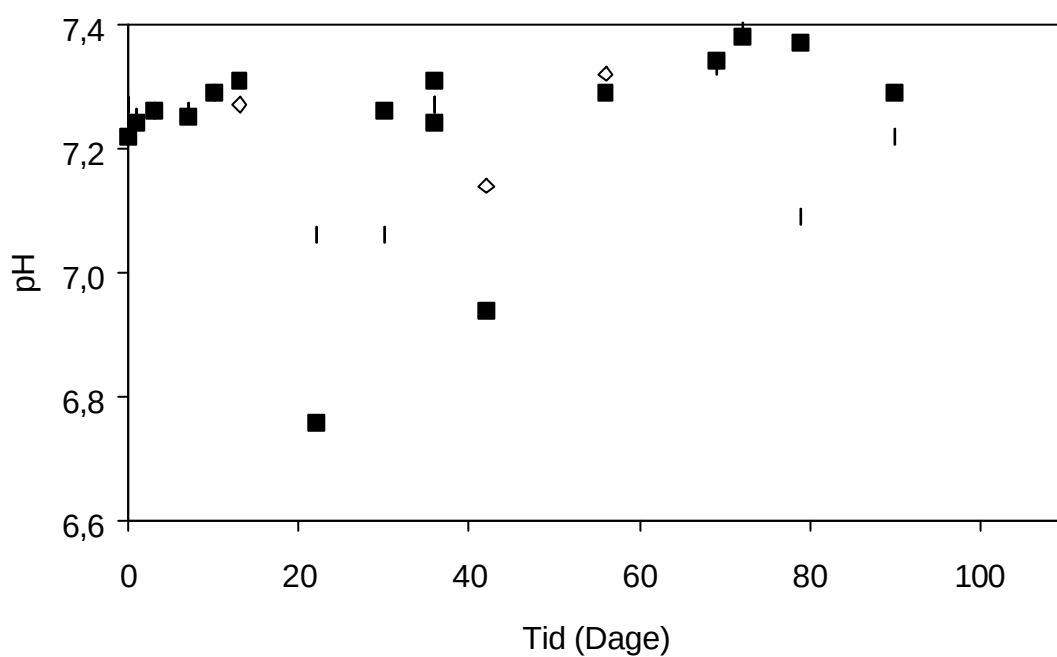
Figur 3.3. Temperaturen som funktion af tiden i henholdsvis jordbunken med (■) og uden Petrotech (□) samt i luften (X).



Figur 3.4. Tørstofindholdet i forhold til totalindholdet som funktion af tiden i henholdsvis jordbunken med (■) og uden Petrotech (□).



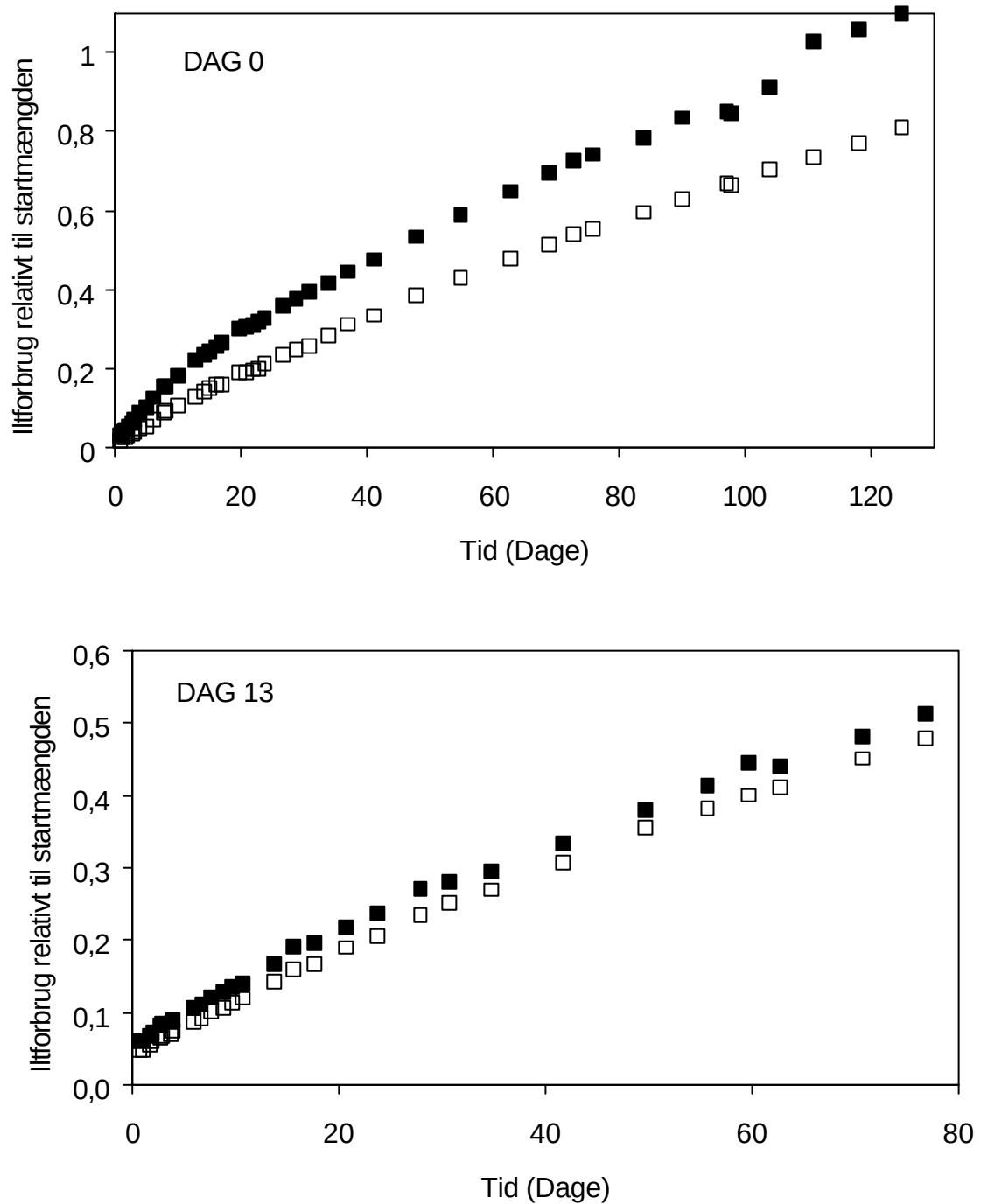
Figur 3.5. Vandindholdet i forhold til tørstofindholdet som funktion af tiden i henholdsvis jordbunken med (◆) og uden Petrotech (◊).



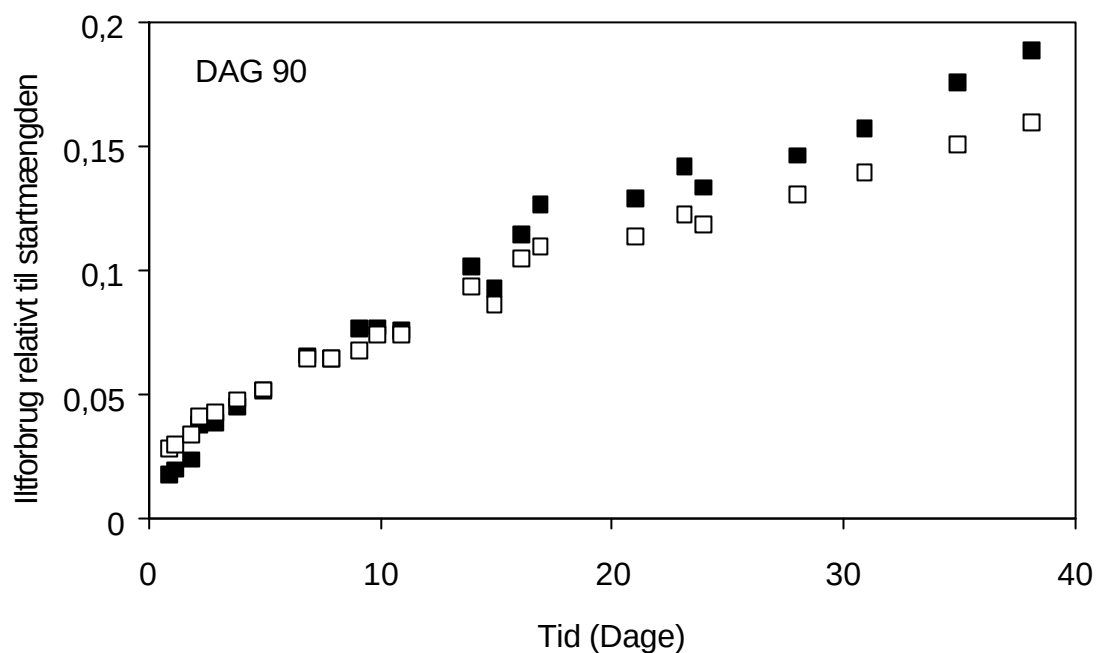
Figur 3.6. pH som funktion af tiden i henholdsvis jordbunken med (■) og uden Petrotech (◊).

3.3.4 Respirationstest

Respirationstests er blevet udført på jordprøver 3 gange (dag 0, 13 og 90) i løbet af forsøgsperioden. Iltforbruget i jordprøverne som funktion af tiden er vist i figur 3.7 for de 3 tidspunkter.



Figur 3.7. Middeliltforbruget i jordprøverne med (■) og uden Petrotech (□) som funktion af tiden for de 3 tidspunkter.



Figur 3.7. (fortsat) Middeliltforbruget i jordprøverne med (■) og uden Petrotech (□) som funktion af tiden for de 3 tidspunkter.

Hastigheden, hvorved ilten er forbrugt, er blevet beregnet ud fra hældningen på kurven normeret til mængden af jord i den enkelte flaske. På iltforbrugs-kurven, eksempelvis for dag 0, er der en ændring i hastigheden på kurven. Derfor er der beregnet to hastigheder. Alle de beregnede hastigheder er vist i tabel 3.7.

Der er et højere iltforbrug i jorden med Petrotech end uden fra dag 0 til dag 10. Dette skyldes sandsynligvis nedbrydningen af Petrotech. Efter dag 10 er der ikke så stor en forskel mere, hvilket indikerer, at det meste af Petrotechen er nedbrudt i løbet af de første 10 dage. Der er ingen forskel på hastigheden for dag 13, og hastigheden i jorden med Petrotech er ca. 20% større på dag 90 end hastigheden i jorden uden Petrotech.

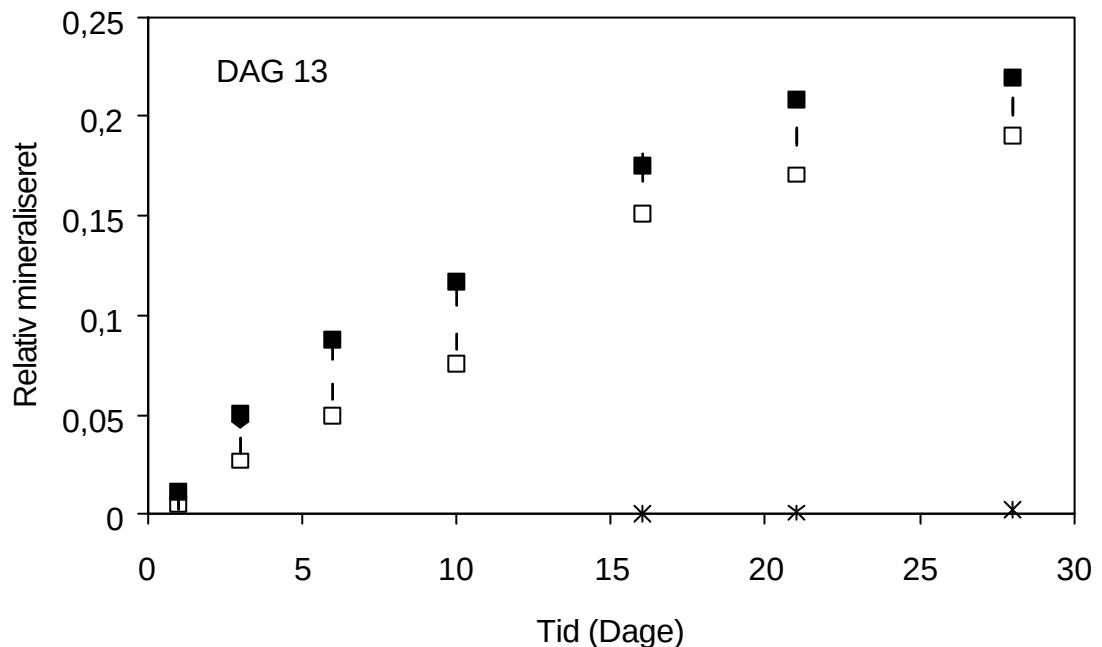
Tabel 3.7. Respirationshastigheden udtrykt som det forbrugte volumen ilt, der omsættes per dag per kg jord TS. Middelværdi +/- varians. Tallene i parentes er minimums- og maksimumværdier.

Tid (Dage)	Tidsperiode (Dag)	Med Petrotech (ml ilt/(dag kg TS))	Uden Petrotech (ml ilt/(dag kg TS))
0	0-10	19,4+/-1,2 (17,9-21,0)	11,1+/-0,94 (9,95-12,4)
	10-125	9,36+/-1,02 (7,95-10,5)	6,83+/-0,50 (5,71-7,48)
13	0-15	9,29+/-0,29 (8,55-9,93)	8,19+/-0,40 (7,78-9,29)
	15-77	5,96+/-0,40 (5,38-6,66)	5,80+/-0,42 (5,36-6,54)
90	0-17	6,87+/-0,12 (6,57-7,30)	5,45+/-0,07 (5,13-5,80)
	17-38	3,95+/-0,31 (3,12-4,69)	3,15+/-0,01 (3,00-3,24)

3.3.5 Mineraliseringstest

Mineraliseringstests blev udført på dag 0, 13, 42 og 90. Resultatet af de 4 udførte mineraliseringstests er vist i figur 3.8 for dag 13. Kurven viser andelen af det tilsatte C-14- mærkede hexadecan, som er fundet som C-14- mærket CO₂.

Ud fra de 4 sæt mineraliseringsforsøg er den initiale nedbrydningshastighed for hexadecan beregnet som hældningen på den første del af kurven. Hældningerne er normeret til jordmængden i hvert forsøg. Disse hastigheder er vist i tabel 3.8. For dag 0 er hastighederne i jorden med og uden Petrotech ens, hvorimod hastigheden for dag 13, 42 og 92 er højere i jorden med Petrotech end i jorden uden. Sammenlignes hastighederne fra de forskellige dage, er hastigheden på dag 90 størst. Da jorden ikke indeholder samme mængde vand i de 4 tilfælde, kan vandindholdet influere på nedbrydningshastigheden, når der sammenlignes hastigheder opnået på forskellige tidspunkter.



Figur 3.8. Relativ kuldioxidudvikling af tilsat hexadecan som funktion af tiden. Jord med Petrotech (♦, ■), uden Petrotech (□, à) og kontrollforsøg med autoklaveret jord (X, *).

Tabel 3.8. Mineraliseringshastigheden udtrykt som andelen af den tilsatte mængde-C-14 mærket hexadecan, der er fundet som C-14-mærket CO₂, som omsættes per dag per kg jord TS.

Tid (Dage)	Tidsperiode i beregningen (Dag)	Med Petrotech (dag kg TS) ⁻¹	Uden Petrotech (dag kg TS) ⁻¹
0	0-7	0,68-1,0	0,47-0,96
13	0-6	0,74-0,80	0,44-0,57
42	0-3	0,83-1,1	0,26-0,64
90	0-5	2,3-2,5	1,7-2,0

3.3.6 Bakterietællinger

Kimtal ved 21°C

Kimtal ved 21°C er vist i tabel 3.9. Der er ikke den store forskel i antallet af kim ved 21°C i jorden med og uden Petrotech. Antallet af kim stiger med en faktor 10-20 fra dag 13 til dag 42 for at falde med en faktor 4-8 fra dag 42 til dag 90.

Tabel 3.9. Kimtal per g våd jord ved 21°C som funktion af tiden i henholdsvis jordbunken med og uden Petrotech.

Dag	Med Petrotech		Uden Petrotech	
	Interval	Middel	Interval	Middel
0	5,5·10 ⁶ -6,1·10 ⁶	5,8·10 ⁶	3,9·10 ⁶ -6,6·10 ⁶	5,6·10 ⁶
13	1,1·10 ⁶ -5,9·10 ⁶	4,1·10 ⁶	3,8·10 ⁶ -4,7·10 ⁶	4,4·10 ⁶
42	6,5·10 ⁷ -9,2·10 ⁷	8,1·10 ⁷	2,9·10 ⁷ -7,5·10 ⁷	5,3·10 ⁷
90	1,3·10 ⁷ -2,5·10 ⁷	1,7·10 ⁷	6,5·10 ⁶ -8,9·10 ⁶	7,9·10 ⁶

Specifikke nedbrydere

Metoden, der blev anvendt til tælling af dieselolienedbrydende bakterier på dag 0 og dag 13, resulterede desværre ikke i nogen brugbare værdier (selv efter et halvt års inkubering ved 21°C).

Metoden anvendt til tælling af hexadecannedbrydende bakterier, der blev anvendt i stedet for på prøverne fra dag 56 og dag 107, resulterede i > 10000 kim/g jord i begge prøver for dag 56 og i > 1500 kim/g i begge prøver for dag 107. Bilag 16 indeholder detaljerne omkring MPN-bestemmelserne.

4 Diskussion

Feltforsøget med behandling af jord on site i jordbunker viste, at der i løbet af de 90 dage, forsøget varede, blev nedbrudt kulbrinter i begge jordbunker, men at der ikke var nogen forskel på indholdet af kulbrinter i den dieselolie-forurenede jord, der var tilsat Petrotech, og den uden Petrotech. Generelt kan det konkluderes, at der er en svag effekt af tilsætningen af Petrotech på hexadecannedbrydningshastigheden i forurenede jord i laboratorietestene. Effekten er imidlertid så svag, at den ikke reflekteres i fjernelse af olie målt som kulbrintekonzentrationen i jorden inden for den valgte projektperiode og med den valgte jordbehandling.

Petrotech virker formentlig ved, at oliedråber og -pools emulgeres og bliver til meget små dråber indkapslet i Petrotech. Bakterierne i jorden kan nedbryde Petrotech og en kraftig vækst lige efter tilsætning er forventeligt. Når bakterierne nedbryder Petrotech, kommer de til samtidig at nedbryde de små oliedråber. Derved sker der en forøget nedbrydning af olien. For at Petrotech skal have en effekt, kræves der muligvis olie som fri fase, som kan emulgeres og derved gøres biotilgængeligt. Test udført, efter at forsøget er færdigt, på jordprøver gemt siden begyndelsen af forsøget, viste, at der sandsynligvis ikke var fri fase i jorden eller at der var meget lidt. Testen er udført ved at ryste en jordprøve, hvortil der er tilsat et vandskyende, rødt farvestof, med vand. Hvis der er olie i prøven, vil den lægge sig på overfladen af vandet som røde dråber.

Baseret på respirationsforsøg resulterede tilsætningen af Petrotech i et forøget iltforbrug i begyndelse af feltforsøget. Dette iltforbrug var næsten dobbelt så stort i jorden med Petrotech i forhold til jorden uden. Respirationsforsøget i laboratoriet, der blev startet på dag 0, fortsatte, som det ses i figur 3.7, indtil dag 125, hvor forsøget blev stoppet. Den mikrobiologiske aktivitet fortsatte i 125 dage uden at stoppe på grund af eksempelvis mangel på næringssalte.

Der var således ved dag 0 en stor forskel på iltforbrugshastigheden i jorden med Petrotech og jorden uden på grund af nedbrydningen af Petrotech. Der var ingen forskel i mineraliseringshastigheden ved dag 0, hvilket heller ikke er forventeligt, fordi antallet af hexadecannedbrydende bakterier som udgangspunkt er ens i jordbunkerne. Nedbrydningen af Petrotech de første 10 dage medfører en lidt højere mineraliseringshastighed på dag 13 i jorden med Petrotech i forhold til jorden uden, hvilket indikerer et større antal af hexadecannedbrydende bakterier. Jorden med Petrotech bevarer den højere mineraliseringshastighed både på dag 42 og dag 90. Mineraliseringstestene peger således på en positiv effekt af tilsætningen af Petrotech på nedbrydningen af olie.

Der er målt et iltforbrugshastighed på 5-10 ml ilt/(dag kg TS) på nær de første 10 dage, hvor det var væsentlig højere. Dette iltforbrug kan omregnes til 6,7-13,3 mg ilt/(dag kg TS), der kan omsætte 4,2-8,3 mg kulbrinter/(dag kg TS) under forudsætning af, at ilten kun bruges til omsætning af kulbrinter, og at 50% af kulstoffet indbygges i bakterier. Da forsøget forløb i 90 dage, burde der under de forudsætninger være omsat 370-750 mg kulbrinter/kg TS. Denne størrelsesorden passer med, hvad der er blevet fjernet i de to jordbunker (afhængig af hvordan bestemmelserne af kulbrinter i jorden fortolkes). Jorden er ikke særligt reduceret, så iltforbruget nødvendigt til at ilte reducere stoffer i jorden er relativt begrænset.

5 Konklusion

Forforsøgene har vist, at Petrotech ikke interfererer med analysen af kulbrinter og ikke øger fordampningen eller udvaskningen af kulbrinter i forurenede jord. Derfor kan produktet godt benyttes, uden at der tages særlige forholdsregler omkring fordampning og udvaskning.

Der kunne ikke påvises nogen positiv effekt ved tilsætning af Petrotech på bionedbrydningen af dieselolien i den anvendte jord på basis af måling af kulbrinter i jorden.

Driftsmæssigt forløb forsøget som forventet, idet det lykkedes at undgå begrænsning af f.eks. ilt. Det lykkedes også på en tilfredsstillende måde at homogenisere 20 tons forurenede jord.

6 Referencer

Miljøstyrelsen, 1996. Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 20.

Bilag 1 Bestemmelse af pentan-ekstraherbare stoffer i vand og jord

PRINCIP:

Vandprøve (1 l) ekstraheres på magnetomrører med pentan. Jord (50 g) tilsat vandig pyrophosphatopløsning ekstraheres med pentan ved ultralydsbehandling og ekstraktion på rysteapparat. Pentanekstraktet analyseres ved gaschromatografi med kapillarkolonne, temperaturprogrammering og med flammeionisationsdetektion. Der enkeltorrbindelser kalibreres over for aktuelle analytiske standarder under anvendelse af chlorbenzen som intern standard, mens totalindholdet bestemmes over for udvalgte n-alkaner. Der korrigeres med resultatet af de gennemsnitlige genfindelse for enkeltkomponenter. Metoden medbestemmer rutinemæssigt benzen, toluen, xylener og naphthalen samt benzin, gasolie eller stenkulstjære og kan benyttes til andre forbindelser eller produkter. Identifikationen foretages ud fra retentionstiden.

REFERENCE:

ISO/CD 11423-part 2.

DETEKTIONSGRÆNSER:

For vandprøver er den 0,1 µg/L for enkeltkomponenter og 5 - 25 µg/L for total kulbrinter afhængigt af sammensætningen og evt. nedbrydning. For jordprøver er detektionsgrænsen 0,01 - 0,1 mg/kg for enkeltkomponenter og 5 mg/kg for total kulbrinter.

INTERN KVALITETSKONTROL:

Resultaterne er kontrolleret ved samtidig analyse af spikede, naturlige jord-henholdsvis vandprøver.

USIKKERHED:

Ved kontrolanalyse af spikede, naturlige prøver er der en analyseusikkerhed, CV_{Total} , på 15 - 20 %.

Bilag 2 Bestemmelse af aerob respirationsrate i jord

BAGGRUND:

Under aerobe forhold nedbryder (oxiderer) bakterier, svampe og andre heterotrofe organismer organisk stof ved reduktion af ilt. Processen kaldes aerob respiration. Ved oxidationen dannes CO_2 .

PRINCIP:

Den aerobe respiration bestemmes som jordprøvens iltforbrug. Iltforbruget måles som trykfald i flasker med CO_2 fælde.

FREM GANGSMÅDE:

Der anvendes 117 ml hætteglas med butylgummiprop.

1. Der afvejes 20 g jordprøve i hvert af 5 hætteglas.
2. Der indføres et dværgreagensglas med 2 ml 1N NaOH i hvert hætteglas.
3. Glassene proppes til og der trykudlignes ved at sætte en kanyle igennem proppen. Glassene sættes med kanyle i termostatskab ved passende temperatur (21°C). Efter temperaturudligning placeres glassene i en isoleret kasse med låg, der også er i temperaturligevægt med luften i termostatskabet. Trykmålingen sker gennem huller i kassens låg.
4. Fem hætteglas uden jord men med glaskugler (svarende til vægten af jord), dværgreagensglas og base proppes til, trykudlignes og inkuberes i termostatskab sammen med jordprøverne.
5. Efter to timer i termostatskab tages kanylerne ud af samtlige flasker.
6. Barometerstanden aflæses.
7. Trykfaldet i flaskerne måles 2 gange dagligt. Hvis trykfaldet er lille ned-sættes målefrekvensen.
8. Ved hver trykmålingsrunde aflæses barometerstanden.
9. Undersøgelsen fortsættes til trykændringen er mindre end 1% per døgn af den samlede trykændring eller til ilt koncentrationen er mindre end 1% (vol/vol)
10. Standardkurve for apparatet laves i to hætteglas. Se herunder.

STANDARDKURVE:

1. Standardkurve laves i to 117 ml hætteglas med 20 gram glaskugler, durhamrør med 2 ml base og butylgummiprop. Glasset skal være i temperaturligevægt ved stuetemperatur.
2. Barometerstanden og lufttemperatur aflæses.
3. Der sættes en kanyle gennem butylgummiproppen til trykudligning.
4. Der sættes en kanyle med sprøjte af passende størrelse, hvor stemplet er trykket i bund, igennem butylgummiproppen
5. Kanylen til trykudligning tages ud
6. Der suges et kendt volumen luft ud af flasken.
7. Trykket bestemmes i flasken.
8. Før den første trykmåling udarbejdes en standard kurve, med 2 x 0,1 ml; 2 x 0,2 ml; 2 x 0,5 ml; 2 x 1 ml; 2 x 2 ml; 2 x 5 ml; 2 x 10 ml; 2 x 15 ml; 2 x 20 ml luft. Apparatets respons afbildes som funktion af det luft volumen der er udtaget af flasken. Før hver efterfølgende måling udarbejdes standardkurve med 2 x 3 volumener i det relevante område.

APPARATUR:

Der anvendes en WPBS Instrument Workshop trykmåler, VKI nr 19718-8. Økotoxikologisk afdeling.

Bilag 3 Bestemmelse af mineralisering af specifikke stoffer i jord

PRINCIP:

Ved mineraliseringen forstås omdannelse af et organisk stof til CO₂ og vand. Mineraliseringen af et specifikt stof undersøges på delprøver af prøven i en forsøgsflaske. Teststoffet er mærket med radioaktivt kulstof (¹⁴C). Den ¹⁴CO₂ der udvikles ved mineraliseringen opfanges i en basefælde, der er indsat i forsøgsflasken. Mængden af opfanget radioaktivitet i forhold til den tilsatte mængde er et udtryk for mineraliseringen.

FORSØGSPLAN:

1. Mandag modtages 2 prøver.
2. Fra hver prøve overføres 20 g jord til hver af to 100 ml glasflasker med glasslib.
3. De 4 flasker autoklaveres ved 121 °C i 20 minutter. Sammen med disse autoklaveres endvidere 5 andre 100 ml flasker med glasslib og 15 dværgreagensglas.
4. Tirsdag modtages 2 nye prøver.
5. Jorden homogeniseres ved at dele den i små stykker med kniv eller andet egnet værktøj.
6. Fra hver prøve tilsættes 5 g homogeniseret jord til hver af 2 flasker. Der tilsættes 100 µl arbejdsopløsning med mærket hexadecan i acetone. Acetonen dampes af under en strøm af kvælstof i 1 time. Herefter tilsættes yderligere 15 g jord til flaskerne. Jorden blandes så godt som muligt.
7. De autoklaverede prøver tilsættes 100 µl af arbejdsopløsning med mærket hexadecan.
8. I alle flasker nedføres til slut et dværgreagensglas med 1 ml 1N NaOH.
9. Inkubation sker ved 21 °C (+/- 0,5 °C.).
10. Der udtages endvidere 3 x 100 µl af arbejdsblandingen med mærket hexadecan. teststof til bestemmelse af den tilsatte aktivitet i 3 vials med scintillationsvæske.
11. Der skiftes base efter 1, 3, 6, 10, 15, 21 og 28 dage.

Bilag 4 Tælling af specifikke nedbrydere i mikrotiterplader

PRINCIP:

Tælling af specifikke nedbrydere sker ved MPN-metoden (Most Probable Number) i mikrotitre plader. Ved MPN-metoden beregnes det mest sandsynlige antal af bakterier på baggrund af, hvor meget prøven skal fortyndes, før der ikke kan observeres bakterier. Tilstedeværelse af bakterier bestemmes ved bakteriernes evne til at emulgere olien.

FORSØGSPLAN:

Analyse gennemføres i triplikat.

16 g jord tilsættes 90 ml steril fortyndervand og udrystes grundigt. Det noteres hvordan udrystningen er foregået. (10^{-1} -fortyndingen)

SPECIFIKKE NEDBRYDERE:

1. Til hver af 6 brønde i en 4x6 mikrotitreplade tilsættes 2 ml supernatant af 10^{-1} -fortyndingen.
2. Fra hver brønd gennemføres en 10-foldsfortynding i fortyndervand til 10^{-5} fortyndingen.
3. Hver brønd tilsættes 5 μ l tung dieselolie med kanylesprøjte, så der dannes en film af olie på overfladen
4. Der lægges låg på og prøverne inkuberes ved 21 °C i 2 til 3 uger. Pladerne tilses jævnligt.
5. På en separat plade laves 2 ekstra fortyndingsrækker hvor der på forhånd er tilsat 200 μ l af en 250 mg NaN_2 per 25 ml opløsning. Dette gøre ikke i triplikat, men 1 gang for hver prøve.
6. Brønde anses for positive hvis emulsifiering kan observeres som brud på oliefilmen.

Bilag 5 Tælling af specifikke nedbrydere ved MPN

PRINCIP:

Tælling af specifikke nedbrydere sker ved MPN-metoden (Most Probable Number) i 100 ml glasflakser. Ved MPN-metoden beregnes det mest sandsynlige antal af bakterier på baggrund af, hvor meget prøven skal fortyndes, før der ikke kan observeres bakterier. Tilstedeværelse af bakterier bestemmes ved den udviklede mængde mærkede CO₂.

FORSØGSPLAN:

Analyse gennemføres med femdobbel bestemmelse.

16 g jord tilsættes 90 ml steril fortyndervand og udrystes grundigt. Det noteres hvordan udrystningen er foregået. (10⁻¹-fortyndingen)

SPECIFIKKE NEDBRYDERE:

1. Der afsættes 25 µl C14-mærket hexadecanopløsning i hver flakse (25 flasker pr. prøve).
2. Efter at opløsningsmidlet er fordampet, tilsættes der autoklaveret OSM (5 flasker med 40 ml og 20 med 50 ml).
3. Fra opløsningen med 16 g jord i 90 ml vand tilsættes 10 ml til 5 flasker med 40 ml, 1 ml til 5 flasker med 50 ml og 0,1 ml til 5 flasker med 50 ml.
4. Der laves 2 fortyndinger af opløsningen med 16 g jord i 90 ml: 1/ 1 ml fra vand i 49 ml OSM og 2/ 0,1 ml 49,9 ml OSM.
5. Fra 1/ tilsættes 0,5 ml til 5 flasker med 50 ml OSM og hexadecan.
6. Fra 2/ tilsættes 0,5 ml til 5 flasker med 50 ml OSM og hexadecan.
7. I alle flasker nedføres til slut et dværgreagensglas med 1 ml 1N NaOH.
8. Inkubation sker ved 21°C (+/- 0,5°C).
9. Der udtages endvidere 3 x 25 µl af arbejdsblandingen med mærket hexadecan til bestemmelse af den tilsatte aktivitet.
10. Efter 4 ugers inkubation bestemmes aktiviteten af den udviklede kuldioxid, der er opsamlet i basen.

Bilag 6 Sigteanalyser

Bilag 7 Analyserapporter for forforsøg

Bilag 8 Beregning på rådata fra fordampningsforsøget

Flaske	1	2	3	4	5
Jord	1	1	2	2	Ingen
Petrotech	Ja	Nej	Ja	Nej	-
Tom flakse (g)	261,21	254,3	255,38	251,18	-
Flaske m. våd jord (g)	356,49	353,56	351,68	370,93	-
Våd jord (g)	95,28	99,26	96,3	119,75	-
Tørstof	0,862	0,862	0,862	0,862	-

Beregning i forhold til totalkulbrintekonc. i jorden

Konc. af totalkulbr. i jord (mg/kg TS)	6800	6800	4500	4500	-
Mængde af totalkulbr. i jord (mg)	558	582	374	465	-
Totalkulbrinter på rør (µg)	3000	3500	2700	1000	<100
Fordampning i forhold til mængden af totalkulbr.	0,0054	0,0060	0,0072	0,0022	-

Beregning i forhold til konc. C₆-C₁₀-kulbr. i jorden

Konc. af C ₆ -C ₁₀ -kulbr. i jord (mg/kg TS)	80	80	47	47	-
Mængde af C ₆ -C ₁₀ -kulbr. i jord (mg)	6,57	6,84	3,90	4,85	-
Totalkulbrinter på rør (µg)	3000	3500	2700	1000	<100
Fordampning i forhold til mængden af C ₆ -C ₁₀ -kulbr.	0,46	0,51	0,69	0,21	-

Bilag 9 Analyserapporter for totalkulbrinteanalyser for feltforsøget

Bilag 10 Rådata for iltmålinger i jordbunkerne

Dato	18-05-99 11:30	19-05-99 10:00	21-05-99 10:00	31-05-99 10:15	09-06-99 15:00	17-06-99 11:00	23-06-99 10:00	05-08-99 12:00	02-09-99
Dag	0	0,9	2,9	12,9	22,1	30,0	35,9	79,0	107,0

Uden Petrotech

1	14,5	17,0	16,8	16,5	15,7	15,4	15,6	14,2	12,0
2	14,5	17,0	16,8	16,5	15,7	15,4	15,6	14,3	12,0
3	14,4	17,0	16,7	16,6	15,6	15,4	-	14,3	11,9
4	14,4	17,0	16,8	16,7	15,7	-	-	-	-
5	14,4	16,9	16,9	16,7	15,8	-	-	-	-
6	14,4	16,9	17,0	16,7	15,7	-	-	-	-
Middel	14,4	17,0	16,8	16,6	15,7	15,4	15,6	14,3	12,0
Varians	0,003	0,003	0,011	0,010	0,004	0,000	0,000	0,003	0,003

Med Petrotech

1	14,7	16,8	16,9	16,4	15,6	15,9	15,6	14,3	12,0
2	14,5	16,8	17,2	16,4	15,6	16,0	15,5	14,2	12,0
3	14,5	16,8	17,2	16,4	15,6	16,1	-	14,2	12,0
4	14,5	16,8	17,2	16,3	-	-	-	-	
5	14,5	16,8	17,3	16,3	-	-	-	-	
6	14,5	-	-	-	-	-	-	-	
Middel	14,5	16,8	17,2	16,4	15,6	16,0	15,6	14,2	12,0
Varians	0,007	0,000	0,023	0,003	0,000	0,010	0,005	0,003	0,000

Måling af ”standarder”

Luft inden	14,5	16,8	17,0	16,7	15,8	15,4	15,5	14,2	12,3
Luft efter	14,5	-	17,1	16,4	-	15,8	-	14,3	12,0
Middel	14,5	16,8	17,1	16,6	15,8	15,6	15,5	14,3	12,2
5% ilt-standard	-	-	4,5	4,6	4,9	4,7	-	-	

Relativt i forhold til luftens indhold af ilt

Middel uden	1,00	1,01	0,99	1,00	0,99	0,99	1,01	1,00	0,99
Middel med	1,00	1,00	1,01	0,99	0,99	1,03	1,00	1,00	0,99
Luft-standard	-	-	0,264	0,278	0,310	0,301	-	-	-
Luft-standard skal være	-	-	0,239	0,239	0,239	0,239	-	-	-

Bilag 11 Rådata for temperatur- målinger i jordbunkerne

Uden Petrotech

Dato	Dag	1	2	3	4	5	6	7	8	Middel	Varsians
18-05-99 11:00	0	15,2	14,4	14,5	13,3	15,7	14,4	14,3	12,7	14,3	0,913
19-05-99 09:30	0,9	13,7	13,3	13,4	12,6	13,3	13,3	14,0	12,9	13,3	0,187
21-05-99 09:30	2,9	14,8	14,3	14,8	14,9	15,2	14,6	14,9	14,6	14,8	0,071
25-05-99 09:50	7,0	14,4	13,7	14,2	13,7	14,5	13,9	14,2	13,9	14,1	0,094
28-05-99 10:00	10,0	15,6	14,8	15,3	15,3	15,6	14,8	15,5	15,2	15,3	0,103
31-05-99 10:00	13,0	14,8	14,8	14,7	14,3	14,2	14,1	14,2	14,0	14,4	0,107
09-06-99 14:30	22,1	14,4	14,6	14,8	14,7	14,4	14,0	14,2	14,2	14,4	0,076
17-06-99 11:00	30,0	18,6	18,3	18,2	18,2	17,8	18,6	17,8	17,9	18,2	0,105
23-06-99 09:30	35,9	15,5	15,4	15,6	15,3	-	-	-	-	15,5	0,017
29-06-99 09:30	41,9	14,7	14,8	14,9	14,8	-	-	-	-	14,8	0,007
13-07-99 10:00	56,0	24,7	24,7	25,1	25,4	-	-	-	-	25,0	0,116
26-07-99 13:45	69,1	18,7	19,1	19,6	-	-	-	-	-	19,1	0,203
05-08-99 12:00	79,0	26,3	26,6	25,2	27,2	-	-	-	-	26,3	0,702
16-08-99 09:30	89,9	15,0	15,2	15,4	15,3	-	-	-	-	15,2	0,029
02-09-99 10:00	107,0	13,9	13,9	13,5	13,9	-	-	-	-	13,8	0,040

Med Petrotech

Dato	Dag	1	2	3	4	5	6	7	8	Middel	Varsians
18-05-99 11:00	0	14,9	15,5	15,3	14,3	14,0	14,9	13,4	14,6	14,6	0,481
19-05-99 09:30	0,9	14,5	13,7	14,2	13,5	13,3	14,0	12,5	14,0	13,7	0,387
21-05-99 09:30	2,9	15,1	15,3	15,5	15,2	14,8	15,2	14,5	15,1	15,1	0,096
25-05-99 09:50	7,0	14,5	14,3	14,4	14,4	14,2	14,4	14,1	14,3	14,3	0,016
28-05-99 10:00	10,0	15,8	15,4	14,9	15,3	-	-	-	-	15,4	0,137
31-05-99 10:00	13,0	15,0	15,2	14,9	14,6	15,4	14,7	14,8	14,7	14,9	0,076
09-06-99 14:30	22,1	15,1	15,3	15,3	15,4	15,6	15,4	15,1	15,1	15,3	0,032
17-06-99 11:00	30,0	18,7	18,5	18,4	19,7	20,2	19,2	19,0	18,8	19,1	0,383
23-06-99 09:30	35,9	15,5	15,9	15,6	15,6	-	-	-	-	15,7	0,030
29-06-99 09:30	41,9	15,1	15,2	15,2	15,2	-	-	-	-	15,2	0,002
13-07-99 10:00	56,0	25,5	25,3	25,3	25,4	-	-	-	-	25,4	0,009
26-07-99 13:45	69,1	20,2	20,3	20,1	-	-	-	-	-	20,2	0,010
05-08-99 12:00	79,0	26,3	26,4	26,0	26,6	-	-	-	-	26,3	0,062
16-08-99 09:30	89,9	15,3	15,7	15,7	15,8	-	-	-	-	15,6	0,049
02-09-99 10:00	107,0	13,9	13,4	13,4	13,5	-	-	-	-	13,6	0,057

Temperatur i solen inden og efter målingerne i jordbunkerne

Dato	Dag	Før i sol	Efter i sol	Middel
18-05-99 11:00	0	18,1 ¹	17,9 ¹	18,0
19-05-99 09:30	0,9	20,5	21,4	21,0
21-05-99 09:30	2,9	19,8	20,8	20,3
25-05-99 09:50	7,0	14,7	15,2	15,0
28-05-99 10:00	10,0	25,0	-	25,0
31-05-99 10:00	13,0	20,7	19,7	20,2
09-06-99 14:30	22,1	22,0	19,7	20,9
17-06-99 11:00	30,0	27,4	26,2	26,8
23-06-99 09:30	35,9	16,4	15,8	16,1
29-06-99 09:30	41,9	22,7	23,7	23,2
13-07-99 10:00	56,0	23,8	22,8	23,3
26-07-99 13:45	69,1	23,4	20,8	22,1
05-08-99 12:00	79,0	28,1	28,6	28,4
16-08-99 09:30	89,9	16,2	15,7	16,0
02-09-99 10:00	107,0	19,1	17,2	18,2

¹: Temperaturen målt i skyggen.

Bilag 12 Rådata for tørstofanalyser i jordbunkerne

Bestemt d 3/6/99

Prøve	Num- mer	Uden jord (g)	Med våd jord (g)	Med tør jord (g)	Våd jord (g)	Tør jord (g)	Tørstof i forhold til totalvægt	Vandindhold i forhold til tørstof- indhold	Middel tørstof- indhold	Middel vand- indhold
18/5/99 med	1	2,51	72,13	65,99	69,62	63,48	0,9118	0,0930	0,9133	0,0912
18/5/99 med	2	2,51	66,74	61,27	64,23	58,76	0,9148	0,0893		
18/5/99 uden	3	2,5	59,00	54,51	56,5	52,01	0,9205	0,0824	0,9201	0,0831
18/5/99 uden	4	2,53	71,33	65,81	68,8	63,28	0,9198	0,0839		
19/5/99 med	5	2,51	73,95	68,60	71,44	66,09	0,9251	0,0780	0,9305	0,0720
19/5/99 med	6	2,52	73,83	69,26	71,31	66,74	0,9359	0,0660		
19/5/99 uden	7	2,52	67,13	62,93	64,61	60,41	0,9350	0,0667	0,9335	0,0685
19/5/99 uden	8	2,54	75,17	70,23	72,63	67,69	0,9320	0,0703		
21/5/99 med	9	2,53	96,90	91,05	94,37	88,52	0,9380	0,0643	0,9374	0,0646
21/5/99 med	10	2,52	74,73	70,17	72,21	67,65	0,9369	0,0650		
21/5/99 uden	11	2,54	96,57	91,18	94,03	88,64	0,9427	0,0591	0,9411	0,0607
21/5/99 uden	12	2,52	82,67	77,83	80,15	75,31	0,9396	0,0622		
25/5/99 med	13	2,53	57,78	53,74	55,25	51,21	0,9269	0,0752	0,9274	0,0749
25/5/99 med	14	2,52	70,58	65,68	68,06	63,16	0,9280	0,0746		
25/5/99 uden	15	2,52	76,11	70,88	73,59	68,36	0,9289	0,0738	0,9301	0,0723
25/5/99 uden	16	2,52	69,03	64,46	66,51	61,94	0,9313	0,0709		
28/5/99 med	17	2,52	64,26	59,89	61,74	57,37	0,9292	0,0730	0,9292	0,0730
28/5/99 med	18	2,51	72,71	-	-	-	-	-		
28/5/99 uden	19	2,50	69,18	65,04	66,68	62,54	0,9379	0,0637	0,9378	0,0639
28/5/99 uden	20	2,50	78,98	74,22	76,48	71,72	0,9378	0,0641		
31/5/99 med	21	2,51	65,85	60,06	63,34	57,55	0,9086	0,0964	0,9073	0,0983
31/5/99 med	22	2,50	82,78	75,24	80,28	72,74	0,9061	0,1002		
31/5/99 uden	23	2,50	73,71	67,65	71,21	65,15	0,9149	0,0896	0,9133	0,0915
31/5/99 uden	24	2,51	75,17	68,75	72,66	66,24	0,9116	0,0934		

Bestemt d 20/7/99

Prøve	Num- mer	Uden jord (g)	Med våd jord (g)	Med tør jord (g)	Våd jord (g)	Tør jord (g)	Tørstof i forhold til totalvægt	Vandindhold i forhold til tørstof- indhold	Middel tørstof- indhold	Middel vand- indhold
9/6/99 med	1	2,53	68,26	60,60	65,73	58,07	0,8835	0,1264	0,8826	0,1275
9/6/99 med	2	2,53	69,24	61,35	66,71	58,82	0,8817	0,1286		
9/6/99 uden	3	2,54	73,97	66,36	71,43	63,82	0,8935	0,1147	0,8976	0,1098
9/6/99 uden	4	2,54	76,90	69,60	74,36	67,06	0,9018	0,1049		
17/6/99 med	5	2,53	74,74	68,30	72,21	65,77	0,9108	0,0943	0,9099	0,0955
17/6/99 med	6	2,52	83,75	76,36	81,23	73,84	0,9090	0,0968		
17/6/99 uden	7	2,52	81,66	74,31	79,14	71,79	0,9071	0,0989	0,9099	0,0957
17/6/99 uden	8	2,52	84,60	77,44	82,08	74,92	0,9128	0,0925		
23/6/99 med før	9	2,53	83,39	76,26	80,86	73,73	0,9118	0,0935	0,9123	0,0934
23/6/99 med før	10	2,53	108,49	99,24	105,96	96,71	0,9127	0,0932		
23/6/99 uden før	11	2,53	84,60	78,02	82,07	75,49	0,9198	0,0843	0,9168	0,0879
23/6/99 uden før	12	2,53	87,43	80,11	84,90	77,58	0,9138	0,0914		
23/6/99 med efter	13	2,51	107,40	97,27	104,89	94,76	0,9034	0,1041	0,9018	0,1058
23/6/99 med efter	14	2,52	87,88	79,36	85,36	76,84	0,9002	0,1074		
23/6/99 uden efter	15	2,53	84,81	76,14	82,28	73,61	0,8946	0,1139	0,8939	0,1150
23/6/99 uden efter	16	2,54	97,57	87,42	95,03	84,88	0,8932	0,1161		
29/6/99 med	17	2,53	73,90	62,60	71,37	60,07	0,8417	0,1805	0,8432	0,1790
29/6/99 med	18	2,54	85,46	72,58	82,92	70,04	0,8447	0,1775		
29/6/99 uden	19	2,56	74,75	65,25	72,19	62,69	0,8684	0,1456	0,8634	0,1513
29/6/99 uden	20	2,53	61,29	52,97	58,76	50,44	0,8584	0,1571		
13/7/99 med	21	2,51	76,21	70,84	73,70	68,33	0,9271	0,0758	0,9333	0,0692
13/7/99 med	22	2,52	92,82	87,35	90,30	84,83	0,9394	0,0626		
13/7/99 uden	23	2,54	96,10	91,35	93,56	88,81	0,9492	0,0520	0,9485	0,0529
13/7/99 uden	24	2,52	114,91	109,05	112,39	106,53	0,9479	0,0537		

Bestemt d 2/8/99

Prøve	Num- mer	Uden jord (g)	Med våd jord (g)	Med tør jord (g)	Våd jord (g)	Tør jord (g)	Tørstof i forhold til totalvægt	Vandindhold i forhold til tørstof- indhold	Middel tørstof- indhold	Middel vand- indhold
26/7/99 med	1	2,53	86,25	78,70	83,72	76,17	0,9098	0,0959	0,9091	0,0970
26/7/99 med	2	2,53	102,23	93,10	99,70	90,57	0,9084	0,0981		
26/7/99 uden	3	2,52	95,43	88,30	92,91	85,78	0,9233	0,0807	0,9209	0,0836
26/7/99 uden	4	2,51	106,50	98,03	103,99	95,52	0,9185	0,0864		
29/7/99 med	5	2,51	104,81	96,05	102,30	93,54	0,9144	0,0912	0,9146	0,0910
29/7/99 med	6	2,50	113,80	104,32	111,30	101,82	0,9148	0,0909		
29/7/99 uden	7	2,50	88,88	81,55	86,38	79,05	0,9151	0,0899	0,9185	0,0861
29/7/99 uden	8	2,52	98,99	91,46	96,47	88,94	0,9219	0,0823		

Bestemt d 6/8/99

Prøve	Num- mer	Uden jord (g)	Med våd jord (g)	Med tør jord (g)	Våd jord (g)	Tør jord (g)	Tørstof i forhold til totalvægt	Vandindhold i forhold til tørstof- indhold	Middel tørstof- indhold	Middel vand- indhold
5/8/99 med	1	2,52	100,98	97,22	98,46	94,70	0,9618	0,0387	0,9657	0,0346
5/8/99 med	2	2,53	103,42	100,36	100,89	97,83	0,9697	0,0305		
5/8/99 uden	3	2,53	103,75	100,05	101,22	97,52	0,9634	0,0370	0,9625	0,0380
5/8/99 uden	4	2,54	101,24	97,44	98,70	94,90	0,9615	0,0390		

Bestemt d. 6/10/99.

Prøve	Num- mer	Uden jord (g)	Med våd jord (g)	Med tør jord (g)	Våd jord (g)	Tør jord (g)	Tørstof i forhold til totalvægt	Vandindhold i forhold til tørstof- indhold	Middel tørstof- indhold	Middel vand- indhold
16/8/99 med	1	2,53	80,98	72,87	78,45	70,34	0,8966	0,1113	0,8863	0,1236
16/8/99 med	2	2,54	73,77	64,94	71,23	62,4	0,8760	0,1360		
16/8/99 uden	3	2,54	75,12	66,25	72,58	63,71	0,8778	0,1339	0,8788	0,1330
16/8/99 uden	4	2,54	88,04	77,77	85,5	75,23	0,8799	0,1321		
2/9/99 med	5	2,53	95,21	87,81	92,68	85,28	0,9202	0,0843	0,9174	0,0872
2/9/99 med	6	2,53	84,63	77,63	82,1	75,1	0,9147	0,0902		
2/9/99 uden	7	2,52	93,18	85,88	90,66	83,36	0,9195	0,0850	0,9195	0,0850
2/9/99 uden	8	2,51	83,16	-	-	-	-	-		

Bilag 13 Rådata for pH-analyser i jordbunkerne

Dato	Dag	Med Petrotech	Uden Petrotech
18-05-99	0	7,22	7,27
19-05-99	1	7,24	7,25
21-05-99	3	7,26	7,26
25-05-99	7	7,25	7,26
28-05-99	10	7,29	7,29
31-05-99	13	7,31	7,27
09-06-99	22	6,76	7,06
17-06-99	30	7,26	7,06
23-06-99 inden vanding	36	7,24	7,27
23-06-99 efter vanding	36	7,31	7,27
29-06-99	42	6,94	7,14
13-07-99	56	7,29	7,32
26-07-99	69	7,34	7,33
29-07-99	72	7,38	7,39
05-08-99	79	7,37	7,09
16-08-99	90	7,29	7,22

Bilag 14 Rådata for mineraliseringsforsøg

Sat over den 18. maj 1999.

Stamopløsning

119463

117712

117680

Middel 118285

Dato	19/5	21/5	25/5	28/5	2/6	8/6	16/6
Dag	1	3	7	10	15	21	29
Kontrol 1	-14,85	116,3	-10,06	-17,74	-17,91	-16,65	-15,65
Kontrol 2	-18,05	-9,95	-12,73	-16,75	-18,96	-16,1	-14,6
Uden 1	241,8	2733	4046	1396	2361	1790	2015
Uden 2	362	4480	9831	2222	3642	2730	3216
Med 1	467,3	6676	10132	2347	2942	2602	5701
Med 2	393,2	3904	6895	1919	2635	1890	3486

Sat over den 31. maj 1999.

Stamopløsning

115030

117028

115186

Middel 115748

Dato	1/6	3/6	6/6	10/6	16/6	21/6	28/6
Dag	1	3	6	10	16	21	28
Kontrol 1	-22,91	-18,11	-15,91	-6,89	76,45	81,66	214,6
Kontrol 2	-22,21	-21,78	-19,8	-18,11	-15,99	-18,35	15,21
Med 1	1303	4525	4381	3343	6766	3792	1278
Med 2	1102	4349	4016	3173	7862	1566	1612
Uden 1	643	2476	2615	3067	8669	2289	2269
Uden 2	684	3309	3111	2969	9725	2115	1824

Sat over den 29. juni 1999.

Stamopløsning
 119193
 118316
 114757
 Middel 117422

Dato	30/6	2/7	5/7	9/7	15/7	21/7	27/7
Dag	1	3	6	10	16	22	28
Med 1	1841	5047	1569	886,7	256,3	134,9	94,7
Med 2	1844	3206	1618	819,5	401,1	168,1	130
Uden 1	1452	2451	2552	1971	883	395,6	290,3
Uden 2	597,3	1009	2350	2193	1454	558,9	452
Kontrol 1	-22,42	-19,07	-16,33	-19,02	-16,25	-13,31	-16,45
Kontrol 2	-26,85	-20,04	-15,58	-12,27	4,2	13,06	23,34

Sat over d. 16. august 1999.

Stamopløsning
 1 116319
 2 116062
 3 113574
 Middel 115318

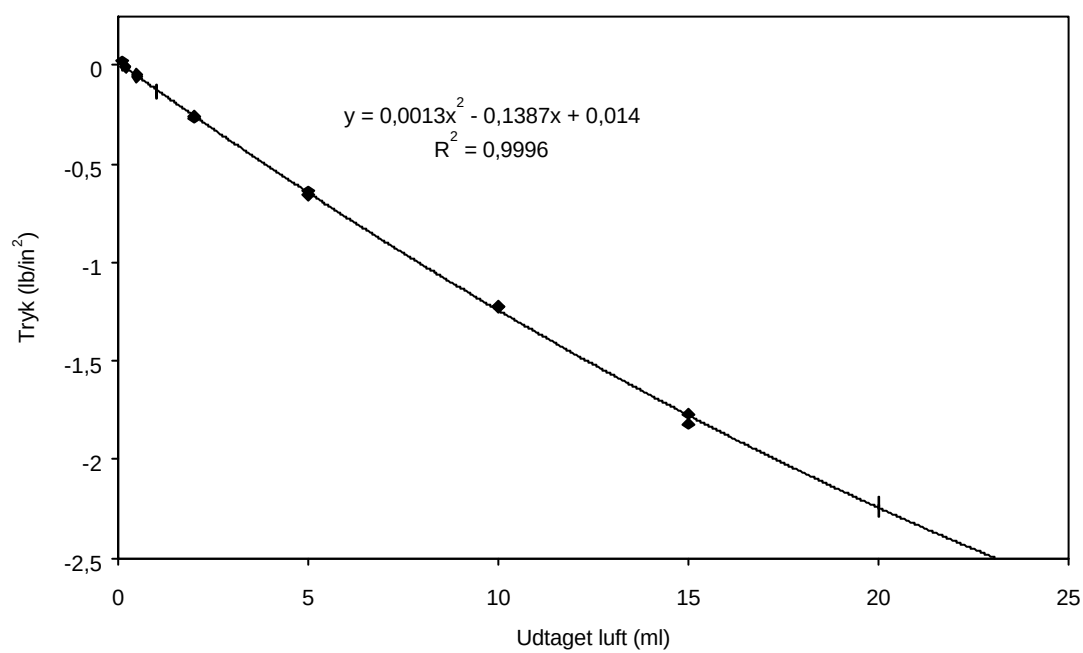
	17/8	19/8	21/8	26/8	31/8	6/9	13/9	30/9
	1	3	5	10	15	21	28	45
Med 1	4055	11150	7938	10281	3900	1711	1141	1601
Med 2	5016	12336	6915	8759	3849	1393	981	1298
Uden 1	3061	9221	4194	11370	8023	3328	2377	1779
Uden 2	2353	10526	7620	12193	6509	2348	1620	2494
Kontrol 1	12,6	852	1425	5768	5377	4626	4839	10062
Kontrol 2	284	1581	2483	7013	5396	4179	4491	8222

Bilag 15 Rådata for respirationsforsøg

Rådata til standardkurven

Udtaget luftvolumen (ml)	Tryk	
	(lb/in ²)	
0,1	0,02	0,00
0,2	-0,01	-0,01
0,5	-0,05	-0,06
1	-0,14	-0,13
2	-0,27	-0,26
5	-0,66	-0,64
10	-1,23	-1,22
15	-1,82	-1,77
20	-2,26	-2,22

Figur med standardkurve



Rådata for forsøget sat over d. 18. maj 1999.

Trykmålinger (lb/in²) i forsøgsflaskerne med og uden Petrotech, samt kontrol flaskerne. Temp. og tryk er temperaturen og trykket i rummet, hvor målingerne er foretaget.

	Uden	Uden	Uden	Uden	Uden	Med	Med	Med	Med	Med	Kont.	Kont.	Kont.	Kont.	Kont.	Temp	Tryk
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	(°C)	()
19-05-99 10:00	-0,03	-0,05	-0,06	-0,04	-0,04	-0,09	-0,09	-0,09	-0,06	-0,09	-0,02	-0,01	0,01	0,00	0,00	23	782
19-05-99 16:15	0,02	0,00	-0,02	0,00	0,01	-0,04	-0,04	-0,04	0,00	-0,04	0,04	0,06	0,09	0,09	0,08	25,8	780
20-05-99 08:25	0,09	0,06	0,04	0,06	0,07	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,13	0,14	0,08	0,15	0,15	23,1	775
20-05-99 16:15	0,11	0,07	0,05	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,15	0,16	0,11	0,18	0,18	29,5	774
21-05-99 08:25	0,11	0,08	0,05	0,07	0,08	-0,01	0,00	-0,01	0,02	-0,01	0,18	0,18	0,12	0,19	0,19	24,5	773
21-05-99 15:30	0,11	0,08	0,06	0,09	0,08	-0,02	0,00	0,00	0,01	-0,02	0,19	0,21	0,14	0,21	0,22	25	771
22-05-99 13:15	0,08	0,05	0,02	0,04	0,05	-0,08	-0,06	-0,07	-0,04	-0,08	0,18	0,19	0,13	0,20	0,20	23	772
23-05-99 15:00	0,05	0,01	-0,01	0,01	0,01	-0,14	-0,12	-0,13	-0,09	-0,14	0,17	0,17	0,11	0,18	0,18	22	776
24-05-99 18:30	-0,07	-0,12	-0,15	-0,13	-0,12	-0,3	-0,26	-0,27	-0,24	-0,29	0,08	0,10	0,02	0,10	0,11	22	776
26-05-99 08:55	-0,11	-0,16	-0,2	-0,18	-0,16	-0,37	-0,34	-0,35	-0,30	-0,37	0,08	0,10	0,04	0,10	0,10	22	778
26-05-99 17:00	-0,16	-0,21	-0,24	-0,23	-0,20	-0,42	-0,37	-0,39	-0,35	-0,40	0,05	0,06	0,01	0,07	0,07	24	778
28-05-99 12:50	-0,26	-0,3	-0,34	-0,34	-0,30	-0,55	-0,49	-0,51	-0,47	-0,53	0,00	0,01	-0,05	0,01	0,01	24	780
31-05-99 11:15	-0,28	-0,33	-0,37	-0,37	-0,34	-0,63	-0,55	-0,58	-0,54	-0,61	0,03	0,04	-0,02	0,04	0,05	24	779
01-06-99 15:30	-0,31	-0,37	-0,41	-0,42	-0,37	-0,67	-0,59	-0,63	-0,58	-0,64	0,02	0,04	-0,02	0,03	0,04	25	780
02-06-99 15:30	-0,24	-0,29	-0,33	-0,35	-0,29	-0,61	-0,52	-0,5	-0,51	-0,58	0,13	0,14	0,08	0,14	0,14	26	775
03-06-99 15:15	-0,17	-0,23	-0,27	-0,28	-0,22	-0,55	-0,45	-0,5	-0,45	-0,51	0,21	0,22	0,16	0,22	0,23	24	772
04-06-99 15:10	-0,09	-0,15	-0,19	-0,21	-0,15	-0,48	-0,39	-0,44	-0,39	-0,46	0,30	0,31	0,24	0,30	0,31	24	767
07-06-99 08:50	-0,32	-0,39	-0,43	-0,46	-0,39	-0,74	-0,64	-0,7	-0,64	-0,7	0,14	0,15	0,09	0,14	0,15	22	776
08-06-99 09:20	-0,40	-0,47	-0,51	-0,55	-0,47	-0,84	-0,72	-0,79	-0,73	-0,8	0,06	0,07	0,01	0,06	0,07	23	778
09-06-99 10:35	-0,41	-0,49	-0,53	-0,57	-0,48	-0,86	-0,72	-0,81	-0,75	-0,82	0,06	0,06	0,01	0,06	0,07	23	778
10-06-99 09:55	-0,48	-0,55	-0,59	-0,63	-0,55	-0,93	-0,79	-0,89	-0,82	-0,89	0,01	0,00	-0,04	0,01	0,01	23	778
11-06-99 08:05	-0,52	-0,6	-0,64	-0,68	-0,59	-0,98	-0,83	-0,93	-0,87	-0,93	-0,01	-0,01	-0,06	-0,01	0,00	22	781
14-06-99 08:25	-0,60	-0,69	-0,73	-0,77	-0,67	-1,08	-0,93	-1,04	-0,97	-1,03	-0,04	-0,04	-0,08	-0,04	-0,04	22,5	781
16-06-99 07:50	-0,60	-0,7	-0,75	-0,8	-0,69	-1,11	-0,96	-1,07	-0,99	-1,06	-0,02	-0,02	-0,07	-0,02	-0,01	23,5	782
18-06-99 10:40	-0,53	-0,63	-0,68	-0,72	-0,61	-1,05	-0,89	-1,00	-0,92	-0,99	0,08	0,09	0,04	0,08	0,09	-	776
21-06-99 09:10	-	-0,53	-0,58	-0,62	-0,51	-0,96	-0,8	-0,92	-0,84	-0,90	0,22	0,23	0,18	0,23	0,23	-	770
24-06-99 13:40	-	-0,81	-0,87	-0,91	-0,79	-1,25	-1,08	-1,21	-1,12	-1,18	0,00	0,01	-0,03	0,01	0,02	-	780
28-06-99 14:10	-	-0,69	-0,75	-0,78	-0,66	-1,15	-0,96	-1,10	-1,01	-1,08	0,18	0,20	0,14	0,19	0,20	-	772
05-07-99 09:10	-	-0,84	-0,92	-0,96	-0,81	-1,33	-1,12	-1,29	-1,18	-1,24	0,15	0,15	0,11	0,16	-	-	772
12-07-99 10:23	-	-1,05	-1,15	-1,19	-1,02	-1,58	-1,35	-1,54	-1,42	-1,47	0,03	0,04	0,00	0,04	-	26	777
20-07-99 09:40	-	-1,00	-1,12	-1,16	-0,97	-1,55	-1,31	-1,52	-1,4	-1,44	0,19	0,21	0,15	0,19	-	25	771
26-07-99 09:30	-	-1,22	-1,35	-1,38	-1,18	-1,8	-1,54	-1,77	-1,64	-1,67	0,06	0,07	0,01	0,05	-	23	778
30-07-99 10:20	-	-1,31	-1,44	-1,47	-1,26	-1,89	-1,63	-1,87	-1,73	-1,75	0,02	0,04	-0,01	0,02	-	25	779
02-08-99 09:20	-	-1,38	-1,52	-1,55	-1,33	-1,97	-1,70	-1,96	-1,8	-1,83	-0,02	-0,01	-0,05	-0,02	-	26	780
10-08-99 10:30	-	-1,21	-1,36	-1,39	-1,16	-1,85	-1,54	-	-1,66	-1,68	0,24	0,25	0,20	0,24	-	-	768
16-08-99 11:10	-	-1,17	-1,34	-1,36	-1,12	-1,89	-1,52	-	-1,65	-1,67	0,33	0,36	0,31	0,34	-	22	766
23-08-99 14:45	-	-1,55	-1,73	-1,75	-1,49	-2,47	-1,90	-	-2,05	-2,07	0,05	0,05	0,01	0,05	-	24	778
24-08-99 09:25	-	-1,56	-1,74	-1,77	-1,51	-2,52	-1,91	-	-2,07	-2,09	0,03	0,03	-0,01	0,02	-	23	779
30-08-99 09:50	-	-1,56	-1,75	-1,77	-1,50	-2,47	-1,92	-	-2,11	-2,18	0,10	0,12	0,08	0,10	-	23	777
06-09-99 11:30	-	-1,65	-1,84	-1,87	-1,58	-2,43	-2,02	-	-2,42	-2,50	0,09	0,09	0,05	0,08	-	24	776
13-09-99 11:40	-	-1,73	-1,95	-1,97	-1,67	-2,43	-2,19	-	-2,51	-2,50	0,06	0,07	0,02	0,06	-	24	778
20-09-99 09:35	-	-1,63	-1,88	-1,92	-1,56	-2,24	-2,30	-	-2,32	-2,31	0,23	0,23	0,20	0,22	-	-	772

Rådata for forsøget sat over d. 31. maj 1999.

Trykmålinger (lb/in²) i forsøgsflaskerne med og uden Petrotech, samt kontrol flaskerne. Temp. og tryk er temperaturen og trykket i rummet, hvor målingerne er foretaget.

	Med	Med	Med	Med	Med	Uden	Uden	Uden	Uden	Uden	Kont.	Kont.	Kont.	Kont.	Kont.	Temp	Tryk
	11	12	13	14	15	21	22	23	24	25	1	2	3	4	5	(°C)	()
01-06-99 08:30	-0,16	-0,18	-0,18	-0,16	-0,17	-0,17	-0,14	-0,13	-0,12	-0,11	0,07	-0,05	-0,02	-0,03	-0,01	23	780
01-06-99 15:25	-0,17	-0,17	-0,16	-0,14	-0,14	-0,17	-0,13	-0,11	-0,09	-0,09	0,07	-0,04	0,00	0,00	0,03	25	780
02-06-99 08:40	-0,12	-0,14	-0,14	-0,12	-0,12	-0,14	-0,10	-0,08	-0,07	-0,07	0,13	0,01	0,05	0,04	0,07	23	778
02-06-99 15:35	-0,08	-0,09	-0,1	-0,08	-0,09	-0,09	-0,06	-0,04	-0,03	-0,03	0,19	0,07	0,10	0,09	0,12	26	775
03-06-99 08:45	0,00	-0,02	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,03	0,05	0,06	0,06	0,29	0,17	0,21	0,2	0,22	23,5	770
03-06-99 15:35	0,00	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	0,00	0,04	0,05	0,06	0,06	0,30	0,18	0,21	0,21	0,23	24	772
04-06-99 08:40	0,03	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,06	0,07	0,08	0,08	0,32	0,21	0,24	0,23	0,26	23	768
04-06-99 15:20	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,05	0,07	0,08	0,08	0,33	0,22	0,24	0,24	0,27	24	768
06-06-99 14:25	-0,11	-0,13	-0,14	-0,12	-0,12	-0,14	-0,07	-0,05	-0,05	-0,05	0,24	0,13	0,15	0,15	0,18	-	-
07-06-99 09:05	-0,21	-0,23	-0,24	-0,22	-0,22	-0,23	-0,17	-0,15	-0,15	-0,15	0,15	0,05	0,07	0,07	0,09	23	776
08-06-99 09:25	-0,30	-0,32	-0,34	-0,32	-0,32	-0,33	-0,27	-0,24	-0,24	-0,24	0,08	-0,02	0,00	0,00	0,02	23	778
09-06-99 10:30	-0,34	-0,35	-0,37	-0,33	-0,34	-0,36	-0,29	-0,26	-0,26	-0,26	0,07	-0,02	0,00	0,00	0,01	23	778
10-06-99 10:00	-0,41	-0,43	-0,45	-0,41	-0,41	-0,44	-0,36	-0,34	-0,33	-0,34	0,02	-0,08	-0,06	-0,06	-0,03	23	778
11-06-99 08:10	-0,43	-0,46	-0,47	-0,45	-0,45	-0,47	-0,39	-0,37	-0,37	-0,37	0,00	-0,10	-0,07	-0,08	-0,05	22	781
14-06-99 08:30	-0,44	-0,47	-0,49	-0,45	-0,46	-0,48	-0,39	-0,37	-0,37	-0,37	0,06	-0,04	-0,01	-0,01	0,01	22,5	781
16-06-99 07:55	-0,57	-0,59	-0,6	-0,56	-	-0,60	-0,50	-0,46	-0,46	-0,45	0,00	-0,09	-0,06	-0,07	-0,04	23,5	782
18-06-99 09:15	-0,48	-0,5	-0,53	-0,47	-	-0,52	-0,41	-0,38	-0,38	-0,37	0,11	0,01	0,04	0,03	0,06	-	776
21-06-99 09:10	-0,38	-0,41	-0,44	-0,39	-	-0,43	-0,32	-0,29	-0,29	-	0,26	0,16	0,18	0,17	0,20	-	770
24-06-99 08:30	-0,66	-0,69	-0,72	-0,66	-	-0,72	-0,58	-0,55	-0,55	-	0,02	-0,07	-0,04	-0,04	-0,02	-	780
28-06-99 14:10	-0,54	-0,57	-0,61	-0,64	-	-0,60	-0,46	-0,43	-	-	0,21	0,11	0,14	0,13	0,15	-	772
01-07-99 08:35	-0,70	-0,74	-0,78	-0,71	-	-0,76	-0,62	-0,59	-	-	0,09	0,00	0,02	0,01	0,03	-	777
05-07-99 09:10	-0,63	-0,68	-0,72	-0,64	-	-0,71	-0,56	-0,53	-	-	0,20	0,10	0,12	0,12	0,14	-	772
12-07-99 10:30	-0,84	-0,89	-0,94	-0,85	-	-0,94	-0,77	-0,73	-	-	0,08	-0,01	0,00	0,00	0,03	26	777
20-07-99 09:45	-0,74	-0,81	-0,86	-0,75	-	-0,88	-0,68	-0,63	-	-	0,27	0,18	0,21	0,20	0,24	25	771
26-07-99 09:20	-1,02	-1,08	-1,13	-1,02	-	-1,16	-0,93	-0,88	-	-	0,08	0,00	0,02	0,01	0,03	23	778
30-07-99 10:25	-1,08	-1,15	-1,20	-1,08	-	-1,19	-0,96	-0,91	-	-	0,09	0,00	0,02	0,04	0,05	25	779
02-08-99 09:25	-1,09	-1,16	-1,21	-1,09	-	-1,24	-1,00	-0,96	-	-	0,08	-0,01	0,00	0,00	0,03	26	780
10-08-99 10:40	-0,90	-1,00	-1,05	-0,93	-	-1,09	-0,83	-0,78	-	-	0,34	0,24	0,27	0,26	0,29	-	768
16-08-99 11:00	-0,96	-1,05	-1,10	-0,96	-	-1,15	-0,86	-0,81	-	-	0,36	0,27	0,30	0,29	0,31	22	766

Rådata for forsøget sat over d. 16. august 1999.

Trykmålinger (lb/in²) i forsøgsflaskerne med og uden Petrotech, samt kontrol flaskerne. Temp. og tryk er temperaturen og trykket i rummet, hvor målingerne er foretaget.

	Med	Med	Med	Med	Med	Uden	Uden	Uden	Uden	Uden	Kont.	Kont.	Kont.	Kont.	Kont.	Temp.	Tryk
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	(°C)	()
17-08-99 09:30	-0,13	-0,16	-0,17	-0,17	-0,12	-0,16	-0,19	-0,20	-0,20	-0,16	-0,07	-0,12	-0,14	-0,14	-0,10	-	769
17-08-99 15:50	-0,17	-0,20	-0,20	-0,19	-0,15	-0,19	-0,22	-0,23	-0,23	-0,19	-0,10	-0,14	-0,17	-0,16	-0,13	23	769
18-08-99 08:50	-0,18	-0,21	-0,21	-0,20	-0,15	-0,20	-0,23	-0,24	-0,23	-0,20	-0,10	-0,14	-0,16	-0,16	-0,12	23	770
18-08-99 15:45	-0,22	-0,24	-0,24	-0,22	-0,17	-0,22	-0,24	-0,24	-0,24	-0,20	-0,09	-0,13	-0,15	-0,14	-0,10	-	770
19-08-99 08:40	-0,12	-0,14	-0,14	-0,13	-0,07	-0,12	-0,15	-0,15	-0,14	-0,10	0,00	-0,03	-0,04	-0,04	0,00	22	764
20-08-99 08:35	-0,22	-0,25	-0,24	-0,23	-0,16	-0,22	-0,25	-0,25	-0,23	-0,19	-0,08	-0,11	-0,13	-0,12	-0,07	22	768
21-08-99 10:00	-0,38	-0,41	-0,41	-0,39	-0,33	-0,38	-0,40	-0,41	-0,39	-0,35	-0,21	-0,25	-0,27	-0,26	-0,25	23	775
23-08-99 08:40	-0,48	-0,51	-0,51	-0,49	-0,43	-0,48	-0,50	-0,50	-0,48	-0,44	-0,28	-0,32	-0,34	-0,32	-0,27	22	778
24-08-99 09:20	-0,51	-0,53	-0,53	-0,52	-0,46	-0,51	-0,52	-0,53	-0,51	-0,48	-	-0,34	-0,35	-0,35	-0,30	23	779
25-08-99 14:30	-0,59	-0,61	-0,61	-0,61	-0,57	-0,54	-0,58	-0,60	-0,58	-0,56	-	-0,38	-0,40	-0,41	-0,36	23	782
26-08-99 09:30	-0,48	-0,51	-0,51	-0,49	-0,44	-0,49	-0,49	-0,50	-0,47	-0,44	-	-0,28	-0,29	-0,29	-0,24	23	777
27-08-99 10:00	-0,41	-0,45	-0,46	-0,45	-0,40	-0,42	-0,43	-0,45	-0,44	-0,41	-	-0,22	-0,24	-0,24	-0,21	23	775
30-08-99 09:45	-0,52	-0,57	-0,57	-0,55	-0,50	-0,51	-0,53	-0,55	-0,53	-0,47	-	-0,26	-0,28	-0,27	-0,23	23	777
31-08-99 10:10	-0,45	-0,49	-0,51	-0,49	-0,45	-0,44	-0,46	-0,49	-0,47	-0,44	-	-0,21	-0,23	-0,23	-0,22	23	774
01-09-99 14:30	-0,66	-0,71	-0,72	-0,69	-0,63	-0,65	-0,67	-0,68	-0,66	-0,62	-	-0,37	-0,38	-0,38	-0,33	24	781
02-09-99 10:05	-0,71	-0,75	-0,74	-0,71	-0,66	-0,68	-0,69	-0,68	-0,66	-0,62	-	-0,36	-0,38	-0,38	-0,33	23	782
06-09-99 11:30	-0,58	-0,63	-0,61	-0,59	-0,56	-0,56	-0,53	-0,58	-0,55	-0,53	-	-0,23	-0,25	-0,25	-0,21	24	776
08-09-99 15:05	-0,67	-0,73	-0,72	-0,69	-0,65	-0,65	-0,62	-0,67	-0,64	-0,61	-	-0,30	-0,31	-0,31	-0,27	25	779
09-09-99 10:55	-0,67	-0,75	-0,73	-0,71	-0,67	-0,67	-0,64	-0,70	-0,67	-0,64	-	-0,33	-0,35	-0,35	-0,31	25	780
13-09-99 11:40	-0,64	-0,73	-0,70	-0,68	-0,65	-0,64	-0,62	-0,67	-0,64	-0,61	-	-0,26	-0,28	-0,28	-	24	778
16-09-99 09:45	-0,51	-0,61	-0,59	-0,57	-0,54	-0,52	-0,49	-0,55	-0,52	-0,49	-	-0,11	-0,13	-0,14	-	-	775
20-09-99 09:40	-0,54	-0,65	-0,62	-0,60	-0,56	-0,53	-0,51	-0,56	-0,53	-0,50	-	-0,09	-0,11	-0,12	-	-	772
23-09-99 15:30	-0,60	-0,71	-0,67	-0,64	-0,61	-0,57	-0,54	-0,60	-0,57	-0,55	-	-0,11	-0,13	-0,13	-	24	770

Bilag 16 Rådata for MPN bestemmelse

MPN bestemmelse af hexadecan nedbrydende bakterier d. 13. juli 1999.

start

19829

20475

23407

middel

21237

Fortynding/flaske

g jord

1

1,6

2

0,16

3

0,016

4

0,0016

5

0,00016

MED PETROTECH

Udviklet C14-mærket CO2				
A	B	C	D	E
4160	6218	5523	4629	693
5921	4743	3984	3594	2634
3110	8589	3914	4272	4177
5831	5325	3354	5123	2120
6835	6412	5654	5466	2702
Relativt til tilsat mængde mærket hexadecan				
A	B	C	D	E
0,196	0,293	0,260	0,218	0,033
0,279	0,223	0,188	0,169	0,124
0,146	0,404	0,184	0,201	0,197
0,275	0,251	0,158	0,241	0,100
0,322	0,302	0,266	0,257	0,127
pos/neg				
A	B	C	D	E
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos

UDEN PETROTECH

Udviklet C14-mærket CO ₂ .				
A	B	C	D	E
2623	4006	5347	4766	8678
2608	4699	1804	3252	1744
4721	3080	3847	1950	1329
8286	7156	1514	2460	2178
3554	8527	2563	4929	6808
Relativt til tilsat mængde mærket hexadecan				
A	B	C	D	E
0,124	0,189	0,252	0,224	0,409
0,123	0,221	0,085	0,153	0,082
0,222	0,145	0,181	0,092	0,063
0,390	0,337	0,071	0,116	0,103
0,167	0,402	0,121	0,232	0,321
pos/neg				
A	B	C	D	E
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos

Da alle fortyndinger er positive, er der i begge prøver > 160900 kim/16 g jord = 10000 kim/g jord.

MPN bestemmelse af hexadecan nedbrydende bakterier d. 2. september 1999.

start

23942

27704

27812

middel 26486

Fortynding/flaske	g jord
1	0,016
2	0,0016
3	0,000016
4	0,000064
5	0,00000064

MED PETROTECH

UDVIKLET C14-MÆRKET CO2.				
1	2	3	4	5
14365	10069	2240	5307	10766
11145	10015	3701	6304	2402
2146	10878	4025	17410	212
4194	3888	7140	9772	10660
8662	9765	9440	8442	7548
RELATIVT TIL TILSAT MÆNGDE MÆRKET HEXADECAN				
1	2	3	4	5
0,542	0,380	0,085	0,200	0,406
0,421	0,378	0,140	0,238	0,091
0,081	0,411	0,152	0,657	0,008
0,158	0,147	0,270	0,369	0,402
0,327	0,369	0,356	0,319	0,285
POS/NEG				
1	2	3	4	5
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	neg
pos	pos	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos

UDEN PETROTECH

UDVIKLET C14-MÆRKET CO2.				
1	2	3	4	5
1303	801	6440	5414	4051
8087	413	6515	593	8319
5320	9687	10014	6446	10047
399	9701	2635	5938	9945
194	873	2201	3301	5504
RELATIVT TIL TILSAT MÆNGDE MÆRKET HEXADECAN				
1	2	3	4	5
0,049	0,030	0,243	0,204	0,153
0,305	0,016	0,246	0,022	0,314
0,201	0,366	0,378	0,243	0,379
0,015	0,366	0,099	0,224	0,375
0,007	0,033	0,083	0,125	0,208
POS/NEG				
1	2	3	4	5
pos	pos	pos	pos	pos
pos	neg	pos	pos	pos
pos	pos	pos	pos	pos
neg	pos	pos	pos	pos
neg	pos	pos	pos	pos

Som det ses er det fortyndinger ikke regelmæssige, som krævet ved MPN-metoden. Anvendes den næstsidste fortynding (4) kun med positive er der mere end 1 kim/0,00064 g jord, som er 1500 kim/g.