

INDHOLD

- 2 Leder
- 3 Oprensning af punktkildeforurening med pesticider ved biologisk nedbrydning i sandfiltre – erfaringer fra pilotprojekt i Hedeland
- 12 Arsen - et farligt stof
- 16 Kort info
- 17 Anvendelse af MIP ved kildekarakterisering og vurdering af nedbrydning af chlorerede opløsningsmidler
- 28 Artikelovervågning

Morten Sørensen
3529 8183
mso@regioner.dk

Kit Jespersen
3529 8185
kij@regioner.dk

Christian Andersen
3529 8175
can@regioner.dk

Peter Steffen Rank
3529 8158
psr@regioner.dk

Jordforurening.info

14

Forårsforannelser

Forår er lig med spiring og vækst, og sådan er det også i år for regionerne. Første januar gik startskuddet til, at regionerne nu også skal tage sig af de forureninger, der truer overfladevand og natur.

Godt nok er Miljøstyrelsens screeningsværktøj, der skal hjælpe med til at beslutte, om der er offentlig indsats, ikke klar før omkring 1. april, men regionerne har fundet en løsning, så der hver dag fortsat kan kortlægges nye grunde.

Ændringen af råstofloven, der fra 1. juli skal give regionerne kompetencen til at udstede indvindingstilladelser til råstofgravning, er fremsat i Folketinget den 30. januar, og behandles nu i Miljø- og Planlægningsudvalget. Foruden tilladelseskompetencen er det også tanken, at regionerne skal føre tilsyn med råstofgravene og godkende efterbehandlingsplanerne.

Forberedelserne er i fuldt gang i regionerne. Der arbejdes med at få aftalt en overdragelsesforretning med kommunerne samt at få aftalt en procedure for det fremtidige samarbejde. Ligeledes er der igangsat et arbejde med at få digitaliseret både ansøgningsskema til indvindingstilladelse og indberetningsskema for opgravede mængder. Alt sammen noget, der skal effektivisere opgavevaretagelsen og gøre det nemmere og hurtigere for branchen.

Desuden har mange regioner allerede ansat nye medarbejdere for at være klar til skæringsdatoen 1. juli i forventning om, at der ikke rystes på hånden i forbindelse med behandling af lovforslaget, som et enigt Folketing i juni 2013 indgik en aftale om skulle fremsættes. Regionerne er med sine forberedelser i færd med at skabe de allerbedste forudsætninger for en smidig og effektiv forvaltning til gavn for branchen, men det er en helt grundlæggende forudsætning for succes, at regionerne får de nødvendige økonomiske ressourcer til at løfte opgaven. P.t. er parterne dog langt fra hinanden.

Udvalgsarbejdet vedr. en eventuel fortsættelse af grundvandskortlægningen efter 2015 er meget tæt på at være afsluttet. Regionerne har i udvalgsarbejdet lagt vægt på, at der er et behov for, at kortlægningen fortsætter på et mindre niveau efter 2015, men at kortlægningen får et bredere sigte, så den understøtter en samlet forvaltning af grundvandet i et helhedsperspektiv. Når den nuværende grundvandskortlægning slutter, er der brugt 2,7 milliarder kr. på opgaven. Det er vigtigt, at de mange indsamlede data bliver stillet til rådighed for alle parter i forvaltningen af grundvandet, og at den indsamlede viden bliver vedligeholdt, således at den store investering ikke går tabt.

Endelig lægges der i udvalgsarbejdet op til, at der som operatør enten er genvalg til Naturstyrelsen, eller at regionerne får chancen. I sidste ende er det en politisk beslutning. Det bliver et spændende forår!

Oprensning af..

punktkildeforurening med pesticider ved biologisk nedbrydning i sandfiltre – erfaringer fra pilotprojekt i Hedeland

Af Christian
Nyrop Albers¹,
Liselotte Clausen² og
Tommy Bøg Nielsen³

¹De Nationale
Geologiske Under-
søgelser for Danmark
og Grønland (GEUS),

²Krüger A/S,

³Region Sjælland

Der findes adskillige punktkildeforureninger med phenoxy-syre-herbicider i Danmark, som kun vanskeligt lader sig oprense med eksisterende teknologier. Gennem et offentlig-privat innovations-projekt har GEUS, Krüger, Region Sjælland og Videncenter for Jordforurening udført et pilotforsøg til afklaring af, om biologisk nedbrydning i sandfiltre vil være en realistisk oprengningsmetode for disse stoffer.

Indledning og formål

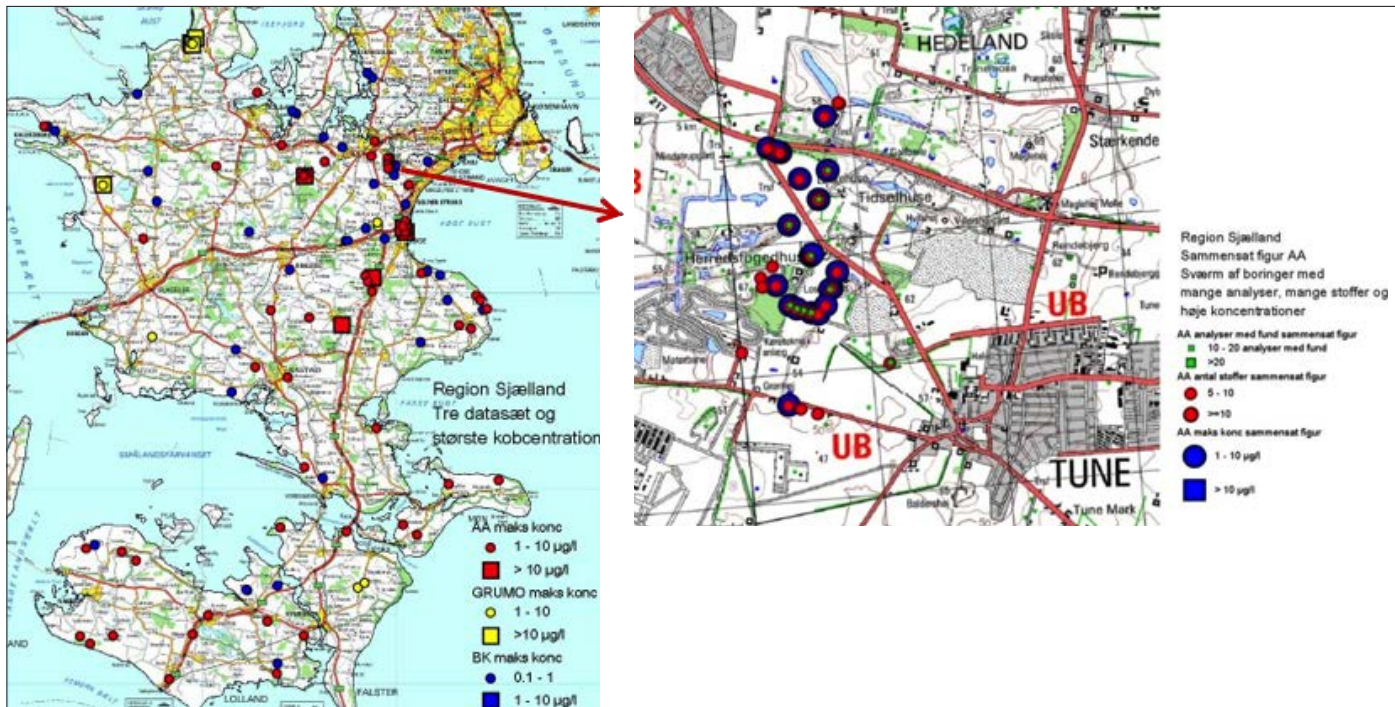
Punktkildeforurening med pesticider bliver i stigende grad anerkendt som et problem, der må tages hånd om. Den stofgruppe, der hyppigst optræder ved disse forureninger, tilhører gruppen af phenoxypropionat-herbicider, specielt aktivstofferne MCPP og dichlorprop samt 4-CPP (tabel 1). 4-CPP optrådte især tidligere som urenhed i syntesen af herbiciderne, men anses også som værende et nedbrydningsprodukt af DCPP under anaerobe forhold.

TABEL 1

Andre Analyser, fundhyppighed i %		
stof	>0,01 µg/l	% ≥ 0,1 µg/l
BAM	31,5	11,5
Dichlorprop	11,6	5,6
MCPP	11,4	6,9
4-CPP	24,6	18,0
Atrazin	6,3	1,5
Simazin	5,3	0,7
Atrazin, deethyl-	5,9	1,2
Atrazin, deisopropyl	5,6	1,5
2-CPP	42,7	6,8
Bentazon	3,1	1,1
2,6-DCPP	16,9	1,0
Atrazin, hydroxy-	3,2	0,3
AMPA	9,5	3,2
2C6MPP	23,9	3,2
2-(2,6-dich.ph)props	39,5	14,7
Glyphosat	6,3	1,2
DEIA	12,2	0,7
MCPA	0,8	0,1
Hexazinon	1,0	0,4
2,4_D	0,8	

De 20 hyppigst fundne pesticider i Region Sjælland sorteret efter antal analyser med fund under gruppen 'Andre Analyser', som omfatter alt andet end vandværkernes boringskontrol samt GRUMO- og LOOP-overvågningerne. I praksis er der især tale om lukkede indvindingsboringer samt boringer til forureningsundersøgelser, og det er derfor denne analysegruppe, der er mest relevant, når der fokuseres på punktkilder. Phenoxypropionat-herbicider er markeret med blå /1/.

FIGUR 1 - PESTICIDFUND OVER 1 $\mu\text{g/L}$ I REGION SJÆLLAND, INDIKERENDE PUNKTKILDEFORURENING.



'AA' er 'andre analyser'. 'BK' er data fra borningskontrollen, hvor også koncentrationer fra 0.1-1 $\mu\text{g/L}$ er medtaget. Til højre fokuseres på området ved Hedeland med stort antal forurenede borer /1/.

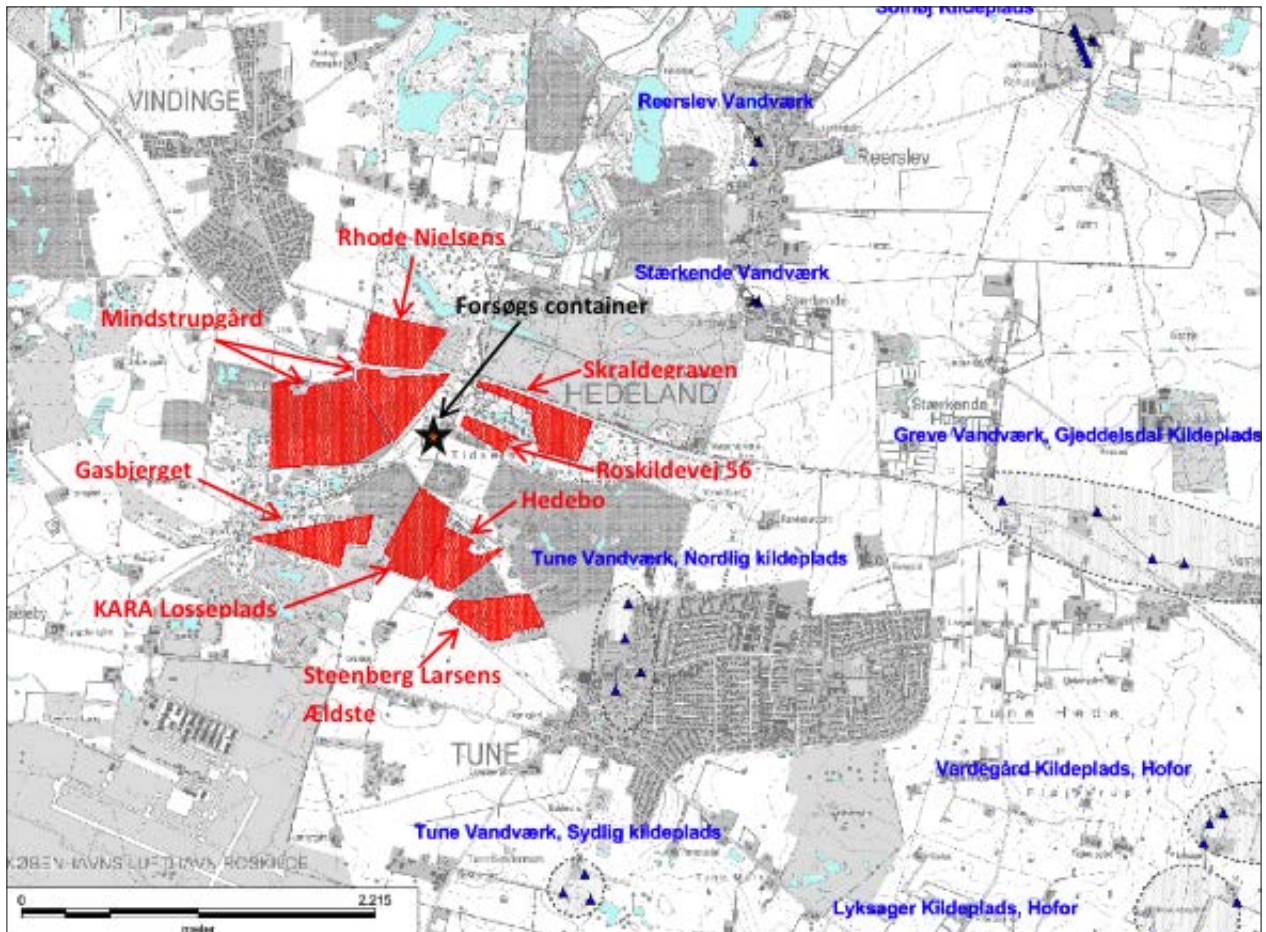
Kilder til punktforurening med disse herbicider er bl.a. vaskepladser på gårde og maskinstationer, men ofte ses også en betydelig forurening med disse stoffer under gamle fyldpladser. Et tydeligt eksempel på en sådan forurening ses ved Hedeland, sydvest for Roskilde, hvor opfyldning af råstofgrave har ført til massiv grundvandsforurening med bl.a. pesticider.

Phenoxypropionat-herbicider kan overleve lang tid i anaerobt grundvand, men de er forholdsvis let-nedbrydelige under iltrige forhold. Da de samtidig er vanskelige at oprense med aktivt kul grundet deres kemiske egenskaber, er det oplagt at se på alternative oprensningsmetoder, og her kunne biologisk nedbrydning tænkes at være en farbar vej. I de fleste jorde og grundvandsedimenter findes der bakterier, som kan nedbryde disse stoffer, og forskellige laboratorier, herunder GEUS, har isoleret jordbakterier, der kan nedbryde phenoxypropionat-herbicider fuldstændigt til CO_2 , chlorid og vand. Den store udfordring er, at bakterierne skal have adgang til ilt for at kunne omsætte pesticiderne, og der er derfor som udgangspunkt to muligheder, enten at tilføre ilt (og evt. bakterier) til grundvandsmagasinerne eller pumpe vandet op fra de anaerobe magasiner og så lade den biologiske proces foregå i en form for reaktor. Vi har i et nyligt udført pilotprojekt taget den sidste tilgang og forsøgt at oprense forurenede grundvand fra Hedeland i iltede biologisk aktive sandfiltre /2/.

Forsøgslokalitet

Hedeland, som ligger mellem Roskilde og Tune, blev udvalgt som testsite. Hedeland har siden 1880'erne været anvendt til råstofindvinding, og i takt med afgravningen har råstofgravene været anvendt til deponering af forskellige typer affald – herunder kemikalieaffald, jf. figur 2. Området er et meget vigtigt vandindvindingsområde, idet der er en høj grundvandsdannelse med intensiv udnyttelse.

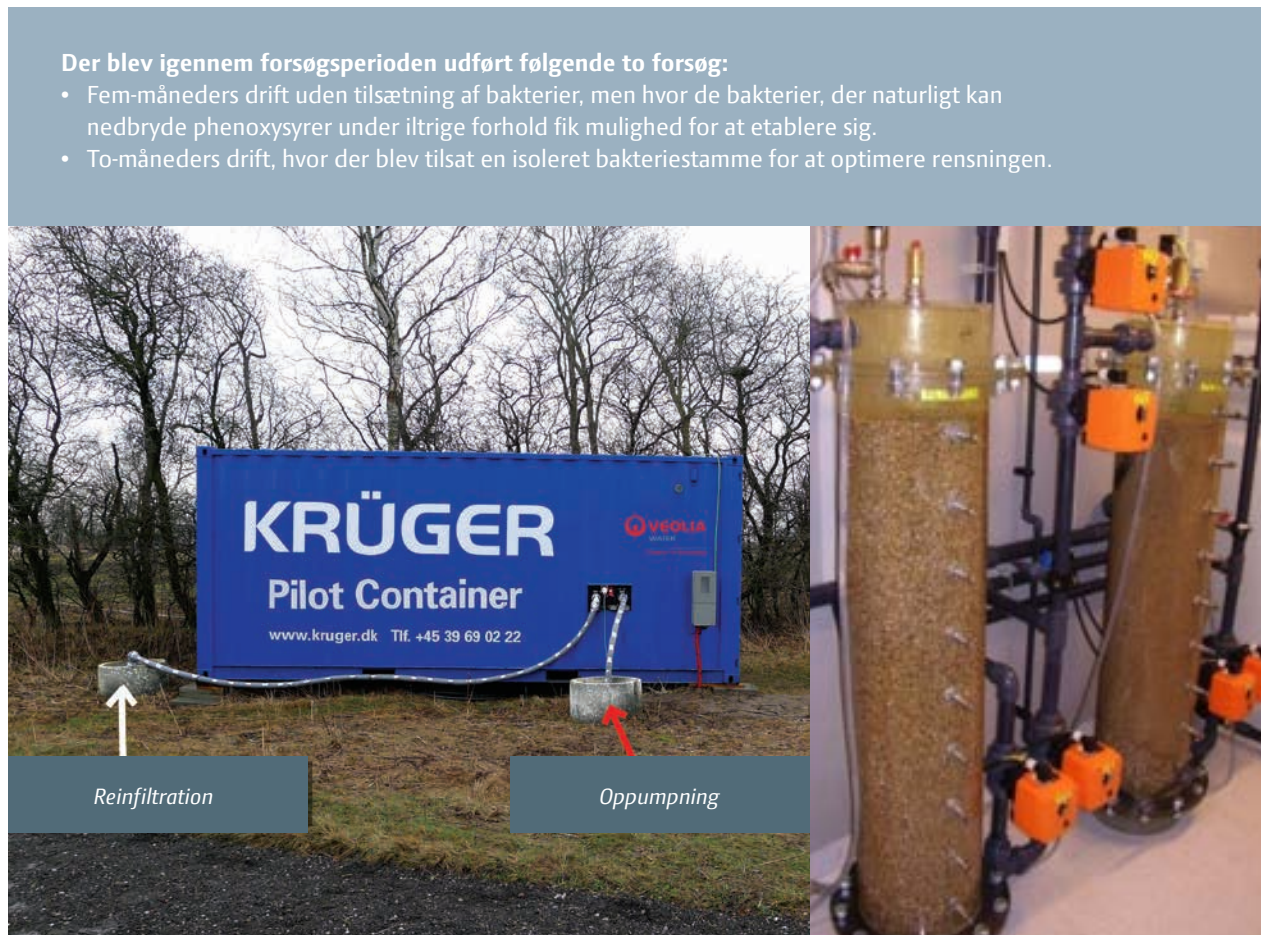
FIGUR 2 - OVERSIGTSKORT OVER DEPONERINGSANLÆG (RØDE) OG AKTIVE KILDEPLADSER OG VANDVÆRKER I OMRÅDET.



I området omkring deponierne er der en udbredt grundvandsforurening med pesticider, hvor det primært er phenoxypropionsyrerne MCPP og dichlorprop samt 4-CPP, som påvises. Grundvandsmagasinet er svagt reduceret, og potentialet for naturlig nedbrydning af stofferne er derfor ikke til stede, hvilket har medført en udbredt forureningsfane med pesticider.

Forskellige borer i området blev gennemgået med henblik på at undersøge mulighederne for opstilling af en forsøgscontainer. Boringen med DGU-nr. 206.1134 placeret i den nordlige del af forureningsfanen blev udvalgt, idet der i boringen er påvist relativt høje koncentrationer af MCPP (ca. 1 µg/L), dichlorprop (ca. 0.2 µg/L) og 4-CPP (ca. 1 µg/L) samt BAM (ca. 0.2 µg/L), og da det her var muligt at få tilladelse fra I/S Hedeland og Roskilde Kommune til at opstille en forsøgscontainer. Boringen er filtersat i midten af Lellinge Grønsandskalken, som overlejrer Danienkalken, der er det primære magasin. De prækvartære aflejringer er overlejret af et ca. 10 m tykt smeltevandssandlag benævnt Hedelandsformationen, som igen er overlejret af 5-10 m moræneler. De øvrige vandkemiske parametre viser, at der er tale om perkolatpåvirket grundvand med et NVOC indhold på 11 mg/L og et kloridindhold på 170 mg/L. Derudover er grundvandet karakteriseret ved at være usædvanligt hårdt med et calciumindhold på 270 mg/L og som følge heraf et bicarbonatindhold på 720 mg/L.

FIGUR 3 - FORSØGSCONTAINER VED BORING 206.1134 OG DE TO BIOLOGISK AKTIVE FORSØGS-SANDFILTRE (30 CM I DIAMETER).



Forsøgsdesign og forsøgsanlæg

Fra boringen blev pesticidforurenset grundvand iltet og ledt ind igennem to sandfiltre i serieforbindelse, og efter rensning blev vandet reinfiltreret i en nedstrøms boring. Forsøget var designet, så det første sandfilter (SF1) fungerede som et traditionelt sandfilter, der fjerner jern- og manganoxider, og derfor hyppigt returskylles, mens det andet sandfilter (SF2) fungerede som en biologisk reaktor, hvor returskylning kun foretages, når det er nødvendigt. Forsøget er designet ud fra en samlet hydraulisk opholdstid (Empty Bed Contact Time) i de to filtre på 26 minutter, hvilket i praksis giver en reel opholdstid for vandet på ca. 6 minutter i hvert filter.

Der blev under forsøget løbende analyseret for pesticider i indløb og udløb. Derudover blev der analyseret for ilt, ammonium, uorganiske anioner, jern, mangan og NVOC samt diverse mikrobiologiske parametre.

For at give bakterierne optimale forhold blev indløbsvandet ved opstart af forsøgsanlægget iltet kraftigt, så vandet ved indløbet til sandfiltrene var mættet med ilt, hvilket svarer til en iltkoncentration på ca. 11 mg/L. Heraf blev der forbrugt ca. 2 mg/L igennem anlægget. Den kraftige iltning af vandet medførte, at sandmaterialet i SF1 kittede sammen på grund af kalkudfældninger, og efter 69 dages drift var det nødvendigt at udskifte filtermaterialet i SF1 samt at nedsætte ilt doseringen til ca. 6 mg/L. Heraf forbruges 2-3 mg/L i forfiltret og yderligere ca. 1 mg/L i efterfiltret, så iltkoncentrationen i udløbet af anlægget var nede på 2-3 mg/L. Dette kan være i underkanten for en optimal biologisk nedbrydning, hvilket må tages i betragtning under fortolkningen af resultaterne.

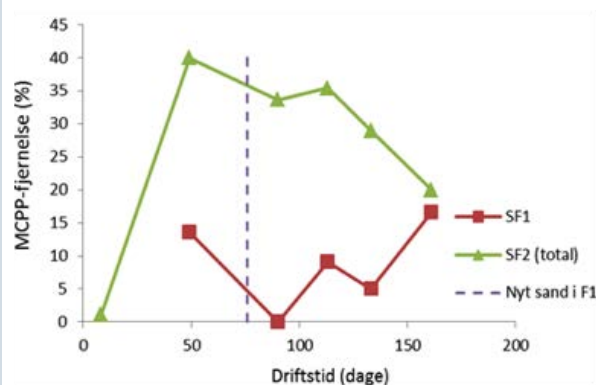
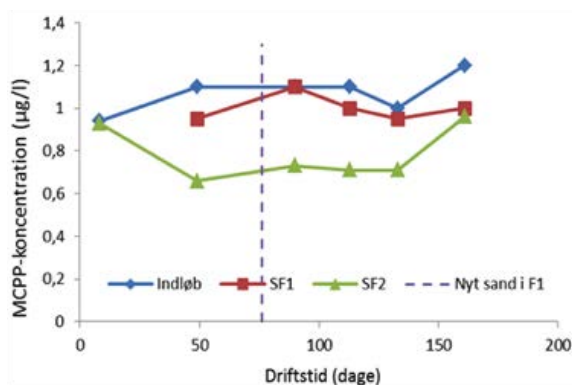
Resultater

Pesticidfjernelse med naturligt etablerede bakterier (fase 1)

De målte koncentrationer af pesticider igennem anlægget er vist i figur 4 med MCPP som eksempel. Den første vandprøve til analyse for pesticider blev taget efter 8 dages drift, og på dette tidspunkt var der ikke nogen fjernelse af pesticiderne. Ved næste prøvetagning (dag 49) ser det anderledes ud, idet der her fjernes 35-40 % af MCPP og 4-CPP igennem filtrene. Størstedelen fjernes i efterfiltret (SF2), hvilket kan indikere, at den hyppige returskylning af SF1 begrænser nedbrydningen. Der blev opnået en betydelig nedbrydning af alle tre phenoxypionsyrer i filtrene, mens der ikke på noget tidspunkt blev observeret nedbrydning af BAM.

FIGUR 4 - PESTICIDFJERNELSE I FASE 1 (NATURLIGT ETABLEREDE BAKTERIER).

Til venstre ses koncentrationen af MCPP igennem anlægget i løbet af de første 161 dages drift. Da pesticidkoncentrationen i indløbsvandet ændrer sig i løbet af perioden, kan det være hensigtsmæssigt at se på den procentuelle nedbrydning, hvilket er vist til højre. En fjernelse på mindre end ca. 10 % må anses for at være inden for den analytiske usikkerhed. Udskiftning af filtersand i SF1 på grund af kalkudfældninger er markeret.



Efter udskiftningen af filtersand i SF1 forsvinder nedbrydningen i SF1, mens SF2 fortsat fjerner ca. 35 % af MCPP og 4-CPP. Mod slutningen af perioden blev den totale fjernelse dårligere, på trods af en øget fjernelse i SF1. Dette kan skyldes, at iltkoncentrationen er for lav til en optimal fjernelse, men det kan også skyldes, at efterfiltret blev mere og mere stoppet/kompakteret under forsøget, hvorved der er risiko for præferentiel strømning og dermed mindsket kontakttid.

Pesticidfjernelse efter tilsætning af bakterier (fase 2)

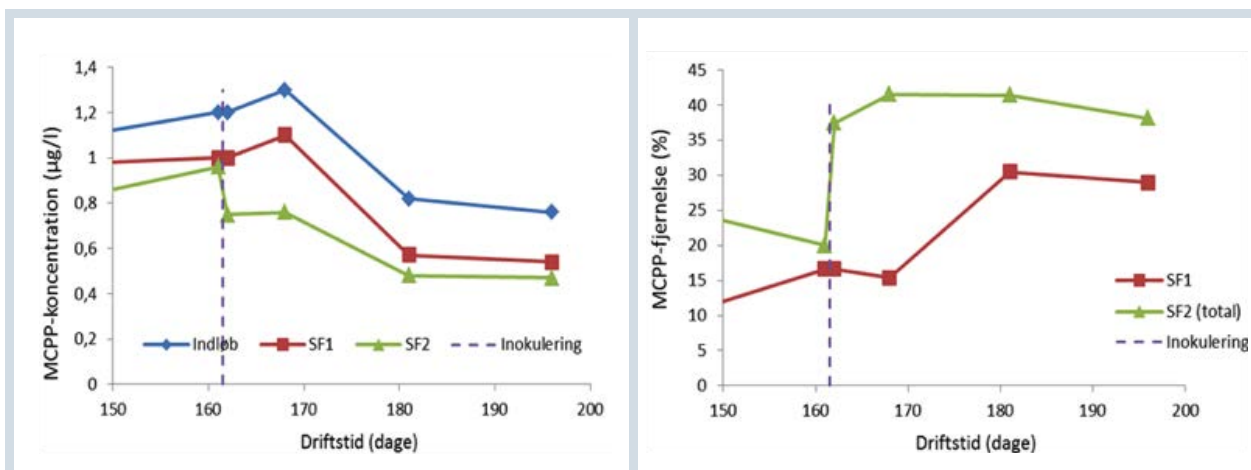
For at undersøge om rensningseffektiviteten i sandfiltrene kan forbedres ved tilsætning af isolerede bakteriestammer, blev bakterien *Sphingomonas* sp. PM2 tilsat efter 5 måneders drift.

Der findes kun få isolerede bakterier, der kan nedbryde phenoxypropionat-pesticider (f.eks. MCPP, DCPD og 4-CPP), og af de phenoxysyre-nedbrydere, der er til rådighed i GEUS' stammesamling, er kun to i stand til at nedbryde både MCPP, DCPD og 4-CPP. Herudfra blev det valgt at gå videre med bakterien med navn PM2 af bakterieslægten *Sphingomonas* (oprindeligt isoleret fra en jysk markjord), bl.a. fordi denne bakterie er let at dyrke i laboratoriet og nedbryder phenoxysyrer effektivt og fuldstændigt, også ved lave koncentrationer. Endvidere er det tidligere undersøgt, at en betydelig fraktion af en PM2-kultur vil sætte sig fast på sandpartikler, når de kommer i kontakt med disse.

Hvert filter blev tilsat ca. 10^{13} bakterier svarende til ca. 10^8 bakterier pr. gram sand. For at give bakterierne tid til at vedhæfte sandfiltrene var anlægget ude af drift i 2 timer. Målinger af den første halve times udløbsvand indikerede, at mere end 50 % af de tilsatte bakterier havde sat sig fast i filtret under denne procedure.

Resultaterne fra fase 2 er vist i figur 5, igen med MCPP som eksempel. For alle tre pesticider ses der efter bakterietilsætningen en stigning i fjernelse i SF2, mens der tilsyneladende ikke var nogen større effekt i forfiltret (SF1 i figur 5). Selvom den øgede fjernelse for især MCPP er betydelig, overstiger den ikke den fjernelse, der kunne opnås efter 49 dages drift, hvor iltkoncentrationen i anlægget var væsentligt højere. Den øgede fjernelse opretholdes tilsyneladende den følgende måned, men forfiltrets andel af fjernelsen er i denne periode stigende for alle tre pesticider.

FIGUR 5 - PESTICIDFJERNELSE I FASE 2 MED TILSÆTNING (INOKULERING) AF BAKTERIER.



Kemiske og mikrobiologiske processer i sandfiltrene

For bedre at forstå de kemiske- og mikrobiologiske forhold i sandfiltrene blev der i GEUS' laboratorium udført en række forsøg for at bestemme dels den ikke-biologiske fjernelse (binding) af pesticiderne til sandfiltrene, og dels hvor i filtrene den mikrobiologiske fjernelse foregår samt vækstpotentialet.

Phenoxypropionsyrer bindes (adsorberer) dårligt til de fleste mineralske overflader, men der kan foregå en vis sorption til jernoxider, og det blev derfor undersøgt, hvorvidt der var enten sorption til filtersand coatet med jernoxider, eller om phenoxysyrer kan udfælde sammen med udfældning af jernoxider ('co-udfældning'). Disse forsøg viste dog, at pesticiderne hverken bandt til jernoxider eller co-udfældede med disse. Fjernelsen i filtrene kunne dermed formodes at være udelukkende biologisk nedbrydning, og der viste sig da også et betydeligt biologisk potentiale for nedbrydning i sandfiltrene.

Naturligt nedbrydningspotentiale i filtersandet

For at undersøge om der var forskel på den mikrobiologiske fjernelse i forskellige dybder af sandfiltrene samt for at undersøge dannelsen af evt. nedbrydningsprodukter akkumuleret under nedbrydning af pesticiderne, blev der udtaget filtersand i forskellige dybder, og et laboratorieforsøg blev sat op med radioaktivt mærket MCPP og dichlorprop. Dette forsøg viste bl.a. følgende:

- Pesticiderne kan mineraliseres til CO₂ af de mikroorganismer, der naturligt har etableret sig i filtrene.
- På udtagningstidspunktet foregår nedbrydningen hurtigere i SF2 end i SF1 (som dog også var blevet genstartet blot 14 dage tidligere).
- Der er ingen større forskel mellem sandprøver udtaget i toppen og i 30-50 cm dybde, dvs. nedbrydningen foregår ikke kun i toppen af filtrene, men i hele filtermaterialet.
- Der var intet nedbrydningspotentiale i det filtersand, som fra start blev ilagt filtrene.
- Der var ingen akkumulering af nedbrydningsprodukter.

Bakterietællinger

For at tælle de naturlige nedbrydere i filtrene og for at undersøge om de tilsatte PM2-bakterier har formeret sig efter tilsætningen, er der udført bakterietællinger med en MPN-metode. Kort fortalt går metoden ud på, at der udrystes bakterier fra sandet og derefter udføres en fortyndingsrække, som tilsættes phenoxysyre som eneste kulstofkilde. Efter bakterievækst kan det mest sandsynlige antal nedbrydere (MPN – Most Probable Number) bestemmes /4/.

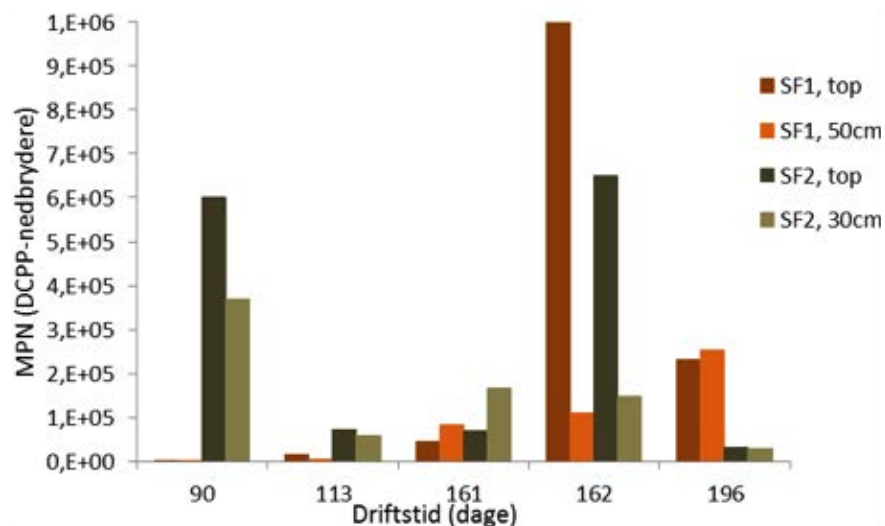
Resultatet af tællingerne viser, at der i løbet af nogle måneders drift etableres en population af bakterier, som er i stand til opnå energi til vækst ved mineralisering af de relevante pesticider i både for- og efterfilter (jf. figur 6). Populært sagt bruger bakterierne altså pesticidet som føde og opnår på den måde en fordel i forhold til andre bakterier, som gør, at de kan mangfoldiggøre sig til et stort antal. På dag 90, som må betegnes som det målepunkt, hvor SF2 fungerede mest optimalt, er der op mod 10⁶ nedbrydere pr. gram filtersand, mens forfiltret umiddelbart før tilsætning af bakterier indeholdt knapt 10⁵ nedbrydere pr. gram filtersand. SF1 er altså i stand til at opretholde en population af phenoxysyrenedbrydere, selvom det tilbageskylles ofte. Endvidere ser der ud til at være lige så mange DCPN-nedbrydere i dybdeprøverne som i topprøverne fra filtrene, med den undtagelse, at det tager lidt længere tid at opnå samme mængde nedbrydere som i toppen af filtrene.

Efter tilsætning af PM2-bakterier på dag 161 ses en voldsom stigning i DCPN-nedbrydere i toppen af både SF1 og SF2, mens dybdeprøverne fra hhv. 50 og 30 cm ikke viste nogen markant stigning. Det sidste tyder på, at de tilsatte bakterier især har sat sig fast i top-

pen af filtrerne. Sideløbende DNA-analyser (qPCR) af phenoxypropionat-nedbrydende gener (metode og resultater af disse er ikke vist) viste dog, at der i SF2 også sætter sig nogle af de tilsatte bakterier dybere nede i dette filter. Derimod ser det ud til, at de bakterier, der tilsættes SF1, sætter sig i okkerlaget allerøverst. Det betyder, at kontakt-tiden mellem pesticid og tilsatte bakterier bliver meget kort (sandsynligvis langt under 1 minut), og derfor ses ingen effekt af bakterietilsætningen i dette filter, jf. figur 5. Ca. en måned efter tilsætning er antallet af phenoxypropionat-nedbrydere tilsyneladende faldet markant i toppen af begge filtre, hvilket også bakkes op af DNA-analyser, som endvidere gav den information, at selvom bakterieantallet var højere i SF1 en måned efter bakterietilsætningen end før tilsætningen, skyldtes det hovedsageligt tilvækst af naturlige nedbrydere, som så også gav en forholdsmæssig større nedbrydning i SF1, jf. figur 5.

FIGUR 6 - ANTAL BAKTERIER I STAND TIL AT NEDBRYDE PHENOXYPROPIONAT-PESTICIDER I FILTERSAND, BESTEMT MED MPN-METODE.

Tællingerne blev startet kort efter udskiftningen af filtersand i SF1 på dag 75, og dette filter var derfor ikke i ligevægt før bakterietilsætningen på dag 161, hvilket ses af den stigende bakteriepopulation i især 50 cm dybde.



Sammenfatning og konklusioner

Dette projekt har, sandsynligvis som det første praktiske projekt på verdensplan, undersøgt muligheden for at rense pesticidforurenede grundvand ved at lede forurenede grundvand igennem to biologisk aktive sandfiltre i serieforbindelse. Første filter fungerer som et forfilter, som renser for jern og mangan, og som derfor hyppigt returskylles (ca. 1 gang dagligt), mens det andet filter fungerer som et efterfilter, der kun returskylles ved uacceptabelt tryk (ca. 1 gang månedligt). Forsøgene var inddelt i to faser, hvor det i første fase blev undersøgt, om der kan etableres naturlige bakteriepopulationer i filtrerne, som er i stand til at nedbryde pesticiderne. I anden fase blev der tilsat en kultur af en phenoxypropionat-nedbrydende jordbakterie (*Sphingomonas* sp. PM2) for at undersøge, om rensningseffektiviteten kan forbedres ved bakterietilsætning.

Resultaterne fra første fase viste overordnet set, at de naturlige bakteriepopulationer i grundvandet i løbet af få uger kan etablere sig og opnå energi til vækst i sandfiltrerne ved biologisk at nedbryde phenoxypropionat-herbiciderne MCP, DCP og 4-CP. Den påviste vækst af bakterier indikerer, at nedbrydningseffektiviteten kan forventes

at stige med øget pesticidkoncentration (og omvendt, at effektiviteten kan forventes at mindskes ved lavere koncentrationer). Der blev i laboratorieforsøg med sand fra filtrene ikke påvist akkumulering af nedbrydningsprodukter, og alt tyder derfor på, at pesticiderne nedbrydes fuldstændigt til CO₂.

Efter godt to måneders drift blev iltkoncentrationen nedsat igennem anlægget på grund af en kompliceret grundvandskemi, og rensningseffektiviteten blev dårligere – specielt i efterfiltret, hvor iltkoncentrationen er lavere end i forfiltret. Dette tyder på, at iltkoncentrationen har betydning for omsætningen. Den mindskede omsætning i efterfiltret kan dog også skyldes, at dette blev mere og mere kompakteret under forløbet, hvorved der er risiko for præferentiel strømning og dermed mindsket kontakttid.

Resultaterne fra anden fase med tilsætning af bakterier viste overordnet, at størstedelen af de tilsatte bakterier er i stand til at vedhæfte sig til sandfiltrene, hvilket umiddelbart forbedrer rensningseffektiviteten, hovedsageligt i efterfiltret, hvor de ikke kun sætter sig allerøverst i filtret. Efter ca. 1 måneds drift er rensningseffektiviteten stadig højere end før bakterietilsætning, men hovedsageligt på grund af tilvækst af naturlige nedbrydere i forfiltret. Det tyder således på, at de tilsatte bakterier ikke formerer sig og tilmed mistes over tid, og der blev derfor ikke opnået en blivende effekt af bakterietilsætningen.

Overordnet set er projektet således ikke helt kommet 'i mål', idet en oprensningsteknologi til anvendelse på pesticidforurenede lokaliteter ikke er klar til brug. Projektet har dog vist et betydeligt grundlæggende potentiale for biologisk nedbrydning af i hvert fald visse pesticider i sandfiltre, som kan ligge til grund for en fremtidig videreudvikling. Selv om projektet 'kun' har dokumenteret en rensningseffektivitet på maksimalt 42 % nedbrydning, er det sandsynligt, at der ved optimeret drift (f.eks. øget iltkoncentration) kan opnås en forbedret omsætning.

Kilder

- /1/ Brusch, W., Langtofte, C., 2013; Boringe med pesticider der muligvis stammer fra punkt-kilder i Region Sjælland, GEUS-Notat nr.: 05-VA-13-01 til Region Sjælland.
- /2/ Albers, C.N., Clausen, L., 2013; Udvikling af biologisk reaktor til rensning for pesticider, Region Sjælland, Videncenter for Jordforurening, OPI Projekt.
- /3/ Roskilde Amt. Hedeland, 2006. Kemiske fingeraftryk. Orbicon.
- /4/ Johnsen, A.R., Hybholt, T.K., Jacobsen, O.S., Aamand, J., 2009. A radiorespirometric method for measuring mineralization of (14C)-compounds in a 96-well microplate format. Journal of microbiological methods 79 (1), 114–116.

Arsen

– et farligt stof

Af Lisbeth Bergman,
Region Sjælland

'Arsen har ikke været blandt de stoffer, vi har ledt mest efter, og det er måske en fejl', skriver Stefan Outzen i artiklen 'Forureninger vi aldrig fandt' bragt i *Jordforurening.info* Nr. 1, 2013. Region Sjælland har taget bolden op og forventer i kommende handlingsplaner at sætte fokus på arsen.

Baggrund

I 2013 gennemførte Region Sjælland en oprydning på syv parcelhusgrunde i Rødvig Stevns. Disse grunde var forurenede med arsen og i mindre grad bly. Kilden til forureningen var et anlæg til fremstilling af svovlsyre, der blev etableret i en tidligere cementfabrik tilbage i slutningen af 1800-tallet.

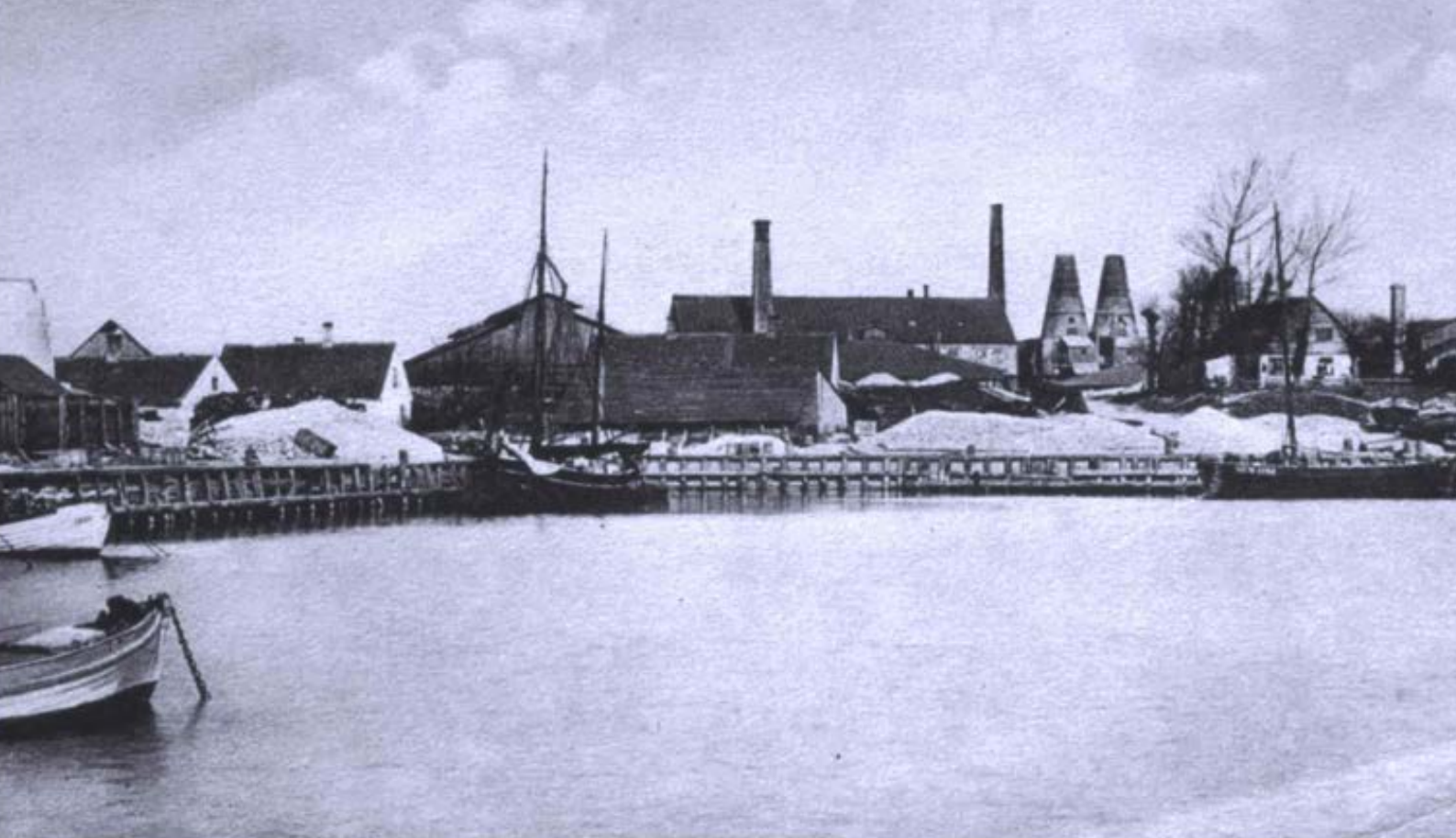
Opmærksomheden på forureningen var lidt af en tilfældighed. En historisk redegørelse for en mindre erhvervsejendom nævnte, at der før etableringen af et maskinværksted havde været frugtplantage, og det udløste ved en senere undersøgelse en analyse for arsen. Analysen viste indhold af arsen og bly på hhv. 100 og 72 milligram per kg tørstof. Både koncentration og fordeling rimer imidlertid skidt med en tidligere brug af arsenholdige midler anvendt i frugtavl /1/. De undersøgelser, der er lavet på tidligere frugtarealer, viser samstemmende en fordeling i forholdet 1:4 for arsen/bly, og i ingen af prøverne fra frugtplanterne er der målt koncentrationer af arsen i nærheden af 100 mg/kg TS.

En rimet Fortælling om Forholdene i Rødvig
sidst i 90'erne.

Ved Rødvig her har vi en Havn og Fabrik
og her er jo ikke saa daarlig Trafik.
Fabrikken var god da de gjorde Cement,
men nu er den ikke ret meget bevendt,
for her kom jo en Mand, som vilde Syre gøre,
men om det blev bedre vi nok herom maa spørge,
thi han en Masse forskrev og lod rekvirere,
men stadig man maatte det meste kassere,
ja han vendte paa det hele op og ned
og meget i Skramlebunken han smed.
Han lod lave store Kasser til Syre
beslaaet med Bly og de var skam dyre,
men Syren den brændte det hele op,
tilsidst maatte Kammerherren sige stop,
da han mærkede, at dette ej kunde gaa,
saa lod han den hele Historie staa,
men det er nu ikke saa megen Grin,
for hele Fabrikken er snart en Ruin.

Kilden måtte derfor være en anden! Det skulle vise sig at blive et digt fundet i Stevns Lokalhistoriske Arkiv, der bragte os på sporet af den rette sammenhæng. Omkring 1890 blev produktionen af cement i Rødvig opgivet efter voksende konkurrence fra fabrikken ved Mariager og Rørdal (i dag kendt som Ålborg Portland), og i en ikke nærmere kendt periode herefter blev cementfabrikkens anlæg anvendt til fremstilling af syre. Som det fremgår af digtet, som er gengivet til venstre, var produktionen eksperimentel og medførte mange mislykkede produktioner og uheld med udledning af syre.

Uddrag af digt,
der vistnok er skrevet
af Rasmus Nielsen i
1920'erne /2/.



Rødvig Cementfabrik set fra havnen (syd). Midt i billedet ses to af de tre højevne, hvor tørret kalk og ler blev brændt med koks og cinders. Fabrikken blev efterfølgende brugt til fremstilling af svovlsyre.

Således kunne der nu gennemføres en undersøgelse af det samlede fabriksareal på det rette historiske grundlag. Resultatet af undersøgelsen viste arsen-koncentrationer på op til flere hundrede milligram per kg tørstof og afslørede et behov for indsats på syv parcelhusgrunde. Disse grunde blev oprenset ved afgravning i 2013.

En erkendelsesproces

En udløber af denne sag blev, at der i Region Sjælland blev identificeret tre andre anlæg med samme teknologi, hvor svovlkis ristes for at opsamle svovl. Restproduktet er en arsenholdig kisaske, som er deponeret ukendte steder. Ved større anlæg, der andre steder i landet har været i drift gennem ca. 100 år, er der tale om anseelige mængder kisaske med meget høje indhold af arsen. Vi taler formentlig om flere hundredetusinde tons.

Region Sjællands opmærksomhed på arsen går imidlertid tilbage til opdagelsen i 2006 af, at en frugtplantage var årsag til forurening med arsen på 15 parcelhusgrunde i Guldborg på Lolland. Opdagelsen medførte dels et behov for indsats og dels udløste den i samarbejde med Miljøstyrelsen en nærmere undersøgelse af brugen af bekæmpelsesmidler inden for frugtavl /1/.

Undersøgelsen omfattede 20 frugtplantager, men kun i tre fandt man arsenkoncentrationer på niveau med forekomsten i Guldborg, nemlig omkring 40 mg/kg TS. Højeste niveauer i de øvrige lå omkring 10 mg/kg TS.

I samme regi blev arsens biotilgængelighed undersøgt, dvs. stoffets bioopløselighed i det humane mave-tarmsystem som et mål for stoffets højst mulige orale biotilgængelighed og dermed mulige effekt på mennesker. Resultater i dette projekt viste relativt høje bioopløseligheder på mellem 51 % og 82 % i arsenforurenede jord /3/.

Arsen – ikke kun et jordproblem

Der er med baggrund i krav til sænkede grænseværdier af arsen i drikkevand i de senere år kommet fokus på forekomsten af arsen i grundvand, og herunder belysning af årsager til mobilisering og kilder til forureninger med arsen.

Nyere undersøgelser har vist, at arsen i små mængder er mere sundhedsskadelig end hidtil antaget, og at indtag af selv meget små mængder over lang tid medfører forhøjet kræft risiko. Derfor er grænseværdien for arsen i det danske drikkevand fra 2004 sænket til en femtedel – fra 50 til 10 mikrogram per liter i vandet ved forbrugerens taphane og 5 mikrogram ved indgang til forbrugerens ejendom.

Problemet med denne grænseværdi er, at den er meget tæt på den naturlige koncentration af arsen i det danske grundvand, som i gennemsnit er 3 mikrogram per liter /4/. Arsen er således et naturligt forekommende sporstof, der ofte overskrider grænseværdierne i danske grundvandsboringer. Heldigvis fjernes en del arsen på vandværket, hvor det binder sig til naturligt forekommende jern og manganforbindelser i vandværkets sandfilter, men på nogle vandværker er det ikke nok til at komme under grænseværdien, og der er på visse værker i nyere tid etableret en særlig filtrering for at nedbringe indholdet af arsen.

Arsens kemi og toksicitet

Arsen tilhører gruppen metalloider (halvmetaller) i det periodiske system og findes overalt naturligt i jord og grundvand. I jord forekommer arsen hovedsageligt i uorganisk form, og de vigtigste oxidationstrin for arsen er +3 (arsenit) +5 (arsenat) og -3 (arsin). Under oxiderende forhold findes arsenat, mens arsenit forekommer under reducerende forhold. Arsenit er mere opløseligt end arsenat og derfor mere mobilt og samtidig den mest toksiske. Dette betyder, at reducerede forhold er mest problematiske i relation til arsens mobilitet og toksicitet i miljøet.

Arsen har en kompliceret jord-/vandkemi. Dette skyldes bl.a., at arsen er en oxyanion, dvs. den findes bundet til oxygen med en negativ ladning. Desuden kan den optræde i flere forskellige kemiske tilstandsformer i jord- og vandmiljøet og kan potentiel indgå i redox-, udfældnings- og sorptionsprocesser. Jordmiljøets egenskaber som pH og redoxpotentiale samt tilstedeværelsen af andre mineraler og ioner har stor indflydelse på, hvordan arsen forekommer i jorden.

Arsen og mange af dets forbindelser er yderst stærke giftstoffer og kan forårsage alvorlige sundhedseffekter hos mennesker. Den bedst kendte arsenforbindelse er arsenik (As₂O₃), der har været kendt som giftmiddel siden middelalderen. Eksposering kan ske gennem indånding af arsen i luften og indtagelse af arsen via vand og jord og skyldes næsten altid eksposering med uorganisk arsen.

Giftvirkningen på mennesker deles normalt op i korttids-, dvs. akut forgiftning, og langtidseffekter, som forårsager kroniske sygdomme bl.a. i hud, nerver og tarm/mave samt kræft i hud og urinveje. Eksempelvis er sammenfaldet mellem Miljøstyrelsens vejledende jordkvalitetskriterium og afskæringskriterium på 20 milligram uorganisk arsen per kg tørstof fastsat ud fra denne fare for akutte effekter.

Akut forgiftning kræver høje koncentrationer af arsen. Eksempelvis skal der 20.000 mikrogram arsen per liter vand til akut forgiftning, og dette er derfor ikke et problem i Danmark. Arsen i betydeligt lavere koncentrationer kan være årsag til meget alvorlige sygdomme, der udvikler sig efter lang tids indtag. Kræfttrikoen ved hele livet at drikke vand med de nu tilladte 10 mikrogram arsen per liter er anslået til mellem 6 og 30 ud af hver 10.000 indbyggere. Denne grænseværdi medfører dermed en sygdomsrisiko, der er op til 3000 gange højere end den målsætning, vi typisk har for andre stoffer, så der er alt mulig grund til at være på vagt over for arsen i vores grundvand /4/.

Behov for indsats

De fleste af de hidtil kendte forureninger med arsen har vi fundet på pladser, hvor man i gamle dage imprægnerede master til telefon- og el-ledninger. Koncentrationerne på f.eks. Collstrup-grunden i Region Hovedstaden er målt op til 2.000 mg/kg TS /5/. Der er i alt registreret 16 sådanne træimprægneringsanstalter på landsplan. Der er foretaget oprensning på tre nedlagte træimprægneringsanstalter i Region Sjælland på grund af efterfølgende udstykning til boliggrunde. Vi ved også, at der har været et tilsvarende antal svovlsyrefabrikker. To af dem, Mundelstrup og Rødvig, er oprenset. Fire er identificeret i Region Sjælland, mens de øvrige i landet, så vidt vides, endnu ikke er identificeret.

Med de nye opgaver, som er på vej i forhold til regionernes kommende indsats over for målsat overfladevand og naturområder samt en større forståelse for arsens toksicitet og geokemiske opførsel i naturen, er det måske et stof, vi skal koncentrere os lidt mere om i fremtiden?

Referencer

- /1/ Miljøprojekt nr. 1386 2011. Immobile stoffer i bekæmpelsesmidler anvendt indenfor frugtavl. Anvendelsesmønstre og konsekvenser for jordmiljøet. Stefan Outzen, Outzen Pro.
- /2/ En rimet fortælling om forholdene i Rødvig sidst i 90'erne. Fundet i Stevns Lokalhitoriske Arkiv.
- /3/ Miljøprojekt nr. 1446, 2012. Bioopløselighed af arsen i jord fra gamle frugtplantager, DHI.
- /4/ Geologisk Nyt 5/04.
- /5/ Sanne Skov Nielsen, Rasmus Jakobsen og Peter Kjeldsen. DTU Miljø, april 2010: Lokalitet nr. 219-3 Collstrupgrunden. Udredning vedr. forureningssituationen på og omkring grunden 1977-2009.



ATV-ØST - GÅ-HJEM-MØDE

Hvordan får jeg penge til mit teknologiudviklingsprojekt? Dette og andre spørgsmål arbejdes der på at besvare

At tiltrække investeringer til udviklingsprojekter på jordforureningsområdet, det er en af de udfordringer, som Danish Soil Partnership (DSP) er sat i verden for at løse. Partnerskabet og ATV-Øst har derfor taget initiativ til at holde et gå-hjem-møde om, hvordan man skaffer finansiering til udviklingsprojekter på jordforureningsområdet.

Mødet finder sted

torsdag den 3. april 2013, kl. 16.00 – 18.00, på DTU, Bygning 113 lokale 011.

DSP har som sin målsætning at fremme teknologiudvikling med et markedspotentiale og synliggøre danske løsninger i udlandet. Mødet vil derfor blot være det første i en række af initiativer til at sikre en større og mere innovativ teknologiudvikling, såvel som en nyttiggørelse af samlede jordforureningsløsninger på markeder uden for Danmark.

DSP skal ses som en platform, hvor samtlige aktører på området har mulighed for at indgå konkrete projekter, alliancer og konsortier. Partnerskabets aktiviteter vil være rettet mod

- at skabe gode rammevilkår for branchen
- at udvikle løsninger og produkter
- at brande danske løsninger og produkter
- at foretage markedsanalyser og geografiske prioriteringer
- at skaffe finansiering til udvikling og eksport af løsninger og produkter.

Partnerskabet arbejder på en strategi, der skal definere den danske branches fælles fokus på udvikling og branding. Strategien udarbejdes i foråret i et bredt samarbejde mellem hele branchen og gøres bredt tilgængelig for kommentarer. Det er en umiddelbar opgave for partnerskabet at opbygge en fortegnelse over firmaer, forskere og leverandører samt over deres produkter og løsninger. Allerede nu kan alle lægge sig selv og sit firma ind på partnerskabets hjemmeside. Partnerskabet vil derpå arbejde med at gøre branchen synlig i et bredere initiativ til markedsføring af miljøløsninger - *state-of-green*.

Danish Soil Partnership www.danishsoil.org

Partnerskabet løber over en to-årig periode frem til udgangen af 2015. Det finansieres af Miljøstyrelsen og regionerne og har et samlet budget på 1 million kr. Sekretariatet er lagt i Videncenter for Jordforurening, der også har lånt partnerskabet sit logo. Styregruppen består af Miljøstyrelsen, regionerne, FRI, Dansk Miljøteknologi, ATV Jord og Grundvand og Innovationsnetværket for Miljøteknologi. Der er desuden nedsat et fagpanel, der dækker hele branchens værdikæde – fra myndigheder og rådgivning til forskning og teknologiudvikling.

Anvendelse af MIP ved kildekarakterisering og vurdering af ned- brydning af chlorerede opløsningsmidler

Af Mette M. Broholm¹,
Gry S. Janniche^{1,3},
Ida Damgaard^{1,4},
Mikael E. Olsson¹,
Olaf W. Asmussen²,
Annika S. Fjordbøge¹,
Henriette Kerrn-Jespersen⁴

¹DTU Miljø, ²Probingen,
³NIRAS, ⁴Region
Hovedstaden

Membrane Interface Probing (MIP) er et 'direct push' screeningsværktøj, som kan anvendes ved karakterisering af forurenede grunde. Karakterisering af kildeområder med chlorerede opløsningsmidler (som DNAPL) udgør et vigtigt led i udviklingen af den konceptuelle forståelse, som er essentiel for risikovurdering og valg af afværgestrategi. Integreret karakterisering med en række metoder for direkte såvel som indirekte dokumentation af DNAPL i moræner, herunder MIP, er beskrevet i Kerrn-Jespersen et al. (2013). Det samlede DNAPL-karakteriseringsprojekt er beskrevet i detaljer i Janniche et al. (2013). En vurdering af anvendte detektorer for MIP er foretaget af Olsson (2013). Ved karakterisering af forurening med bl.a. chlorerede opløsningsmidler er der behov for en vurdering af forurenings-sammensætning og nedbrydning. Tilsvarende vurdering er nødvendig, når udviklingen af stimuleret reduktiv dechlorering (SRD) i moræner skal monitoreres ved in-situ afværge. En kobling af MIP med GC-MS (gaschromatografi med massespektrometrisk detektion) er anvendt ved karakterisering af Damgaard et al. (2013a og b) og bestemmelse af dechloreringsgrad som mål for stimuleret nedbrydning af Damgaard et al. (2012). I denne artikel er erfaringerne med anvendelsen af MIP i ovenstående referencer sammenfattet og metoden perspektiveret.

Hvad måles med MIP?

Ved MIP presses en opvarmet sonde ned gennem jordlagene. Herved opvarmes jord og porevand, og flygtige stoffer bringes på dampform, som diffunderer gennem en membran ind i en trunk line med en kontinuert strøm af inert gas (f.eks. nitrogen), som ledes gennem en serie af detektorer. En oversigt over detektorer og deres egenskaber er givet i boks 1. Der anvendes typisk en kombination af en halogen specifik detektor (f.eks. ECD eller XRD) og en mere generel detektor (f.eks. PID eller FID). Ved ovennævnte projekter er der udtaget delprøver af gassen til analyse på GC-MS, idet in-line ion-trap MS (som kendt fra MIMS) ikke var til rådighed.

Det er alene de stoffer, som er i gassen, der detekteres. Det betyder, at det fortrinsvis er stoffer med høje Henrys konstanter (luft/vand fordelingskoefficient) og beskeden sorption, som måles. Ved en blanding af stoffer vil forholdet mellem dem i gassen, sammenholdt med forholdet i porevandet eller jorden, være højere for stoffer med højere Henrys konstant (temperaturafhængig) og lavere sorption. Ved tilstedeværelse af DNAPL vil sammensætningen af NAPL og stoffernes damptryk (temperaturafhængig) formodentlig have betydning for sammensætningen i gasfasen. For PCE (tetrachlorethylen), TCE (trichlorethylen) og DCE (cis-dichlorethylen) er effekten på sammensætningen formodentlig beskeden og ikke entydig, mens VC (vinylchlorid) må forventes at optræde i større andel i gassen end i porevand, jord eller NAPL. Der er altså ikke tale om en kvantitativ metode, men der opnås et billede af det relative forureningsniveau og ved kombination af detektorer et billede af overordnet forureningstype.

BOKS 1 MIP-DETEKTORER

De **halogensensitive detektorer** (XRD og ikke mindst ECD) er ekstremt sensitive over for halogen og detekterer slet ikke stoffer uden halogen. Deres respons er således afhængigt af antallet af halogen (her chlor) og derfor væsentligt højere for PCE end for TCE (faktor ~3), og specielt for DCE (faktor ~200) og VC. De kan detektere selv meget lave koncentrationer af PCE og TCE (detektionsgrænse (det.gr.) ~100 ppb i gas), mens detektionsgrænsen for DCE og specielt VC er langt højere. Ved tilstedeværelse af DNAPL eller meget høje koncentrationer af PCE og TCE er det sandsynligt, at detektorerne overloades, medmindre der foretages en deling af gasstrømmen, så kun en mindre del ledes til detektoren.

PID (photoionisationsdetektor) respons er især sensitivt over for dobbeltbindinger og kulstof. Derfor kan man forvente nogenlunde samme respons for PCE, TCE, DCE og VC (det.gr. ~ 500 ppb i gas), mens respons for chlorerede ethaner (som TCA) er lavt og ikke altid kan detekteres (det afhænger af den anvendte PID-lampe i detektoren såvel som koncentrationer). PID er følsomt over for kulbrinter (med >4 kulstof eller dobbeltbinding), specielt over for aromater som BTEX-gruppen (det.gr. ~500 ppb i gas).

FID (flammeionisationsdetektor) respons er lidt mere komplekst med følsomhed over for antal kulstof, men påvirket af funktionelle grupper og deres placering. Til gengæld er det den bedst undersøgte type mht. respons for forskellige stoffer, og der er udviklet værktøj til beregning af respons, se Olsson (2013). Den giver nogenlunde ens respons for PCE, TCE, DCE og VC (det.gr. 10.000 ppm i gas). Dens følsomhed over for disse er relativ lav sammenholdt med halogen sensitive detektorer og PID. Hvorimod den har en relativ god følsomhed for kulbrinter (BTEX det.gr. 1.000 ppm i gas) og også kan detektere f.eks. methan.

MS (massespektrometrisk detektor) er ikke så udbredt som detektor ved MIP. **Ion-trap MS** giver i modsætning til de øvrige detektorer mulighed for at skelne mellem specifikke enkeltstoffer uden en adskillelse ved f.eks. GC. Udviklingen forventes at gå i denne retning.

Hvor diskretiserede (dybdespecifikke) data er det muligt at opnå med MIP og MIP-GC-MS?

MIP køres i dag kontinuert over dybden med helt ekstrem datatæthed. Det er opvarmningen af sonden (drevet af varmeledningsevnen i jorden), som bestemmer hastigheden og dermed datatætheden.

Ved udtagelse af delprøver til GC-MS er det tidsfaktoren for analyse af delprøven, som er afgørende for diskretiseringen. Jo tættere man ønsker data, des langsommere må sonden presses ned. I de oven for omtalte undersøgelser af DNAPL-kildeområde karakterisering (Janniche et al., 2013) og vurdering af stimuleret nedbrydning i moræner (Damgaard et al., 2012) blev tilstræbt en diskretisering på 30 cm. Ved større tæthed må forventes øget tidsforbrug til MIP-sonderingerne. En anden tilgang er at udtage delprøver af bæregassen til GC-MS-karakterisering i udvalgte diskrete dybder, hvor detektorudslaget (f.eks. FID og ECD) har vist indhold af flygtige organiske stoffer (VOC). Ved denne tilgang sænkes sonderingshastigheden ikke, og der opnås stadigvæk en karakterisering af enkeltkomponenter, dog med mindre datatæthed.

Vertikal afgrænsning og afsmitning/krydskontaminering

Det er velkendt, at MIP-sondering kan føre til afsmitning/krydskontaminering (også kaldet tailing og carry over) ved, at sonden trækker forurening med ned, eller at trunk line og membranen eller detektorerne forurenes. Det har således vist sig vanskeligt at afgrænse forurening i dybden under kraftig forurening (på trods af konstant opvarmning af sonde). En mulighed er at fortsætte målingerne under tilbagetrækning af sonden, efter at signalet er nedbragt (Bumberger et al., 2012). For detektorerne er det særligt overload af de meget følsomme halogendetektorer, som kan give betydelig krydskontaminering.

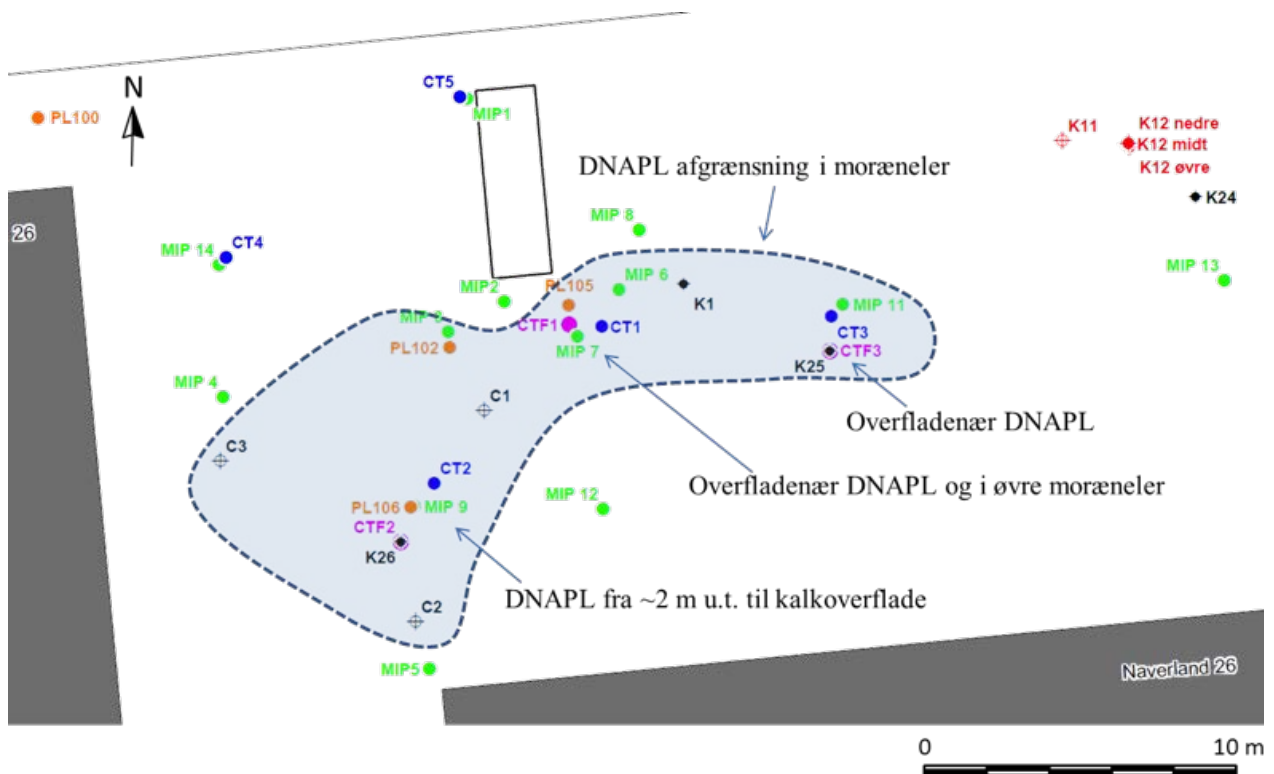
Den vertikale afgrænsning kan således blive påvirket af afsmitning/krydskontaminering ved overgange fra høje koncentrationer til lave. Dette kan undersøges ved løbende at udføre responstest, hvor sonden nedsænkes i en PCE-opløsning (f.eks. 5 ppm PCE), mens PCE-koncentrationen måles og detektorer aflæses. Responstest på 5 ppm PCE kan variere mellem 100.000-220.000 mV under optimale forhold. Normalt vil det give et respons på GC-MS mellem 0,4-0,8 mg/m³ PCE afhængig af membranens følsomhed og baggrundsindhold i trunk line.

Kildekarakterisering

På Naverland 26AB i Glostrup blev MIP (ECD og FID detektorer, PTFE trunk line) benyttet til kildekarakterisering, hvor DNAPL skulle påvises og afgrænses. Der var på Naverland 26AB et højt baggrunds niveau på ECD-detektoren mellem sonderingerne, da ECD-detektoren blev overloaded under sonderingerne. På trods af dette var det generelt muligt at måle lave niveauer med FID-detektoren uden nævneværdige problemer med tailing.

13 MIP-sonderinger blev udført (placering ses af figur 1). ECD'en, der var for følsom til brug i kildeområdet, blev 'overloaded' allerede ved PCE/TCE-koncentrationer på 20 mg/kg jord. FID gav derimod respons inden for detektorens måleområde (<15000 mV). FID er som nævnt ikke specifik for chlorerede stoffer. De udførte GC-MS-analyser på delprøver af bæregassen for chlorerede ethener og ethaner samt BTEX bekræftede, at FID-udslagene alt overvejende var relateret til PCE og TCE med få procent DCE i enkelte prøver. Respons på FID for PCE og TCE er sammenlignelige (boks 1).

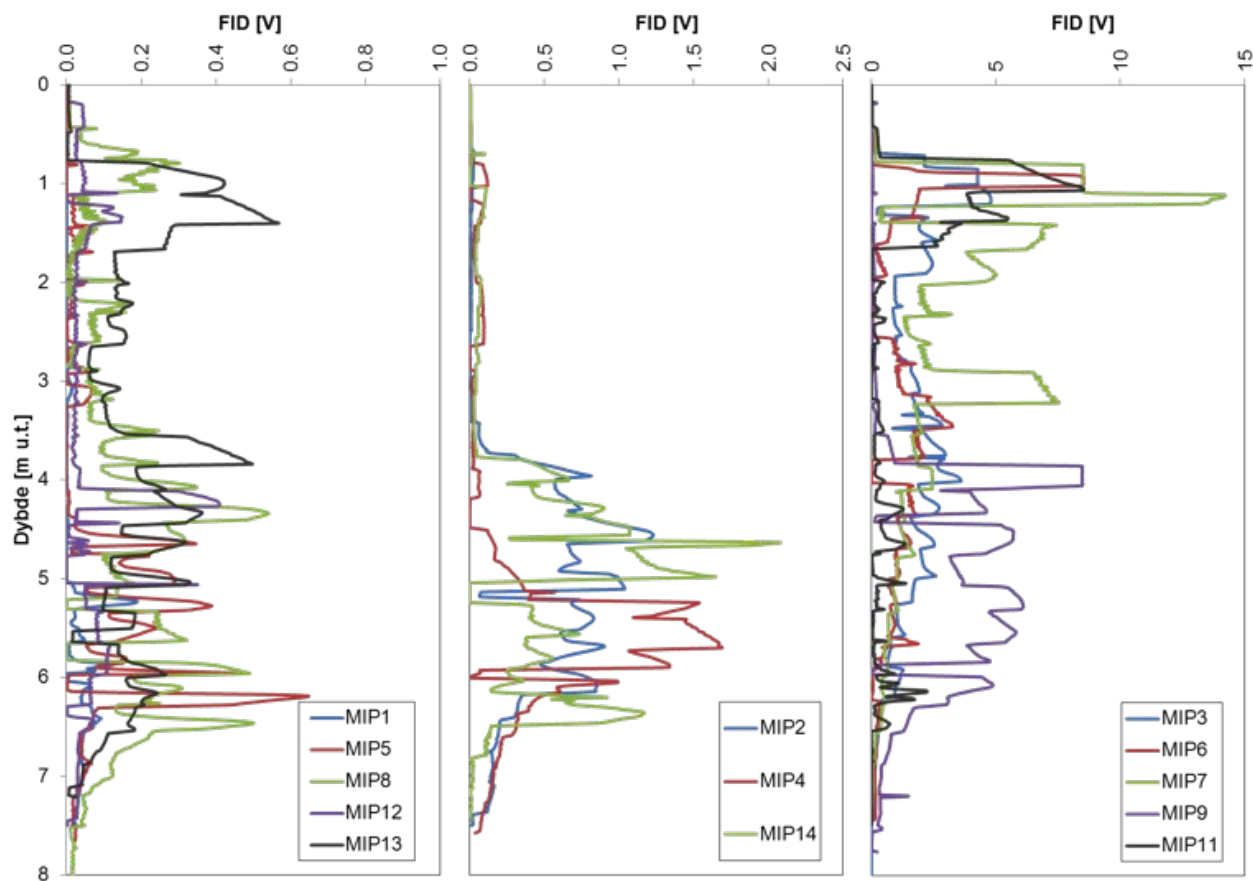
FIGUR 1 - KILDEOMRÅDE PÅ NAVERLAND 26AB, GLOSTRUP.



Placering af MIP-sonderinger er vist med grønt (MIP1-MIP13), intakte kerner er vist med blåt (CT1-CT5).

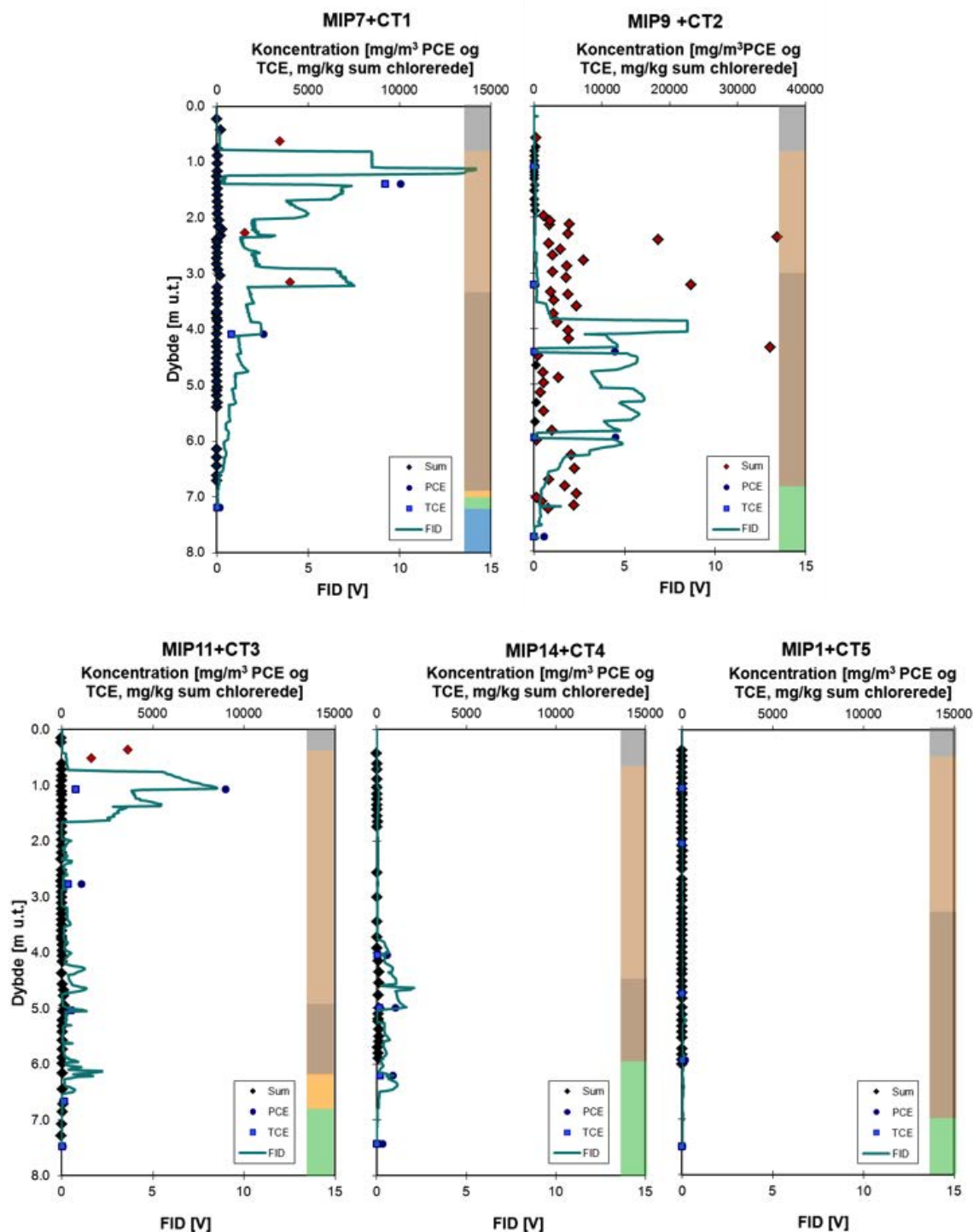
FID-responsen fra de 13 sonderinger ses af figur 2. Der er ganske stor variation i FID-udslagene, og forureningen findes primært fra 0,5 m u.t. og har spredt sig i hele profilet, men klinger dog af sidst i sonderingerne (7-8 m u.t.). FID-udslagene var meget høje for MIP3, MIP6, MIP7, MIP9 og MIP11, som ligger midt i kildeområdet (figur 1), og moderat høje for MIP2, MIP4 og MIP14, som ligger nordvestligt for kildeområdet. De laveste FID-respons blev observeret i MIP1, MIP5, MIP8, MIP12 og MIP13, som er placeret rundt om kildeområdet.

FIGUR 2 - FID-RESPONS FRA MIP-SONDERINGER SOM FUNKTION AF DYBDEN.



Sonderingerne er opdelt på tre figurer efter størrelsen på deres respons: til venstre er de lave (<0,6 V), i midten er de moderate (<2 V), og til højre er samlet de sonderinger med højeste respons.

Hvornår FID-værdierne indikerer DNAPL er vurderet ud fra fem områder, hvor MIP og intakte kerner er udtaget tæt ved hinanden (figur 3). Koncentrationen af de chlorerede stoffer er bestemt i delprøver fra de intakte kerner. I to områder (ved MIP14 og MIP1), der ifølge kernekonzentrationerne var uden DNAPL, var de højeste FID-udslag 2 V, hvorfor udslag under 2 V tolkes som værende uden DNAPL. I de sidste tre områder (ved MIP7, MIP9 og MIP11) var der ifølge kernekonzentrationerne indikationer på DNAPL, og FID-udslag og kernekonzentrationer følger generelt hinanden rimeligt. I MIP9 er der ikke betydende udslag i dybden 2-3,8 m u.t. på trods af, at der i kernen (CT2) i denne dybde er tydelig DNAPL-tilstedeværelse. FID-udslagene fra 3,8-6,3 m u.t. er dog betydelig over 2 V. Små-skala-varationer i geologi vil influere på DNAPL-spredning, og en del af variationerne mellem resultater fra intakte kerner (CT) og MIP kan sandsynligvis tilskrives dette.



FIGUR 3 - MIP(FID)-RESPONS OG KONCENTRATIONER AF CHLOREREDE STOFFER SOM FUNKTION AF DYBDEN.

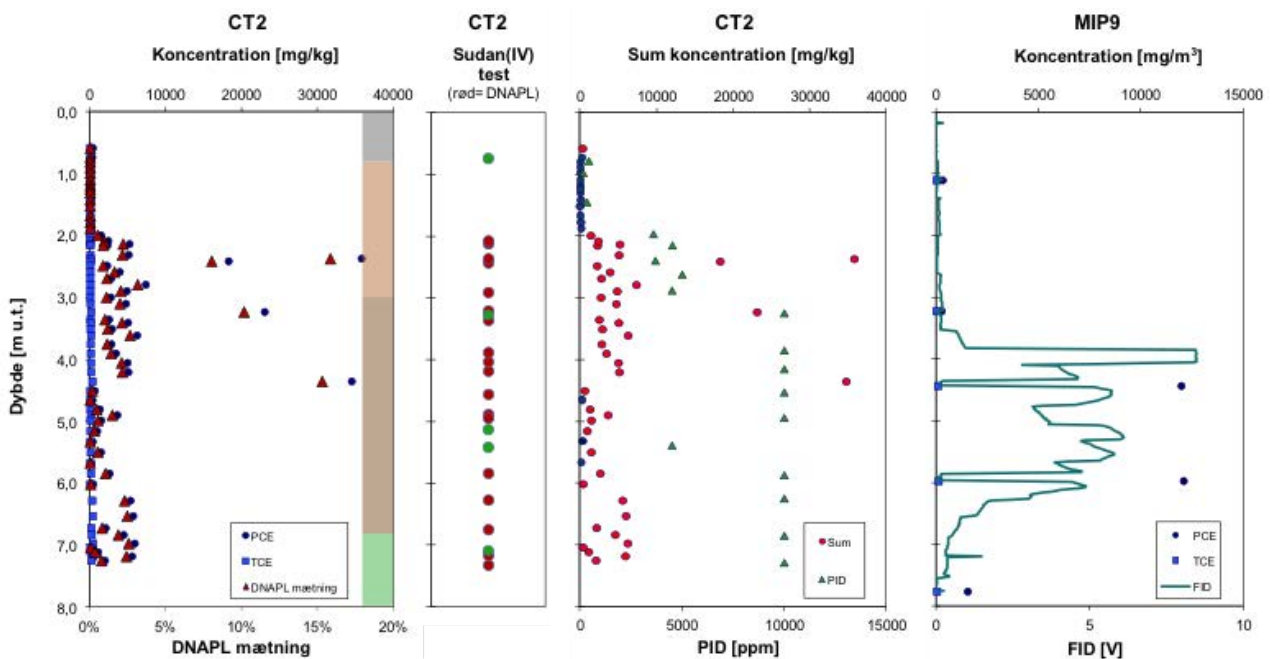
Den farvede søjle til højre i hver graf indikerer skift i geologien. På den primære x-akse er koncentration af PCE og TCE i bæregas (mg/m³), samt sumkoncentration af de chlorerede stoffer målt i de intakte ler-kerner (mg/kg), og på den sekundære x-akse vises FID-respons. Symbolet for sumkoncentration er rød ved koncentration indikerende DNAPL. OBS: Der er for CT2 benyttet en anden skala på den primære x-akse end for de andre pga. væsentlig højere kernekoncentrationer. Prøvetagning af bæregas til GC-MS under MIP-sondering medfører dyk i kurve for FID som følge af trykændring.

Det er på baggrund af resultaterne svært at give en skæringsværdi for, hvornår der er tydelig indikation på DNAPL. Ved FID >5 V vurderes det, at der er tydelig indikation på DNAPL, mens det er mere usikkert i intervallet mellem 2 og 5 V. Dette vil sige, at der er tydelig indikation på DNAPL i MIP6, MIP7, MIP9 og MIP11, mens der muligvis er DNAPL i MIP3, idet der maks. er målt 4,8 V. Resultaterne formodes at kunne overføres til lokaliteter med tilsvarende geologi, men det anbefales, at evt. DNAPL-tilstedeværelse dokumenteres f.eks. vha. Sudan(IV)-test eller kemisk analyse af delprøver fra intakte kerner.

Overensstemmelse med keredata

Kernekoncentrationerne og Sudan(IV)-test dokumenterede DNAPL fra 2 m u.t. til kalkoverfladen (figur 4). De højeste kernekoncentrationer var fra ca. 2 til 4,4 m u.t., mens MIP'en havde de højeste udslag mellem ca. 3,5 og 7 m u.t. på trods af, at den er placeret tæt ved den intakte kerne. Selv inden for kort afstand varierer den vertikale udbredelse. Metoderne viser, at der i området primært er DNAPL i moræneleren, og der er god overensstemmelse mellem metoderne.

FIGUR 4 - SAMMENSTILLING AF RESULTATER FRA INTAKTE KERNER (KONCENTRATION, SUDAN(IV)-TEST OG PID-MÅLING PÅ DELPRØVER FRA DE INTAKTE KERNER) OG MIP-SONDERING.



Den farvede søjle i første graf indikerer skift i geologien (fyld, øvre moræneler, nedre moræneler, kalk).

MIP kombineret med GC-MS er god til screening og afgrænsning af DNAPL i moræneler, idet den giver on-line resultater med høj vertikal diskretisering, og omkostningerne er moderate. Ved at benytte stål trunk line i stedet for PTFE-trunkline kan tailing mindskes betydeligt. Der bør også udføres responstest før, under og efter MIP-sonderinger, og evt. kalibrering. Gøres dette ikke, er det meget kompliceret at sammenligne værdier fra forskellige lokaliteter. I et DNAPL-kildeområde vil ECD-detektoren være for følsom medmindre bæregassen fortyndes eller splittes inden detektoren.

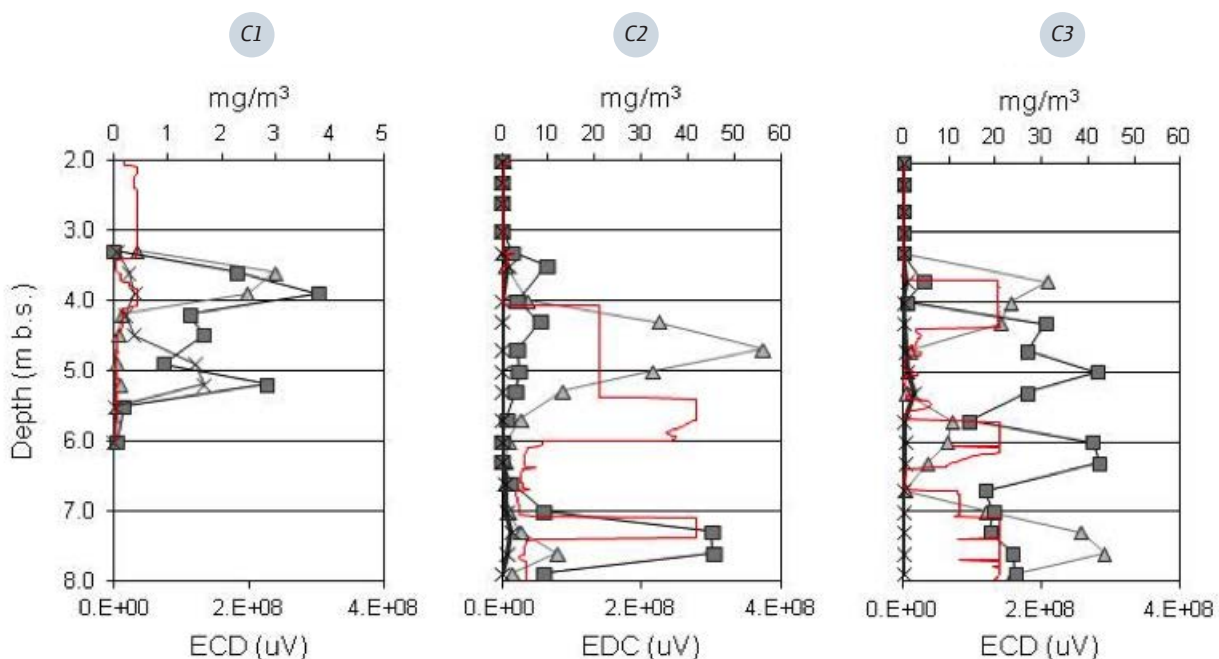
Ud fra MIP-resultaterne kan områder med høje koncentrationer udvælges, hvorfra der kan udtages intakte kerner for at danne 'line of evidens' (indirekte metoder) og evt. dokumentation (direkte metoder) for DNAPL.

Vurdering af nedbrydning i morænelersmatricen

Undersøgelser på morænelers-lokaliteter med stimuleret reduktiv dechlorering (SRD) af chlorerede opløsningsmidler har vist, at monitoring på vandprøver alene afspejler sammensætningen og nedbrydningen af forurening i sprækker og sandlinser/slirer. Udviklingen af reaktionszoner og nedbrydning i lermatricen, som er afgørende for at vurdere oprensingsgrad og tidsperspektiv, kan vurderes ved diskretiseret delprøvetagning af kerneprøver. MIP-GC-MS er en potentiel billigere metode til screening for udviklingen af reaktionszoner/nedbrydning i lermatrix.

FIGUR 5 - RESULTATER AF MIP-ECD (I μ V) FOR TOTAL CHLOREREDE STOFFER (RØD LINIE)

- sammenholdt med MIP-GC-MS (i mg/m^3 bæregas) for TCE (trekant symbol), DCE (firkant symbol) og VC (kryds symbol). Bemærk forskellige akser fra C1 til C2 og C3.



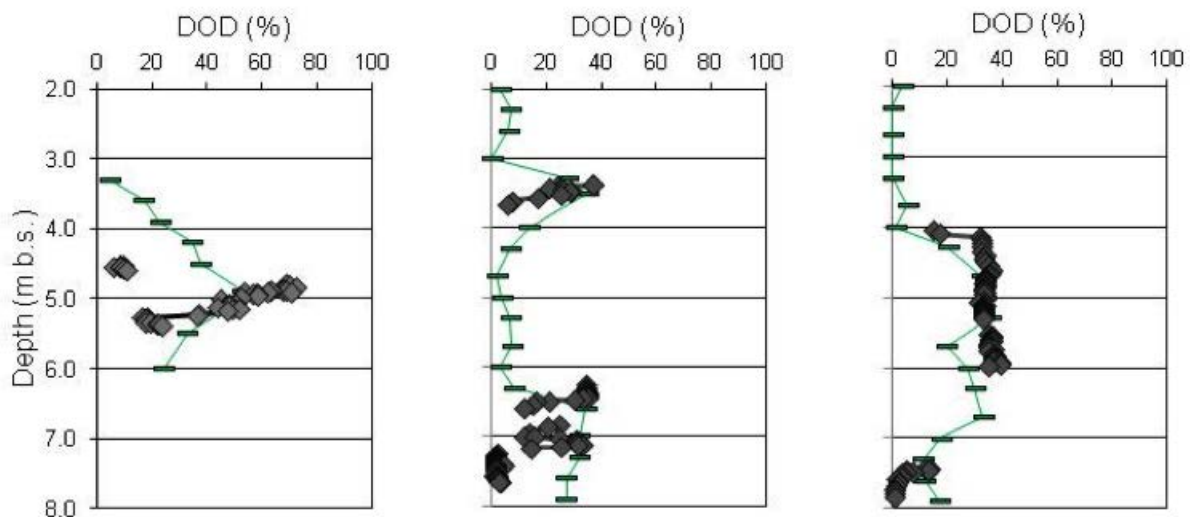
Det fremgår af figur 5, at MIP-ECD overvejende finder den vertikale forureningsfordeling af TCE. Ved kombinationen med GC-MS findes det, at DCE er dominerende, hvor MIP-ECD-udslaget er lavt. Ved MIP-ECD alene er der således risiko for at overse forurening, som domineres af nedbrydningsprodukter.

Nyere erfaringer fra Region Hovedstadens ERD-oprensning af en lokalitet har vist, at for at kombination af MIP og udtagningen af sidestrøm/delprøve til GC-MS-identifikation af stoffer kan benyttes på lokaliteter, hvor nedbrydningsprocesserne er langt og koncentrationerne lave, er det nødvendigt med lavere detektionsgrænser. Region Hovedstaden har i et udviklingsprojekt med NIRAS og GeoProbe Systems (USA) netop afprøvet en helt ny teknik, LL-MIP (Low Level MIP) til at opnå lavere detektionsgrænser med MIP-systemet. Det forventes, at LL-MIP kan bruges til kortlægning af forureningsfaner i sandede og lerede formationer.

Der er god overensstemmelse mellem dechloreringsgraderne beregnet ud fra MIP-GC-MS-resultaterne og resultaterne fra de intakte kerneprøver (figur 6). De mindre udsving observeret i kerneprøverne (0,5-2 cm intervaller) skelnes ikke ved MIP-GC-MS, hvilket må være forventeligt, når der er udtaget prøver i 30-cm-intervaller. Der synes

FIGUR 6 - SAMMENLIGNING AF DECHLORERINGSGRAD FOR TCE BEREGNET UD FRA MIP-GC-MS-RESULTATER (STREG)

- og ud fra resultater af kvantitative analyser af delprøver fra intakte kernerprøver (harlekin tern). Bemærk at MIP og kerneprøvetagning er udført med afstand på ca. 0,5 m.



at være en vis overvurdering af nedbrydningszonerne ved MIP-GC-MS i forhold til jordprøver, hvilket måske kan relateres til forskel i desorption af TCE hhv. DCE in-situ. Resultaterne indikerer, at MIP kombineret med GC-MS kan anvendes til en indledende vurdering af udviklingen af SRD i morænelersmatricen. Hvis der ønskes kendskab til smalle reaktionszoner omkring sandslirer og linser, er det nødvendigt at udtage delprøver fra intakte kerneprøver.

Anbefalinger/perspektivering

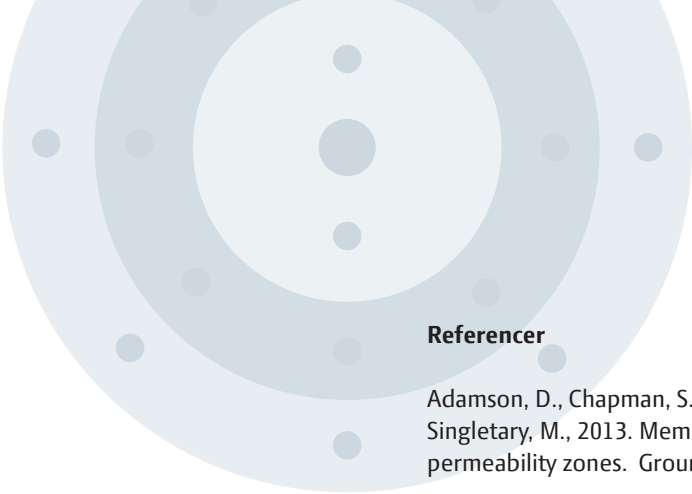
MIP-sonderinger giver mulighed for relativt hurtigt at karakterisere og afgrænse et kildeområde med chlorerede opløsningsmidler som DNAPL med høj diskretiseringsgrad. Kombineres MIP med GC-MS kan screenes for udviklingen af reaktionszoner med nedbrydning af chlorerede stoffer i lermatrix på hurtigere og billigere vis end ved traditionelle kerneprøver alene.

En standardprocedure for udførelse af MIP til forureningsafgrænsning (for chlorerede opløsningsmidler) i lavpermeable aflejringer er for nylig udviklet af Adamson et al. (2013). Proceduren omfatter detektorvalg, og den anbefaler opadrettet så vel som nedadrettet logging samt øget bæregasflow i kildeområder for at minimere krydskontaminering (tailing).

Andre nye metoder til at minimere carry-over og sikre et kontinuert dataflow også ved høje koncentrationer omfatter manuelt/automatisk skift mellem to trunklines (Bumberger et al., 2013), brug af stål-trunkline og opvarmning af trunkline (Kästner et al., 2012). Sidstnævnte minimerer tillige risikoen for kondensering.

Vi anbefaler endvidere, at ion trap mass spectrometry implementeres som detektor ved MIP for stofspecifik bestemmelse med tæt diskretisering for bedømmelse af forurenings sammensætning og nedbrydning. Brugbarheden af MIP vil forbedres yderligere såfremt der er mulighed for variabel deling af bæregas til forskellige detektorer, så overload kan undgås/minimeres.





Referencer

Adamson, D., Chapman, S., Mahler, N., Newell, C., Parker, B., Pitkin, S., Rossi, M., Singletary, M., 2013. Membrane interface probe optimization for contaminants in low permeability zones. *Ground Water*, In press (2013(6)).

Bumberger, J., Randy, D., Berndsen, A., Goblirsch, T., Flachowsky, J., Dietrich, P., 2012. Carry-over effects of the membrane interface probe. *Ground Water*, 50(4), 578-584.

Bumberger, J., Peisker, K., Goblirsch og Dietrich, P., 2013, Transfer line concepts for the MIP,. In proceedings of The International Conference NovCare 2013: Novel methods for subsurface Characterization and Monitoring. From Theory to Practise. May 13-16, 2013. Leipzig, Germany.

Damgaard, I., Bjerg, .L., Bælum, J., Scheutz, C., Hunkeler, D., Jacobsen, C.S., Tuxen, N., and Broholm, M.M. (2013). Integrated characterisation of chlorinated ethenes and ethanes degradation in clay till. *Journal of Contaminant Hydrology, Journal of Contaminant Hydrology*, 146: 37-50.

Damgaard, I., Bjerg, P.L., Jacobsen, C.S., Tsitonaki, A., Kerrn-Jespersen, H., Broholm, M.M., (2013). Performance of full scale enhanced reductive dechlorination in clay till. *GroundWater Monitoring & Remediation*. 33(1): 48-61.

Damgaard, I., Pade, D.M., Tsitonaki, KA., Kerrn-Jespersen, H., Bjerg, P.L., Broholm, M.M., 2012. Kan MIP anvendes som værktøj til vurdering af in-situ SRD afværge i moræner. ATV Vintermøde. Vingsted 2011.

Janniche, G.S., Fjordbøge, A.S., Broholm, M.M., 2013. DNAPL i moræner og kalk. Vurdering af undersøgelsesmetoder og konceptuel modeludvikling. Naverland 26AB, Albertslund. DTU Miljø. www.sara.env.dtu.dk.

Kerrn-Jespersen, H., og Broholm, M.M., 2013. DNAPL - et samarbejdsprojekt mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden. VJ Info 2013-1, 11-13.

Kerrn-Jespersen, H., Janniche, G.S., Christensen, A.G., Grosen, B., Jørgensen, T.H., og Broholm, M.M., 2013. Strategi og undersøgelsesmetoder for karakterisering af DNAPL i moræner. VJ Info 2013-1, 14-19.

Kästner, M., Braeckevelt, M., Döberl, G., Cassiani, G., Papini, M. P., Leven-Pfister, C. og Ree, D. van (eds.), 2012, Model-Driven soil Probing, site assesment and evalustion guidance on technologies, Modelprobe, Sapienza and Helmutz Centre for environmental research – UFZ, Sapienza, Rome, Italy, ISBN 978-88-95814-72-8.

Olsson, M.E., 2013. MIP detectors. Bilag 1 i: Janniche, G.S., Fjordbøge, A.S., Broholm, M.M., 2013. DNAPL i moræner og kalk. Vurdering af undersøgelsesmetoder og konceptuel modeludvikling. Naverland 26AB, Albertslund. DTU Miljø. www.sara.env.dtu.dk.

Af Jan Petersen, freelancer

Ved hurtigt at skimme denne liste igennem får du et overblik over, hvilke artikler der for nyligt har været bragt i danske tidsskrifter inden for vores fagområde. Hermed er der skabt en hurtig indgang til ny inspiration m.m. For overskuelighedens skyld er artiklerne ordnet i emner.

1. Jura, økonomi og politik

Bekendtgørelse om fastlæggelse af indsatsområder for den offentlige indsats over for forurennet jord, BEK nr. 1552 af 17. december 2013

Bekendtgørelsen beskriver, hvordan regionerne skal fastlægge de arealer for den offentlige indsats, der kan udgøre en risiko for grundvand, overfladevand eller internationale naturbeskyttelsesområder. Bekendtgørelsen trådte i kraft den 4. januar 2014. Dog træder § 6 og 7, som blandt andet kræver et screeningsværktøj, først i kraft den 1. april 2014.

Læs hele bekendtgørelsen på retsinfo.dk

Bekendtgørelse om udlægning af områder for fælles indvinding af råstoffer fra havbunden (Fællesområde-bekendtgørelsen), BEK nr. 1398 af 12. december 2013

Der er kommet ny bekendtgørelse om udlægning af områder for fælles indvinding af råstoffer fra havbunden. Bekendtgørelsen er trådt i kraft 1. januar 2014.

Læs hele bekendtgørelsen på retsinfo.dk

Lov om ændring af lov om Natur- og Miljøklagenævnet og forskellige andre love, LOV nr. 86 af 28. januar 2014

Lovændringen betyder, at indgivelse af klage til og efterfølgende kommunikation om klagesag med Natur- og Miljøklagenævnet skal ske via en digital selvbetjeningsløsning. Loven trådte i kraft den 1. februar 2014 (dog fastsætter miljøministeren tidspunktet for ikrafttræden af lovens §§ 1-6, § 7, nr. 2 og 3, og §§ 8-25).

Læs hele loven på retsinfo.dk

Afgørelser fra Natur- og Miljøklagenævnet (NMKN)

NMKN stadfæster Region Syddanmarks afgørelse af 18. januar 2012 om påbud efter jordforureningslovens § 40 om undersøgelse af tørveindholdet i jord tilført råstofgrav. Samtidig afviser NMKN at behandle klagen over regionens afslag på lovliggørende dispensation efter jordforureningslovens § 52.

Læs hele NMKN's afgørelse af 16. december 2013 på nmkn.dk (NMK-11-00102).

Dom fra Højesteret frifinder Natur- og Miljøklagenævnet

Højesteret har frifundet Natur- og Miljøklagenævnet i en principiel sag om jordforurening. Ved dommen godkendte retten nævnets praksis i sager om forsikringsdækkede påbud ved jordforurening fra villaolietanke. Topdanmark Forsikring A/S havde anlagt sagen. Højesteret fandt udtrykkeligt, at nævnets praksis var lovlig på alle de omtvistede punkter. Sagen har stor principiel betydning, da der hvert år er 100-150 sager i kommunerne om forurening fra forsikringsdækkede villaolietanke.

Læs hele Højesteretsdommen af 5. december 2013 på hoejesteret.dk (Sag 232/2011).

Brancheanalyse for jordforureningssektoren

COWI og RGS90 har gennemført en brancheanalyse af jordforureningssektoren i Danmark. Brancheanalysens hovedkonklusioner er, at konkurrencen i Danmark er hård, at teknologiudviklingen i Danmark primært er drevet af offentlige projektmidler, og at vækstpotentialerne i Danmark er små.

COWI og RGS90 fokuserer sine anbefalinger på, hvad der skal til for at fremme eksport og vækst i en branche, hvor få virksomheder ser deres opgaveløsning i en større sammenhæng, hvor få virksomheder eksporterer deres ydelser, og hvor få virksomheder er gearret til eksport. Anbefalingerne retter sig både mod, hvad branchen – og myndighederne – aktivt kan gøre for at fremme eksport- og vækstpotentialerne. Anbefalingerne retter sig ligeledes mod, at de mindre og små virksomheder vanskeligt kan realisere et eksportpotentiale, hvis de ikke indgår i – eller skaber – netværk med en bredere vifte af branchens markedsaktører.

Af C. van Breugel, T. Wenzel, H. Sand (COWI A/S), T. Munksgaard (RGS90) og D.C. Hovelsø (COWI A/S). Miljøprojekt nr. 1500, 2013 (ISBN nr. 978-87-93026-39-1). Læs hele rapporten på mst.dk



2. Kortlægning og undersøgelser

Reduktionsfaktorer for poreluftbidrag til indeklimaet, når der er betongulv

Dansk Miljørådgivning A/S (DMR) har for Videntcenter for Jordforurening lavet en erfaringsopsamling omhandlende reduktionsfaktorer over støbte betongulve for poreluftforurening med chlorerede opløsningsmidler. Rapporten omhandler estimering af indeklimabidrag på baggrund af en poreluftundersøgelse og en reduktionsfaktor, og den er et supplement til den tidligere erfaringsopsamling beskrevet i Teknik og Administration nr. 1, 2002.

Erfaringsopsamlingen viser bl.a., at der kun kan forventes en reduktionsfaktor på mindst 100 i ca. 85 % af bygninger/ rum med betongulv uden synlige revner mv. Desuden indikerer resultaterne i denne undersøgelse, at betongulvets tykkelse og luftskiftets størrelse kun har mindre betydning for indeklimakoncentrationen.

Udgivet af Videntcenter for Jordforurening, Teknik og Administration, Nr. 2 2013. Læs mere på jordforurening.info

3. Geologi og hydrogeologi

Jordbund

Geviden handler denne gang om de øverste meter af jordskorpen, nemlig jordbunden. Bladet indeholder bl.a. artikler om jordbundens udvikling i de danske landskaber, omsætningen af kvælstof og kulstof i jordbunden, hvad der karakteriserer en god jord, og hvor man finder data om jord og jordrelaterede emner.

Af M. Binnerup (ansvarshavende, GEUS), Geviden nr. 4, 2013 (ISSN1604-6935). Læs hele rapporten på geocenter.dk

4. Pesticider

The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme. Monitoring results May 1999 – June 2012

De seneste resultater viser, at der fortsat sker markant udvaskning af aktivstoffet metalaxyl-M, der virker mod skimmel i kartofler og to af stoffets nedbrydningsprodukter (CGA62826 og CGA108906). Miljøstyrelsen har på baggrund af resultaterne fra Varslingssystemet for Udvasning af Pesticider til Grundvand (VAP) forbudt anvendelsen i Danmark. Også nedbrydningsproduktet af pesticidet fluazifop-P-butyl, TFMP, udvaskes i koncentrationer, der overskrider grænseværdien i grundvandet. Rapporten beskriver monitoringsresultater for i alt 50 pesticider, der er fulgt i VAP i perioden 1999-2012, herunder også bentazon og glyphosat.

Af W. Brüsch, A.E. Rosenbom, R.K. Juhler, L. Gudmundsson, C.B. Nielsen, F. Plauborg og P. Olsen (GEUS), oktober 2013 (ISBN 978-87-7871-363-6). Læs hele rapporten på geus.dk

Rangordning af vandløbssmådyrs tolerance over for miljørealistiske koncentrationer af pyrethroider

Ved marksprøjtning havner insekticider undertiden i vandløb. Især pyrethroider er giftige for vandløbenes smådyr. Følsomheden af pyrethroidet lambda-cyhalothrin blev ved simple laboratorieforsøg undersøgt hos 34 arter af sådanne smådyr. Undersøgelsen dokumenterer, at selv inden for nært beslægtede arter af vandlevende organismer er der stor forskel på følsomheden over for lambda-cyhalothrin. Arternes følsomhed var større, hvad angik ændringer i adfærd end dødelighed. Ændret adfærd kan i naturen betyde, at en art forsvinder fra en pyrethroidpåvirket strækning. Resultaterne viser også, at Dansk Vandløbs Fauna Indeks (DVSI) ikke er egnet som pesticidindikator. Til gengæld kan resultaterne bruges ved udviklingen af et dansk pesticidindeks for vandløb. Resultaterne er desuden interessante i forhold til fremover at kunne adskille effekter af sprøjtemidler fra andre faktorer, der påvirker i vandløb.

Af P. Wiberg-Larsen, E.A. Kristensen, N. Friberg, J.J. Rasmussen (Aarhus Universitet) og P. Bjerregaard (Syddansk Universitet), Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 151, 2013 (ISBN nr. 978-87-93026-67-4). Læs hele rapporten på mst.dk

5. Råstoffer

Lettere forurenede jord forstærker forfaldent dige

Med regeringens ressourcestrategi 'Danmark uden affald' skal vi fremover til at betragte vores affald som en ressource, der skal bruges bedst muligt. I Nordjylland har Vesthimmerlands kommune givet miljøtilladelse til at genanvende lettere forurenede jord til at forstærke et forfaldent dige ved Limfjorden. På den måde opnår samfundet en besparelse på grus og sand fra de omkringliggende råstofgrave, mens det er blevet nemmere og billigere at komme af med den lettere forurenede jord. Genanvendelsen af lettere forurenede jord har været anvendt til opbygning af støvveje langs de danske motorveje de seneste 10-15 år, og med dette projekt er der nu fundet endnu en alternativ deponeringsmulighed.

Af M.M. Andersen (DGE), Teknik & Miljø nr. 11, november 2013, s. 48-49 (ISSN 1902-2654).



6. Overfladevand

ATV-mødet 'Jordforurening og overfladevand'

Jordforureninger, der truer overfladevand eller internationale naturområder, vil fra 2014 indgå i regionernes indsats mod jordforurening. Til det formål er der ved at blive udviklet et screeningsværktøj, som skal anvendes til at udpege de kortlagte lokaliteter, der kan udgøre en risiko over for overfladevand eller internationale naturområder. På mødet blev en del af det bagvedliggende arbejde for screeningsværktøjet præsenteret, herunder de anvendte fortyndingsmodeller. Miljøstyrelsen, region og kommune gav deres bud på omfanget og løsningen af den nye opgave. Derudover var der indlæg om kritiske stoffer i forhold til overfladevand, om metoder til undersøgelse af vandløb samt lossepladser påvirkning af overfladevand.

Abstract-samling fra ATV Jord og Grundvands møde den 27. november 2013 kan downloades på atv-jord-grundvand.dk (ISBN 978 87 913 1378 3).

Vandmiljø og Natur 2012. NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Rapporten indeholder en opgørelse af de vigtigste påvirkningsfaktorer og en status for tilstand i grundvand, vandløb, søer og havet samt for overvågning af naturtyper. Af P.N. Jensen, S. Boutrup, L.M. Svendsen, G. Blicher-Mathiesen, P. Wiberg-Larsen, R. Bjerring, J.W. Hansen, T. Ellermann (Aarhus Universitet), L. Thorling (GEUS) og A.G. Holm (Naturstyrelsen). Videnskabelig rapport fra DCE nr. 78, november 2013 (ISBN nr. 978-87-7156-036-7). Læs hele rapporten på dce.au.dk

7. Andet

LER og graveskader: 'Luskede' entreprenører og 'sløsed' vandværker

Artiklen omhandler, hvem der har ansvaret, når en ledning graves over. Forfatteren opfordrer til, at der er en klar aftale om ansvarsfordelingen med entreprenøren, når der skal udføres gravearbejde, og at det indskræpes over for entreprenøren, at LER anvendes som en del af forarbejdet forud for gravearbejdet.

Af S. Sørensen, FVD, Vandposten nr. 191, november 2013, s. 26-27.

Jordforurening - Technology Outlook

Innovationsnetværk for Miljøteknologi har i efteråret 2013 gennemført et Technology Outlook på jordforureningsområdet for blandt andet at kortlægge de områder, hvor der kan være behov for nye teknologier eller andre indsatser. Analysen har blandt andet vist, at metodevalg ved oprensninger i dag ofte er lidt tilfældige, og at det krævede dokumentationsomfang varierer. Desuden er det ønskeligt med flere og bedre feltmetoder, f.eks. til bestemmelse af fri fase. Derudover har området omkring genanvendelse af jord vist sig at være et område, hvor der findes mange interesserede aktører.

Af M.T. Andersen og A. Oberender (DHI), januar 2014. Se hele analysen på <http://inno-mt.dk>

kursus KALENDEREN

Andre møder

Dato	Hvem	Hvad	Hvor	Mere info
11.-12. marts 2014	ATV Jord og Grundvand	Vintermøde 2014	Vingstedcentret, Bredsten v./Vejle	http://www.atv-jord-grundvand.dk
3. april 2014	ATV Øst	Finansiering af udviklingsprojekter på jordforureningsområdet - Gå hjem møde	DTU, bygning 113, mødelokale 011	
8.-11. april 2014	IAIA	IAIA 14 Impact Assessment for social and Economic Development	Vina del Mar, Chile	http://www.iaia.org/conferences/iaia14/index.pt
29. april 2014	ATV Jord og Grundvand	State of the Art for ikke-termiske oprensninger i moræner	Schæffergården, Jægersborg Allé 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
19.-22. maj 2014	Battelle	The Ninth International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds	Monterey, Californien, USA	http://battelle.org/media/battelle-conferences/chlorcon
20.-21. maj 2014	KTC/EnviNa	Natur- og miljøkonference 2014	Odense Konferencecenter	http://www.envina.dk
	Tilmeld			
22. maj 2014	ATV Jord og Grundvand	Skifergas - energiudnyttelse af undergrunden	Radisson Blu, H.C. Andersen Hotel, Claus Bergs Gade 7, Odense	http://www.atv-jord-grundvand.dk
18. juni 2014	ATV Jord og grundvand	Grundvandsbeskyttelse	Schæffergården, Jægersborg Allé 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
10. september 2014	ATV Jord og Grundvand	Lossepladser - hvad sker der?	Radisson Blu, Scandinavia, Margretheplassen 1, Århus	http://www.atv-jord-grundvand.dk
16.-17. september 2014	Renare Mark	NORDROCS 2014 - The 5th Joint Nordic Meeting on Remediation of Contaminated Sites	Stockholm, Sweden	http://www.nordrocs.org
17.-19. september 2014	USA EPA, Umwelt Bundesamt Austria, CL: AIRE	The 3rd International Conference on Sustainable Remediation 2014	Ferrara, Italy	http://www.sustrem2014.com/
8. oktober 2014	ATV Jord og Grundvand	Det gode udbud	Radisson Blu, H.C. Andersen Hotel, Claus Bergs Gade 7, Odense	http://www.atv-jord-grundvand.dk
6. november 2014	ATV Jord og Grundvand	Risikovurdering og prioritering af grundvandstruende jordforureninger	DGI/CPH Conference, Tietgensgade 65, København	http://www.atv-jord-grundvand.dk
26. november 2014	ATV Jord og Grundvand	Kalkjordsforurening	Schæffergården, Jægersborg Allé 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
Juni 2015	GTZ-Deltares	AquaConsoil 2015	Copenhagen	http://www.aquaconsoil.org/



**Videncenter
for Jordforurening**

Videncenter for Jordforurening

Dampfærgevej 22
Postboks 2593
2100 København Ø
jordforurening@regioner.dk
www.jordforurening.info
Fax 3529 8300

Jordforurening.info

udgives af Videncenter for
jordforurening og udkommer
fire gange årligt på papir og
elektronisk

Redaktør: Kit Jespersen
Layout: Etcetera Design
Tryk: Danske Regioner