

VS13941

ONDERZOEKSERVARINGEN MET BEKERING TOT LANDFARMING

BIBLIOTHEEK
STANINGGEBOUW

dr. J. Hoeks

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), Postbus 35, 6700 AA Wageningen

1. INLEIDING

Landfarming is een eenvoudige techniek voor biologische reiniging van vervuilde grond. De grond wordt in een laag van 30-40 cm uitgespreid op de bodem en de biologische afbraak wordt gestimuleerd door bemesting en bewerking van de grond. Landfarming wordt uitgevoerd op speciaal ingerichte terreinen met bodemafdichting, waarbij het drainwater wordt opgevangen en eventueel kan worden behandeld.

Het landfarmingsonderzoek in Nederland richt zich vooral op het creëren van optimale condities voor biologische afbraak onder praktijkomstandigheden. Belangrijke aspecten zijn omvang, aard en frequentie van bemesting en grondbewerking in verband met een optimale voorziening van nutriënten en zuurstof. Een belangrijk aandachtspunt betreft ook de milieuhygiënische aspecten, met name de uitspoeling van olie- en afbraakproducten en de emissie van vluchtige koolwaterstoffen naar de atmosfeer. Toepassing op praktijk-schaal is uiteraard afhankelijk van de snelheid, waarmee de olieproducten worden afgebroken. Het onderzoek richt zich op meerdere oliesoorten, omdat verwacht mag worden dat de afbraaksnelheid per oliesoort verschilt.

In april 1985 is op het terrein van de VAM in Wijster een proefterrein ingericht voor de landbehandeling van verontreinigde grond. Op het proefterrein is een bodemafdichting aangebracht, waarop circa 70 cm goed doorlatend zand met een drainagesysteem is gelegd. Verontreiniging van het grondwater door uitspoeling van olie- en afbraakproducten is zodoende uitgesloten. Het drainwater kan worden opgevangen en bemonsterd voor chemische analyse. Zo nodig kan het drainwater worden afgevoerd naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Op het proefterrein zijn twee soorten vervuilde grond in behandeling genomen, namelijk grond vervuild met ruwe olie ("crude grond") en grond vervuild met gasolie ("gasolie grond").

Het onderzoek op het proefveld is aangevuld met onderzoek op laboratoriumschaal, waarbij met name aandacht is besteed aan de invloed van verschillende milieu-omstandigheden op de afbraak van oliecomponenten en de vorming van oplosbare afbraakproducten.

2. UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

2.1. Veldonderzoek

Het proefveld is ingedeeld in een viertal veldjes van elk 8 bij 43 m² oppervlakte met een gescheiden drainafvoer:

- veldje 1A: gasolie-grond, met grasvegetatie;
- veldje 1B: gasolie-grond, braakliggend;
- veldje 2A: crude-grond, met grasvegetatie (met veel onkruid);
- veldje 2B: crude-grond, braakliggend (met veel onkruid).

De activiteiten en frequentie van bemesting en grondbewerking zijn weergegeven in tabel 1.



JCH slubben *

26 JUN 1988

Tabel 1. Overzicht van de activiteiten op het landfarmingsproefveld bij de VAM in Wijster

| Datum | Aard van activiteit | Nadere omschrijving |
|-----------|---------------------|---|
| 4- 7-'85 | grondbewerking | alle velden met triltandcultivator |
| | bemesting | 200 kg KAS, 200 kg super |
| | inzaaien met gras | veldjes 1A en 2A |
| 20- 8-'85 | grondbewerking | veldjes 1B en 2B, met kleine cultivator |
| 3-10-'85 | grondbewerking | veldjes 1B en 2B, met kleine cultivator |
| | bemesting | 200 kg KAS, 100 kg super veldje 1B 100 kg kalk |
| | gras gemaaid | veldjes 1A en 2A |
| 28- 5-'86 | grondbewerking | veldjes 1B en 2B, met kleine cultivator |
| | bemesting | veldjes 1B en 2B, 100 kg KAS, 50 kg super |
| | gras gemaaid | veldjes 1A en 2A |

De crude-grond is een venige grond. De gasolie-grond daarentegen is een humusarme zandgrond en bevatte veel stenen. Deze stenen zijn niet verwijderd voor het opbrengen van de grond op het proefterrein. Bij de grondbewerking werd hier veel hinder van ondervonden.

De bemesting werd uitgevoerd met kalkamonsalpeter (KAS) met 26% N, waarvan 50% in ammonium-vorm en 50% in nitraat-vorm, en met superfosfaat met 18% P_2O_5 , oplosbaar in ammoniumcitraat (17.6% P_2O_5 oplosbaar in water). De gasolie-grond bleek een vrij lage pH te hebben (pH- H_2O 4,7 à 5,0) en is daarom later bekalkt. Vanwege de grasbegroeiing op veldje 1A is deze bekalking alleen op veldje 1B uitgevoerd.

De grond en het drainwater zijn ongeveer eens per 2 à 3 weken bemonsterd en geanalyseerd. De grond werd bemonsterd door met een gutsboor 10-15 monsters per veldje te nemen. De verontreinigde grond werd over de gehele laagdikte bemonsterd. Van deze monsters werd vervolgens per veldje een mengmonster samengesteld.

De dikte van de laag opgebrachte vervuilde grond bedraagt 35-40 cm. Deze laagdikte is gekozen op grond van de verwachting, dat de aeratie van de grond geen problemen oplevert bij een laagdikte van 30 à 40 cm. Op het proefveldje zijn de zuurstofgehalten in de grond gemeten. Per veldje werd één meetpunt ingericht waar het zuurstofgehalte op drie diepten kon worden gemeten (15, 30 en 50 cm diepte). Incidenteel is op twee diepten (30 en 45 cm) ook de bodentemperatuur gemeten.

2.2. Laboratoriumonderzoek

Aanvullend op het veldonderzoek is in samenwerking met de Afdeling Microbiologie van de Landbouwuniversiteit Wageningen een laboratoriumonderzoek uitgevoerd naar de snelheid waarmee ruwe olie en gasolie in de grond worden afgebroken in afhankelijkheid van bemesting, grondbewerking en temperatuur. Ook is onderzoek verricht naar de afbraak van een viertal karakteristieke koolwaterstoffen (hexadecaan, cyclohexaan, o-xyleen en naftaleen) en de afbraakproducten die daarbij worden gevormd.

De afbraak van ruwe olie en gasolie is bestudeerd aan de hand van potproeven (ca. 2,5 kg grond per pot) en Sapromat-proeven. De Sapromat is een apparaat voor de bepaling van het biochemisch zuurstofverbruik van watermonsters. Het apparaat is echter ook zeer goed te gebruiken voor het continue registreren van het zuurstofverbruik in verontreinigde grond (ca. 100 gram grond per vaatje). Met behulp van de Sapromat is ook het effect van mengen van crude-grond en gasolie-grond op de afbraaksnelheid onderzocht.

Het onderzoek naar afbraakprodukten bleek veel praktische problemen op te leveren als gewerkt wordt met olie, omdat hierin vele verschillende koolwaterstoffen aanwezig zijn. Daarom is dit onderzoek uitgevoerd met individuele componenten. Met name is onderzoek verricht naar de groeisnelheid van een naftaleen-splitsende bacterie en naar de afbraakprodukten die bij afbraak van naftaleen worden gevormd.

Voor nadere informatie over opzet en resultaten van het laboratoriumonderzoek wordt verwezen naar de scripties van A.J. Boekhold en S.A. Boekhold, die zij in het kader van hun studie aan respectievelijk de Rijksuniversiteit Utrecht en de Landbouwniversiteit Wageningen hebben verricht.

2.3. Analyses

De grondmonsters zijn onderzocht op het totaal oliegehalte, terwijl waterextracten van de grond zijn geanalyseerd met betrekking tot pH, TOC, NO_3 , Cl, PO_4 . Dezelfde analyses zijn ook uitgevoerd in het drainwater.

Voor de olieanalyses zijn de grondmonsters geëxtraheerd met hexaan volgens de continue extractiemethode met behulp van een Soxhlet-apparaat. Het hexaanextract is vervolgens ingedampt en gaschromatografisch geanalyseerd op olie, gebruik makend van een gepakte kolom. De temperatuur van het injectiegedeelte van de gaschromatograaf is 300°C , de kolomtemperatuur loopt op met $15^\circ\text{C}/\text{min}$ van 60°C naar 300°C , de temperatuur van de detector (FID) is 325°C .

Enkele grondmonsters zijn via verschillende methoden geëxtraheerd en geanalyseerd, namelijk:

- extractie met hexaan volgens Soxhlet-methode en gaschromatografische analyse (GC);
- extractie met tetra volgens Soxhlet-methode en gaschromatografische analyse;
- extractie met tetra door middel van schudden en analyse volgens infrarood-methode (officiële NEN-methode);
- extractie met aceton en pentaan door middel van schudden en analyse volgens de gaschromatografische methode (door VROM voorgestelde methode in het kader van bodemsaneringen).

Sinds december 1985 worden de oliegehaltebepalingen uitgevoerd volgens twee methoden, namelijk de vandoord op het ICW toegepaste hexaan-extractie volgens de Soxhlet-methode met GC-analyse en de VROM-methode met aceton/pentaan extractie door middel van schudden en GC-analyse. Bij deze laatste methode wordt aceton gebruikt om bodemvocht te verwijderen om zodoende een betere extractie van de olie met pentaan te bereiken. Het blijkt dat oliegehalten volgens deze methode bepaald, doorgaans hoger uitvallen dan de oliegehalten bepaald volgens de eerste methode.

Incidenteel is het drainwater onderzocht op de aanwezigheid van aromaten, fenolen en totaalgehalte aan minerale olie.

3. VOORLOPIGE RESULTATEN

3.1. Betrouwbaarheid en interpretatie van analysegegevens

Het belangrijkste doel van het onderzoek is uiteraard om vast te stellen hoe snel de olie in de grond wordt afgebroken en op welke termijn de grond weer als schoon kan worden beschouwd. Een belangrijk gegeven daarbij is de afname van het oliegehalte in de tijd. De bepaling van het oliegehalte in grond is echter nog volop in discussie en het blijkt ook dat er grote verschillen in uitkomsten bestaan tussen de verschillende extractie- en analysemethoden. Tabel 2 geeft hiervan een voorbeeld en laat zien dat het hoogste gehalte circa 6 keer hoger is dan het laagste gehalte.

Tabel 2. Effect van extractie- en analysemethoden op het oliegehalte in een humeus grondmonster met ruwe olie

| Extractiemiddel | Extractiemethode | Analyse | Oliegehalte (mg.kg ⁻¹) |
|-------------------|------------------|---------|---------------------------------------|
| hexaan | Soxhlet | GC | 1400 |
| tetra | Soxhlet | GC | 1340 |
| tetra | Soxhlet | IR | 8400 |
| tetra | schudden | IR | 3600 |
| aceton + pentaan* | schudden | GC | 7800 |

*nieuwe richtlijn Ministerie VROM

Bekend is dat de IR-methode minder geschikt is voor humeuze en venige gronden, omdat ook humusachtige stoffen bijdragen aan de IR-absorptie. Dit euvel is slechts tendele op te heffen door aan het extract florilcil toe te voegen, waardoor polaire organische stoffen (overigens ook de polaire olieafbraak-producten!) gedeeltelijk worden verwijderd. De hogere gehalten volgens de IR-methode zijn dus mogelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van humusachtige verbindingen.

De hogere gehalten volgens de aceton/pentaan-methode duiden erop dat dankzij het gebruik van aceton (ter verwijdering van water) het extractie-rendement hoger ligt. Een nadeel van de GC-methode kan zijn dat hoogkokende componenten, die pas boven 300°C vervluchtigen, niet meebepaald worden, omdat ze in het injectiegedeelte en in de kolom achterblijven. Bij de IR-methode worden deze wel meebepaald, althans voor zover ze extraheerbaar zijn.

De keuze van het extractiemiddel en de analysemethode dient dus eigenlijk afhankelijk gesteld te worden van de aard van de oliecomponenten in de grond.

De problemen, zoals die ondermeer naar voren kwamen bij de bepaling van het oliegehalte in crude-grond, zijn waarschijnlijk ten dele terug te voeren op problemen bij de extractie en de GC-analyse en hangen samen met de aanwezigheid van hoogkokende koolwaterstoffen in deze olie.

Gezien de moeilijkheden bij de bepaling van het oliegehalte in grond, is het wenselijk om ook via andere metingen een indruk te krijgen van de olieafbraaksnelheid. Op laboratoriumschaal is het gebruikelijk om het zuurstofverbruik en/of de koolzuurproductie vast te stellen als maat voor de afbraaksnelheid. Onder veldomstandigheden is de bepaling van het zuurstofverbruik technisch gezien moeilijker, zodat meestal volstaan wordt met meting van zuurstofgehalten op verschillende diepten. Overigens is uit het zuurstof-profiel een redelijke schatting te geven van het zuurstofverbruik in de grond. Ook de TOC-bepalingen in een waterextract van de grond kunnen informatie geven over het optreden van afbraak. Toename van het TOC-gehalte wijst op de vorming van polaire afbraakproducten en dit betekent dus dat afbraak van olie plaatsvindt. Uiteraard geven de zuurstofmetingen en de TOC-bepalingen niet meer dan aanvullende informatie op de oliegehalte-bepalingen. Niettemin kunnen deze bepalingen bij twijfel over de betrouwbaarheid van de olieanalyses van veel belang zijn.

3.2. Zuurstofvoorziening

Bij landfarming geschiedt de zuurstofvoorziening door diffusie van zuurstof vanaf het bodemoppervlak. Volgens HOEKS (1985) kan de dikte van de geaëreerde laag worden berekend als:

$$L = \sqrt{\frac{2DC_0}{\alpha}}$$

(1)

waarin: L = dikte geaëreerde laag (cm)
 D = diffusiecoëfficiënt voor zuurstof in grond ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)
 C_0 = zuurstofgehalte aan bodemoppervlak ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)
 α = zuurstofconsumptiesnelheid ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$)

In figuur 1 is het verloop van het zuurstofgehalte met de diepte gegeven voor verschillende zuurstofconsumptiesnelheden.

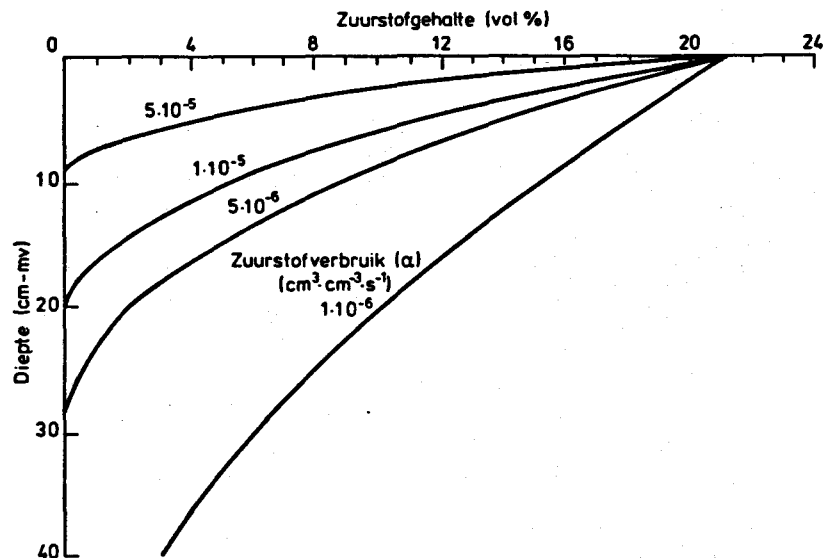


Fig. 1. Verloop van het zuurstofgehalte in de bodem met de diepte als functie van de zuurstofconsumptiesnelheid, berekend volgens HOEKS (1985)

Berekeningen met vergelijking (1) voor een vochtige zandgrond ($D = 0,010 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) met $10\,000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ruwe olie ($\alpha = 2 \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$) tonen aan dat L ongeveer 46 cm bedraagt. Voor oliegehalten lager dan $10\,000 \text{ ppm}$ zijn daarom in het algemeen geen aeratieproblemen te verwachten, mits de bodemstructuur goed blijft. Dit is in overeenstemming met de veldgegevens. Op het proefveld in Wijster zijn een tweetal veldjes ingezaaid met gras om aldus een goede structuur te handhaven. Het zuurstofverbruik in de grond neemt daardoor natuurlijk wel toe, naar schatting met circa $5 \times 10^{-7} \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$. In bovenstaand rekenvoorbeeld neemt de dikte van de geaëreerde laag daardoor af tot 41 cm. Het effect is dus slechts gering. Wel heeft de begroeiing een belangrijk effect op de waterbalans (minder neerslagoverschot).

Uit oogpunt van zuurstofvoorziening is grondbewerking dus alleen nodig als de bovengrond is dichtgeslemt (slechte structuur, lage D). Echter, grondbewerking lijkt ook om andere redenen gewenst. Vooral bij hoge oliegehalten zal niet alle olie in de grond optimaal bereikbaar zijn voor micro-organismen. Figuur 2 laat het positieve effect van mengen op de bacterie-activiteit in potproeven zien. Dit pleit dus voor een frequent uitvoeren van grondbewerking. In de lopende experimenten wordt de grondbewerking steeds uitgevoerd met een culticator.

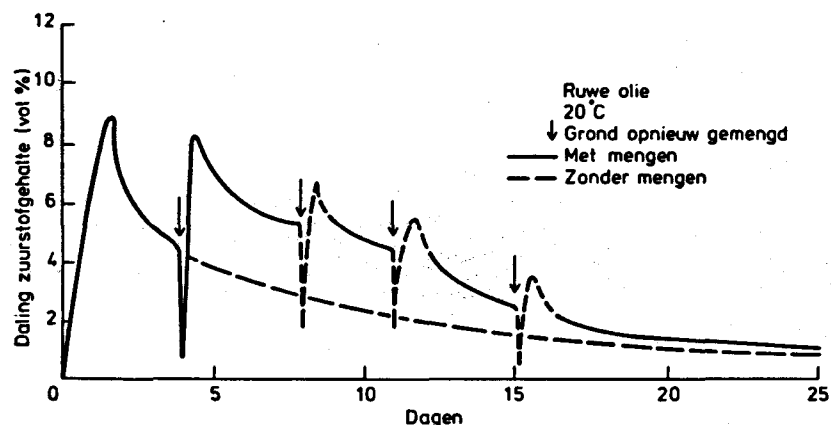


Fig. 2. Effect van mengen op het zuurstofverbruik, gemeten als daling van het zuurstofgehalte op 25 cm diepte in de pot met grond, weergegeven als vol. % ten opzichte van het zuurstofgehalte in de buitenlucht

3.3. Bemesting

De bemesting wordt doorgaans gebaseerd op de verhouding C:N:P. Afgezien van de totaal benodigde meststof is ook van belang in hoeveel doseringen en met welke frequentie deze hoeveelheid wordt toegediend.

Uitgaande van een verhouding C:N:P = 100:10:1 in bacteriecelmateriaal en aannemende dat 40-50% van de beschikbare C wordt gebruikt voor opbouw van biomassa, dan is de optimale verhouding C:N:P = 200-250:10:3 in de grond. Het P-aandeel is hierbij iets hoger genomen omdat fosfaat in de grond wordt vastgelegd in slecht oplosbare vorm.

Op het proefveld in Wijster lag de C/N-verhouding na de eerste bemesting in de orde van 19-34 en na de tweede bemesting was dit 10-17. Gezien het voorgaande betekent dit dat reeds bij de eerste bemesting voldoende stikstof is gegeven.

Op grond van het laboratoriumonderzoek is geconcludeerd dat tijdens de fase van exponentiële groei van de bacteriepopulatie de stikstof snel verdwijnt en wordt vastgelegd in het bacteriecelmateriaal. Later bij afsterving van de bacteriepopulatie, wordt de eerder vastgelegde stikstof echter grotendeels weer gemineraliseerd en kan dan uitspoelen met het drainwater.

Onderzoek bij de LH-Microbiologie heeft aangetoond dat bemesting zelfs remmend kan werken (VEERKAMP en ZEWARD, 1985). Uit de gegevens blijkt, dat in dat geval sprake is van een duidelijke overdosering. De C/N-verhouding waarbij belangrijke remming optrad lag in de buurt van 7. Ook bij optimale C/N-verhouding kan echter de bemesting zo hoog worden (vooral bij hoge oliegehalten) dat remming optreedt, mogelijk door te hoge zoutconcentraties in de grond. In eerder onderzoek van TEN HOLDER (1980) en VAN DRUMPT (1983) is een dergelijke remming geconstateerd, zij het alleen tijdelijk bij de start.

Zonder bemesting blijkt in veel gevallen toch een gestage afbraak op te treden. In zijn onderzoek berekent VAN GESTEL (1981) dat er stikstofbinding door bacteriën moet hebben plaatsgevonden. Van sommige alkaan-oxyderende bacteriën is inderdaad bekend dat zij hiertoe in staat zijn.

3.3. Uitspoeling van afbraakprodukten en nutriënten

De vorming van in water oplosbare afbraakprodukten is op laboratoriumschaal gemeten als een toename van totaal organisch koolstof (TOC) in waterextracten van oliehoudende grond (TEN HOLDER, 1980). Onder veldomstandigheden is op het proefveld in Wijster eveneens een toename van het TOC-gehalte in het drainwater geconstateerd (zie fig. 3). In de winter neemt het TOC-gehalte sterk af door verminderde afbraak en versterkte uitspoeling. Vermoedelijk spoelen vooral afbraakprodukten uit en niet of nauwelijks oorspronkelijke oliecomponenten. In het drainwater van de proefveldjes bleken in ieder geval geen aromaten aanwezig te zijn.

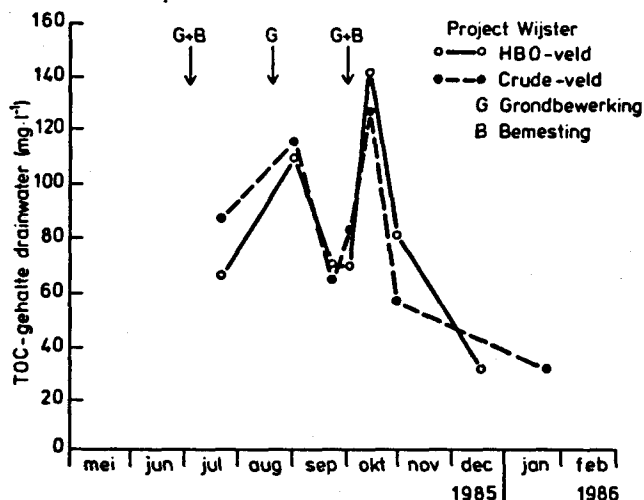


Fig. 3. Verloop van het TOC-gehalte (mg.l^{-1}) in het drainwater als functie van de tijd (Project Wijster, ICW)

De uitspoeling van nutriënten, met name nitraat, blijkt aanzienlijk te zijn, zelfs bij optimale bemesting. Nitraatgehalten van $150\text{--}250 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ blijken normaal te zijn. Op het proefveld in Wijster is geconstateerd dat de nitraatuitspoeling het hoogst is op de braakliggende veldjes. Mogelijk voor de nitraatuitspoeling kunnen zijn een overdosering, inefficiënte N-benutting als gevolg van heterogene verdeling in de grond en mineralisatie van eerder in de biomassa vastgelegde stikstof. Uitspoeling van fosfaat blijkt verwaarloosbaar te zijn.

3.4. Afbraak van gasolie

De afbraak van de gasolie is vanaf het begin meteen goed op gang gekomen. Het oliegehalte van de vervuilde grond bij aanvang van de proef bedroeg circa 1800 mg/kg . In circa 5 maanden is dit gehalte gedaald to circa 400 mg/kg (zie fig. 4). Dit ligt ruim beneden de B-waarde van 1000 mg/kg zoals deze in het kader van bodemsaneringsonderzoek wordt gehanteerd als richtlijn van het Ministerie VROM.

De na 5 maanden resterende olieprodukten zijn waarschijnlijk niet gemakkelijk af te breken. Dit blijkt bijvoorbeeld uit het zuurstofverloop in de bodem. In het najaar 1985 stijgen de zuurstofgehalten in de bodem, enerzijds als gevolg van het afnemend oliegehalte maar anderzijds ook door de dalende bodemtemperatuur in het najaar. In het voorjaar 1986 daalt het zuurstofgehalte niet meer bij stijgende bodemtemperatuur. Dit betekent dat de dan nog resterende olieprodukten in de grond slecht afbreekbaar zijn. Deze restverontreiniging veroorzaakt geen extra zuurstofverbruik meer. De grond kan dus zowel op grond van het oliegehalte als op grond van het zuurstofverbruik als schoon worden aangemerkt.

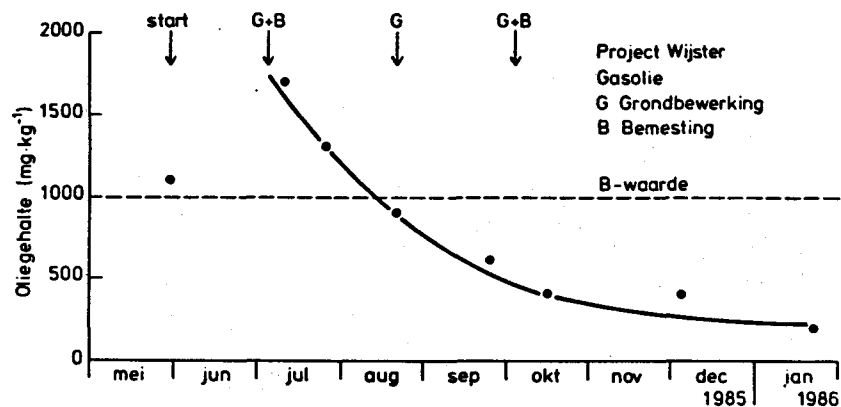


Fig. 4. Afname van het oliegehalte in de "gasolie-grond" (veld 1B) als functie van de tijd (Project Wijster, ICW)

De pH-H₂O van de gasolie-grond was vrij laag (pH ca. 4.5-5.0) maar dit is kennelijk geen belemmering voor de olieafbraak geweest. Wel is op veldje 1B op 3-10-'85 een bekalking uitgevoerd, maar dit resulteerde pas in januari 1986 in een merkbare verhoging van de pH. Op dat moment was de gasolie al grotendeels afgebroken, zodat het pH-effect niet meer tot uitdrukking is gekomen in de afbraaksnelheid. De gehalten aan chloride en sulfaat zijn op veld 1A met de grasbegroeiing hoger dan op het braakliggende veldje 1B. Dit is het gevolg van de hogere "indamping" als gevolg van de verdamping door de grasvegetatie. De vrij hoge sulfaat-gehalten zijn waarschijnlijk het gevolg van de toevoeging van superfosfaat met als nevenbestanddeel CaSO₄.

De beschikbaarheid van fosfaat is zeer waarschijnlijk niet beperkend geweest voor de bacteriegroei gezien de PO₄-concentraties in het waterextract van de grond (2,3-3,4 mg/kg).

Zeer opvallend bij de beoordeling van de kwaliteit van het drainwater zijn de hoge nitraatgehalten. Op veldje 1A met de grasbegroeiing is de nitraatuitspoeling het laagst, omdat de grasvegetatie ook stikstof gebruikt. Niettemin zijn ook hier de NO₃-gehalten in het drainwater hoog (ca. 70-165 mg/l). Op veldje 1B zijn deze gehalten nog hoger (ca. 100-200 mg NO₃/l).

Na de eerste bemesting is nog geen sprake van overmatige bemesting. Niettemin treedt ook in augustus en september 1985 al aanzienlijke uitspoeling van nitraat op. De uitgestrooide meststof is wel ondergewerkt met de cultivator, maar een homogene verdeling zal zeker niet bereikt zijn. De toegediende meststof wordt daardoor inefficiënt benut en een deel zal kunnen uitspoelen. Ook hier geldt dat een frequent uitgevoerde grondbewerking een betere verdeling van de meststof tot gevolg heeft met minder kans op uitspoeling.

Overigens zal op den duur altijd uitspoeling van nitraat plaatsvinden, want de stikstof die is vastgelegd in het bacteriemateriaal zal na kortere of langere tijd weer vrijkomen als de bacteriecellen afsterven en deels worden gemineraliseerd. Een ander deel blijft achter in de nieuw gevormde humus in de grond en komt pas op langere termijn bij mineralisatie van deze humus weer beschikbaar.

3.5. Afbraak van ruwe olie

Het gehalte aan ruwe olie in de crude-grond vertoont een merkwaardig verloop in de tijd (fig. 5). Gedurende de zomer van 1985 is er na een aanvankelijke afname geen duidelijke afbraak te constateren. In najaar en winter lopen de oliegehalten vervolgens terug om in het voorjaar van 1986 weer toe te nemen. De oliegehalten zijn dan zelfs hoger dan in het voorafgaande jaar.

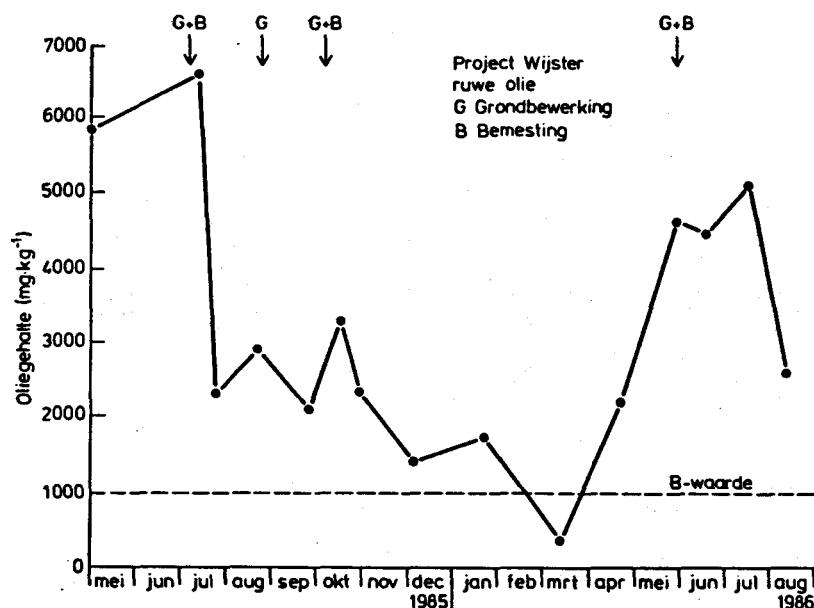


Fig. 5. Verloop van het oliegehalte in de crude-grond (veldje 2B) als functie van de tijd

Zoals reeds in 3.1 werd opgemerkt kan het nuttig zijn ook andere metingen te verrichten om vast te stellen of afbraak optreedt. In dit geval blijkt uit de zuurstofmetingen dat er wel degelijk afbraak plaatsvindt. Op 50 cm diepte liggen de zuurstofgehalten namelijk in de orde van 0-5 vol%, hetgeen wijst op een hoog zuurstofverbruik. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat deze venige grond aanmerkelijk vochtiger blijft dan de gasolie-grond op de veldjes 1A en 1B, zodat de diffusiecoëfficiënt hier naar verwachting kleiner is.

Ook de toename van de TOC-gehalten in het drainwater (tot 125 à 135 mg C/l) wijst erop dat afbraak van olie plaatsvindt. Na afname van het TOC-gehalte in de winter ten gevolge van verminderde afbraak en uitspoeling stijgt in het voorjaar het TOC-gehalte in het drainwater opnieuw (tot 100 à 200 mg C/l).

De constatering dat met name in het groeiseizoen veel zuurstof wordt verbruikt in de grond en afbraakproducten in het drainwater terecht komen, wijst erop dat afbraak van olie plaatsvindt. De zuurstofgehalten in de grond en de TOC-gehalten in het drainwater liggen in dezelfde orde van grootte als op de veldjes 1A en 1B met de gasolie-grond. Er moet daarom geconcludeerd worden dat de gemeten oliegehalten geen goed beeld geven van de werkelijke afname van het oliegehalte. Het vermoeden bestaat dat zowel bij de extractie (problemen met vocht?) als bij de GC-analyse (hoog kokende componenten) problemen optreden, waardoor het werkelijke oliegehalte van de crude-grond belangrijk hoger is dan hier is bepaald. De schommelingen in het oliegehalte en de gevonden toename in het voorjaar van 1986 moeten dan worden toegeschreven aan afbraak van lange ketens met een hoog kookpunt. Door de afbraak worden hieruit afbraakproducten met kortere ketens gevormd, die waarschijnlijk beter extraheerbaar en tevens vluchtiger zijn, zodat ze bij de GC-analyse bijdragen aan het totaal oliegehalte. Wanneer de afbraak van olie weer op gang komt in het voorjaar kan dit dus leiden tot een toename van het "oliegehalte".

Het oorspronkelijke oliegehalte van de crude-grond is naar verwachting aanmerkelijk hoger dan de hier bepaalde 6000 à 8000 mg olie/l. Analyses van crude-grond, zoals deze bij de VAM in Wijster wordt aangevoerd, wijzen op totaalgehalten van 25 000 à 35 000 mg olie/kg (bepaald volgens de NEN-methode; extractie met tetra en analyse volgens IR-methode).

Concluderend kan worden gesteld dat de afbraak van ruwe olie goed verloopt, ondanks het feit dat dit door problemen bij extractie en analyse niet tot uitdrukking komt in het verloop van de oliegehalten. De verwachting is dat oorspronkelijk het oliegehalte in de grond vrij hoog is (ca. 3 gewichts %?), waardoor reiniging in één seizoen niet haalbaar is. Pas na twee groeiseizoenen lijkt het oliegehalte iets te dalen. Voortzetting van het onderzoek is noodzakelijk om meer definitief conclusies te kunnen trekken met betrekking tot de afbraak van ruwe olie.

4. CONCLUSIES

Hoewel het onderzoek nog niet is afgerond, kunnen wel enkele voorlopige conclusies worden getrokken. Deze zijn:

- de afbraak van gasolie in grond verloopt relatief snel met halveringstijden van 1,5 à 2 maanden;
- de afbraak van ruwe olie is moeilijk te volgen aan de hand van de gemeten oliegehalten, omdat waarschijnlijk een deel van de olie niet wordt bepaald bij de gevolgde methode (hexaanextractie, GC-analyse);
- op grond van O₂-metingen in de grond en TOC-gehalten in het drainwater mag worden verwacht dat de afbraak van ruwe olie ongeveer even snel verloopt als die van gasolie, maar het oliegehalte bij aanvang was hier veel hoger waardoor de grond na één groeiseizoen nog niet schoon is;
- grondbewerking moet zeer frequent (bijvoorbeeld 1 keer per week) worden uitgevoerd, zo mogelijk over de gehele dikte van de laag verontreinigde grond, waarbij ervoor gewaakt moet worden dat geen structuurbederf optreedt;
- de mestdosering dient te worden vastgesteld aan de hand van een bepaling van de C:N:P verhouding in de grond en de optimale C:N:P verhouding voor de bacteriegroei, welke voor olieafbraak in de grond ruwweg 250:10:3 bedraagt;
- bij lage oliegehalten (bijvoorbeeld tot 2500 ppm) kunnen de meststoffen in één keer worden toegediend, bij hogere oliegehalten dient dit in meerdere doseringen plaats te vinden waarbij het stikstofgehalte in de grond bepalend is voor het moment waarop een nieuwe dosering moet worden gegeven;
- uitspoeling van afbraakprodukten vindt plaats, vooral als de milieuomstandigheden (pH, temperatuur en O₂-voorziening) niet optimaal zijn; het betreft vooral zeer polaire produkten, die overigens niet konden worden geïdentificeerd maar vermoedelijk wel goed afbreekbaar zijn;
- uitspoeling van nitraat is aanzienlijk als gevolg van inefficiënte benutting door bacteriën, overbemesting en mineralisatie van dode bacteriemassa.

LITERATUUR

- DRUMPT, H. VAN, 1983. Onderzoek naar de afbraak van olie in verontreinigde grond afkomstig uit de gemeente Emmen. Nota 1416, ICW, Wageningen.
- HOEKS, J., 1985. Biologische reiniging van vervuilde grond volgens de 'Landfarming' methode. PATO-cursus 'Bodemverontreiniging met olie, preventie en sanering', TH, Delft.
- HOLDER, M. TEN, 1980. Sludge farming: een methode van landbehandeling om olieprodukten microbiologisch af te breken. Nota 1206, ICW, Wageningen.
- VEERKAMP, W. en C.A. ZEWALD, 1985. Praktijkervaringen met biologische sanering van met olie verontreinigde grond. Land + Water-nu/Milieutechniek, oktober 1985.