



leder

Amternes Videncenter for Jordforurening
Dampfærgevej 22, Postboks 2593
2100 København Ø
Fax: 3529 8300
E-mail: avjinfo@arf.dk
Hjemmeside: www.avjinfo.dk

Lars Kaalund
Tlf: 3529 8157
E-mail: lak@arf.dk

Charlotte Weber
Tlf: 3529 8158
E-mail: cwe@arf.dk

Arne Rokkjær
Tlf: 3529 8159
E-mail: rok@arf.dk

Kit Jespersen
Tlf: 3529 8185
E-mail: kij@arf.dk

Redaktion:
Ansvarshavende redaktør: Lars Kaalund
Layout: Trine Schjermer, Amtsrådsforeningen
Tryk: Amtsrådsforeningen

- 2 PAH i jord
- 6 Pesticidforurenet vand
- 10 Forskerhjørnet
- 12 Artikelovervågning

Jordforurening med tjærestoffer eller PAH'er, som vi kalder dem, er blevet et forbandet stort problem. Ja, undskyld udtrykket, men de er tilsyneladende overalt, hvor vi leder efter dem, og i koncentrationer, der kræver en eller anden form for handling, rådgivning eller afværge.

Gennem vores levevis bidrager vi alle sammen til produktionen af PAH-forureningen, og den koster hvert år samfundet et ukendt antal millioner kr. i form af sygdom, forringet produktivitet og forringet naturværdi. I dag er udskiftning eller tildækning af forurenede jord den mest anvendte form for afværge, men det er sandsynligvis en kortsigtet løsning - og den er dyr.

Miljøstyrelsen har for nyligt udgivet tre rapporter, der behandler spørgsmålene: Hvor kommer PAH'erne fra? Hvad koster det samfundet at forurene med PAH'er? Og hvad kan vi teknisk set gøre ved problemet?

Kilderne til PAH-forureningen er mange, f.eks. kommer der PAH'er fra kreosotimpregneret træ, støv fra bildæksslid, oliespild, industrispildevand, kompost, spildevandsslam og fra forbrænding af organisk materiale. Det har allerede resulteret i et forhøjet "baggrunds niveau" i byerne, og hvis man ser på typen af kilder, er der grund til at forvente en fortsat stigning i niveauet.

PAH'er er farlige stoffer, en del af dem er kræftfremkaldende. De påvirker vores helbred og påfører, som tidligere nævnt, samfundet store udgifter i form af sygdom, forringet produktivitet og forringet naturværdi. Omvendt er der klare samfundsmæssige gevinster ved aktiviteter som transport, forbrænding, kompostering m.fl., som er kilder til PAH-forureningen.

Miljøstyrelsen har udgivet en rapport, som beskriver metoder til værdisætning af dansk vejtrafikforurening af jord og grundvand. Det

er et godt indledende stykke arbejde, der fokuserer på den viden og mangel på samme, vi har om kilder, eksponering, skader og deraf følgende omkostninger. Forprojektet har vist, at værdisætning af trafikken forurening af jord og grundvand er en uhyre kompleks problemstilling, og at der på centrale områder mangler den nødvendige viden til at foretage en værdisætning", skrives der i rapportens konklusion. Og selvom rapporten behandler problemstillingen for vejtrafikken, vil en tilsvarende mangel på viden sikkert også gælde de øvrige forureningskilder.

Tekniske metoder til fjernelse af PAH-forureninger er afprøvet i en række projekter under Miljøstyrelsens Teknologipulje med det nedslående resultat, at effekten af de afprøvede metoder er lav til middel, har lange oprensningsperioder eller er dyre.

Det er et voksende problem, vi her har med at gøre. Problemet vokser, fordi vi lever som vi gør, vi ved ikke, hvad det koster at leve med problemet, hvad det ville koste at forebygge det, eller hvordan vi skal fjerne det på en rationel og billig måde. Fordelene ved de forurenende aktiviteter er til at få øje på, og det gør det samtidig svært for det enkelte menneske at forstå PAH'ernes farlighed i dagligdagen, dels fordi PAH'erne er overalt, og dels fordi der ikke er akutte følgerkninger. Hvis vi konstant var bange for PAH'erne kunne vi slet ikke leve et normalt liv, og derfor har vi en god og sund evne til at skubbe problemet fra os. Men ud fra en samfundsøkonomisk og folkesundhedsmæssig betragtning vil jeg håbe, at Miljøstyrelsen sammen med andre ministerier finder ressourcer til at fylde hullerne ud i vores viden om værdien og omkostningerne ved fortsat forurening med PAH'er.

Kilder: Miljøprojekterne 712, 714 og 728.

PAH i jord – en ganske naturlig ting?

Et projekt med opsamling af viden, udført for Miljøstyrelsen, viser, at jorden i byerne må forventes at indeholde PAH fra diffus forurening, men også at naturlige, biologiske kilder til PAH ikke har betydning for de PAH'er, som vi har jordkvalitetskriterier for. Et dansk monitoringsprogram foreslås gennemført for at kortlægge baggrundsniveauet for PAH i jord og for at afprøve specifik PAH-profilering som værktøj til kildeidentifikation

Af Christian Grøn, DHI – Institut for Vand og Miljø, Jacqueline Anne Falkenberg, NIRAS A/S og Irene Edelgaard, Miljøstyrelsen

En undersøgelse af jordforurening i en af de større danske byer viser tit forurening med PAH over jordkvalitetskriterierne, selvom der ikke er punktkilder til PAH-forurening at finde. Kortlægning til vidensniveau 2 efter jordforureningsloven og måske endda påbud om for eksempel udskiftning af jorden kan være konsekvensen. Gennemsnittet for summen af PAH i jord fra danske undersøgelser af grunde uden punktkilder i København har været 3-3,5 mg/kg TS (tørstof), sammenholdt med jordkvalitetskriteriet på 1,5 mg/kg TS. I Århus er der fundet en lige så høj gennemsnitskoncentration, mens gennemsnitskoncentrationen i provinsen generelt er fundet omkring 0,5 mg/kg TS. De fleste jordprøver i København og Århus har haft omkring eller over 1,5 mg PAH/kg TS, mens de fleste jordprøver fra provinsen generelt har haft PAH-indhold under detektionsgrænserne.

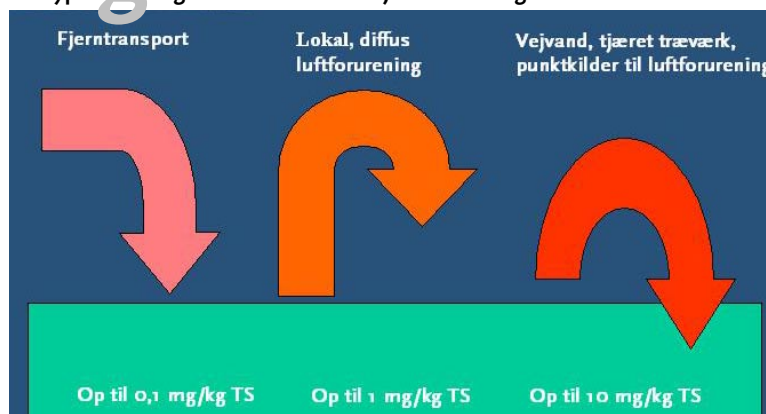
Ud fra de offentliggjorte undersøgelser af PAH i jord fra Danmark og

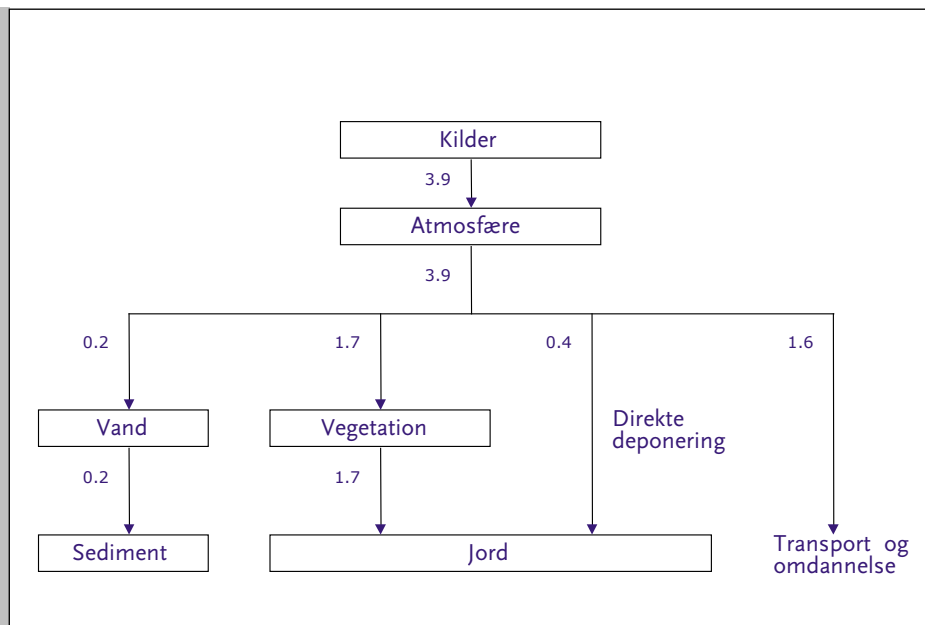
udlandet kan sammenhængen mellem koncentrationsniveau og typiske diffuse kilder beskrives, jf. figur 1. Hvis summen af PAH er over 10 mg/kg TS, er der sandsynligvis tale om en punktkilde til PAH-forurening, selv i en stærkt kulturpåvirket byjord.

En medvirkende årsag til de høje indhold af PAH i jorden efter mange

års diffus belastning er, at de tungere PAH-forbindelser nedbrydes langsomt (typiske halveringstider for nedbrydning af PAH med 5-6 ringe er 1-4 år), fordampes langsomt (på grund af højt kogepunkt), udvaskes langsomt (på grund af lav vandopløselighed) og bindes stærkt i jordens organiske stof. Beregninger har da også vist, at PAH-

Figur 1
Typiske bidrag fra diffuse kilder til jordforurening med PAH.





Figur 2

PAH-transport og fordeling opgjort med udgangspunkt i luftforurening i det nordøstlige USA, tal er i 1000 t/år.

deponeringshastigheden via luftforurening, jf. figur 2, siden den industrielle revolution, har været større end nedbrydningshastigheden.

Bag PAH i jord på højt niveau er hyppigst punktkildeforurening fra tjære og tjærede produkter, fra olie- og kulprodukter eller fra aske og slagger fra forbrændingsprocesser. Indholdet af forskellige PAH'er er stærkt varierende imellem forskellige PAH-holdige produkter og kilder. De fleste olieprodukter indeholder først og fremmest lette PAH'er som naphthalen og phenanthren (herunder de alkylerede forbindelser), mens for eksempel forbrænding af træ giver et større bidrag fra tunge PAH'er. Det kan derfor være nærliggende at antage, at kilden til en jordforurening kan findes ved at kigge på den generelle PAH-profil. Ved den generelle

PAH-profil forstås her sammensætningen eller indholdet af de PAH-forbindelser, som der almindeligt måles for. Desværre betyder processerne under transporten af PAH fra kilden til jorden samt processerne i jorden (udvaskning, fordampning og nedbrydning), at de generelle PAH-profiler bliver meget ens - uanset kilderne, jf. figur 3. Udjævningen af PAH-profiler over tid betyder også, at en frisk punktkildeforurening vil resultere i en atypisk PAH-profil.

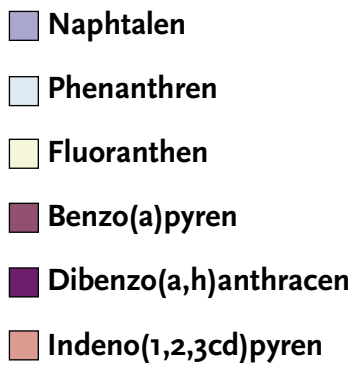
Selvom den generelle PAH-profil i jorden udjævnes, tyder litteraturens oplysninger på, at indhold af bestemte PAH'er, (f.eks. methylerede phenanthrener og dibenzothiophener, typisk for PAH fra olieprodukter) og forholdene imellem koncentrationerne af visse PAH'er (forholdet benzo(ghi)perylen og benzo(e)pyren, ►

◀ højt for trafikbelastning), kan benyttes til udpegning af kilder til PAH i jorden.

Et væsentligt punkt i projektet har været at undersøge, om der findes væsentlige naturlige kilder til PAH i jorden. Den vigtigste "naturlige" kilde, som er beskrevet i litteraturen, er skovbrande, hvor der dannes de samme PAH-forbindelser som ved andre forbrændingsprocesser. Den generelle PAH-profil ved skovbrande er kompliceret at benytte til kildeidentifikation, fordi tab og dannelse af PAH-forbindelser afhænger af

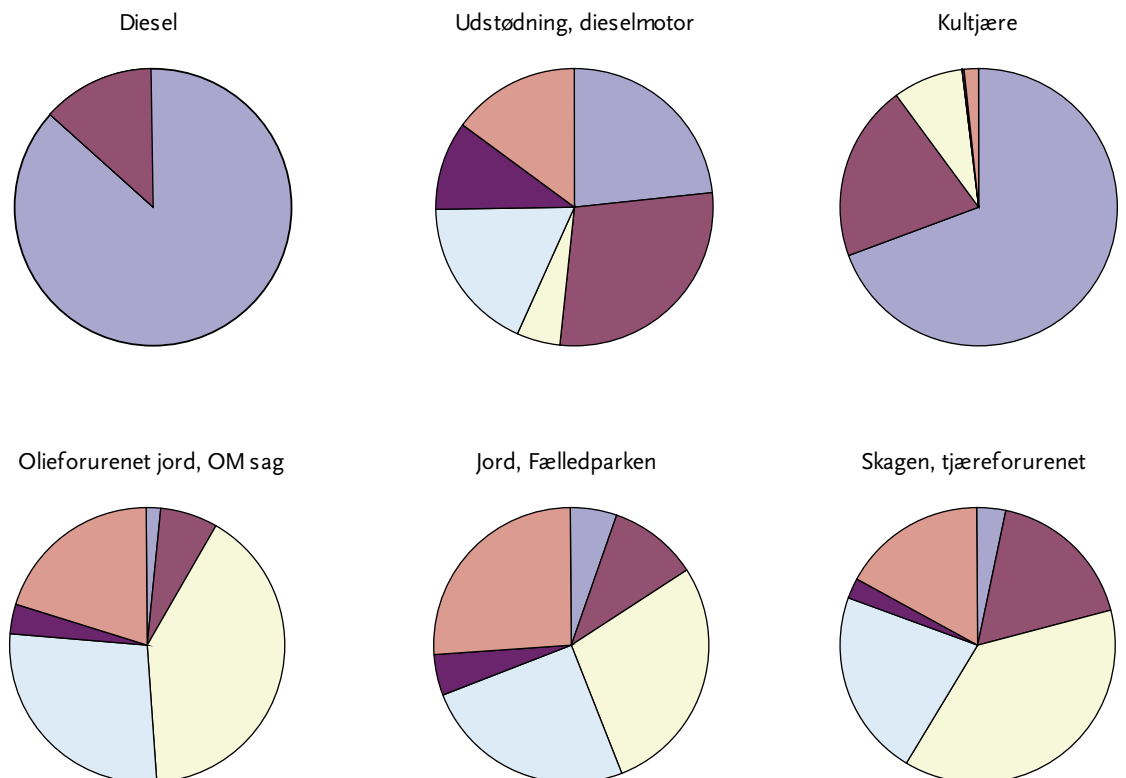
det brændende materiale, brandbetingelserne og igen af processerne efter branden. Det har dog vist sig, at PAH-forbindelsen reten dannes i høj koncentration ved forbrænding af nåletræ og kan udgøre op til 50-60 % PAH i forhold til ikke alkylerede PAH.

Biologisk, naturlig dannelse af PAH er rapporteret under eksotiske forhold, f.eks. dannelse af naphthalen og phenanthren i termitboer i Brasilien. Under danske forhold er det vist, at PAH-forbindelsen perylen kan dannes i anaerobe miljøer, hvor perylen i f.eks. søsedimenter kan være den



Figur 3

PAH-profiler for udvalgte kilder og for jord forurenet fra kilderne. (Figuren kan ses i farver på www.avjinfo.dk under bladet AVjinfo).



PAH

dominerende PAH. Der findes ikke danske jordkvalitetskriterier for retten og perylen.

Hvis der benyttes en analysemetode egnet til analyse af forurenede jord, ekstraktion og GC-MS, vil der ikke være risiko for, at perylen eller retten fejlagtigt rapporteres som én af de 7 MST-PAH'er. På samme måde er GC-MS velegnet til generelt at sikre, at påviste PAH'er faktisk er PAH'er ved den dobbelte sikkerhed, der ligger i GC-MS-metodens brug af både retentionstid og mindst 2 karakteristiske toppe i massespektret til identifikation. Derimod er GC-FID uegnet til analyse af PAH i jord på grund af risikoen for forveksling med andre stoffer.

For at fastlægge det danske baggrunds niveau af PAH i jord og for at videreudvikle PAH-profilering som kildeidentifikationsværktøj foreslås det i projektet at gennemføre en baggrundsundersøgelse for PAH i danske jorde. Forslaget til baggrundsundersøgelse omfatter 15 forskellige typeområder udvalgt efter geografisk placering, historie og arealanvendelse samt 31 forskellige PAH – forbindelser og grupper. Målet med baggrundsundersøgelsen er at nå frem til en simpel beslutningsmodel, hvor en jordprøve kan karakteriseres som diffust belastet eller punktkildebelas-

stet. Karakteriseringen foretages ud fra sammenligning med den "normale" diffuse belastning i måske 6-8 typeområder og ved måling af 4-6 PAH-parametre, som hver er tilordnet erfaringsbaserede klassifikationsintervaller. Et eksempel på et svar fra beslutningsmodellen kunne være:

Den undersøgte jord har et PAH-indhold svarende til det forventelige for diffust belastet jord fra Storkøbenhavn inden for den aktuelle afstand til motorvejssystemet.

Den samlede konklusion er:

- PAH findes udbredt i jord uden punktkilder, også over jordkvalitetskriterierne.
- Niveauet afhænger af diffuse kilder.
- Den generelle PAH-profil er forskellig ved forskellige kilder, men udjævnes i jorden.
- Der findes anvendelige, specielle indikatorer for PAH-kilder, også i jord.
- De almindelige PAH'er kan dannes "naturligt" ved skovbrand.
- Specielle PAH'er kan dannes naturligt ved biologiske processer.
- Naturligt dannede PAH'er er ikke af betydning i almindelige danske undersøgelser af forurenede jord.
- Vi kan med en baggrundsundersøgelse få det nødvendige redskab til beslutningen: diffus belastning eller forurening fra punktkilde.*

Læs mere i:

Kilder til jordforurening med tjære, herunder benzo(a)pyren i Danmark, Miljøprojekt 728, Miljøstyrelsen 2002. Jorden i byer indeholder altid PAH, artikel i Ny Viden nr. 1/2003, udkommer i januar 2003 - kan downloades fra www.mst.dk fra december 2002.

Pesticidforuren vand i de små vandforsyningsanlæg

Af Susanne Boiesen Petersen, Miljøkontrollen i Københavns Kommune

Nu ligger der en statusrapport klar for en undersøgelse, der er sat i gang for at kortlægge pesticidindholdet i drikkevand fra små vandforsyningsanlæg. Baggrunden for projektet er flere mindre undersøgelser, der har indikeret, at pesticider er et generelt problem i private indvindingsboringer og brønde, der indvinder vand fra de øvre grundvandslag. Kortlægningens formål er at få en større undersøgelse, der er repræsentativ for alle landets 90.000 små private indvindingsboringer og vandforsyningsbrønde. Projektet styres af GEUS og fire amter. Der tages prøver fra ca. 600 boringer fordelt i de fire amter. Projektet er sat i gang efter en bevilning på 10 mio. kr. på finansloven.

I denne artikel gives der en kort beskrivelse af de foreløbige resultater, men ellers er fokus rettet mod, hvad resultaterne betyder, og hvad der skal ske i fremtiden. Artiklen bygger på et interview med Walter Brusch fra GEUS. Statusrapporten kan læses i sin helhed på www.geus.dk.

Hvad omfatter projektet

Fire udvalgte amter har deltaget i projektet. De fire amter er udvalgt på baggrund af geologi og grundvandskemi og er følgende: Københavns Amt, Storstrøms Amt, Viborg Amt og Sønderjyllands Amt. Amterne har annonceret i lokalaviser for at finde ejere af boringer, som var interesserede i at deltage i projektet. Alle steder var der stor interesse for at være med.

Da de enkelte boringer var udvalgt, foretog amtsfolkene en interviewrunde, hvor forskellige forhold blev registreret. Det var f.eks., hvem der ejer boringen, placering af boring i forhold til bygninger, vedligeholdelsesstand, og hvad der har været brugt af pesticider på ejendommen. Alle data fra de ca. 600 udvalgte boringer samles af GEUS og lægges ind i en database.

Herefter gennemføres to analyserunder af vandprøver fra alle boringer. Vandprøverne analyseres for 30 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter og en række grundvandskemiske parametre og kimtal/bakterier. Analyseprogrammet er ikke fuldstændigt, men er sammensat ud fra de erfaringer, man har fra grundvandsovervågningen, fra vandværkernes råvandskontrol og fra det danske pesticidvarslingsystem.

Resultaterne fra første analyserunde foreligger nu fra tre amter og resultater fra begge analyserunder fra et amt. Anden analyserunde gennemføres i efteråret 2002, og resultaterne forventes at kunne præsenteres i en slutrapport i løbet af 2003.

Resultater

I 568 drikkevandsboringer er der fundet pesticider i 300 af dem, og grænseværdien for drikkevand er overskredet i 182 boringer, svarende til henholdsvis 52,8 % og 32 % af de undersøgte boringer, se tabel A.

På nuværende tidspunkt er det mest overraskende, at der er fundet så mange forskellige pesticider i de enkelte borer, og at de er påvist i så høje koncentrationer, som tilfældet er. Analyseprogrammet omfatter, som tidligere nævnt, ikke alle tænkelige pesticider og nedbrydningsprodukter, og det vurderes som sandsynligt, at der kan påvises flere stoffer, hvis analyseprogrammet udvides. Omvendt vurderes det som sandsynligt, at de borer, hvor der ikke er påvist pesticider med det nuværende analyseprogram, rent faktisk er rene, fordi det valgte analyseprogram omfatter de pesticider og nedbrydningsprodukter, som forekommer hyppigst.

De nuværende resultater viser, at nogle af de "gamle" pesticider (phenoxy-syrer), som enten er forbudt, eller som i dag har en reguleret anvendelse, kun påvises i ringe omfang i de analyserede vandprøver. Det skyldes formentlig til dels, at der sker en nedbrydning i det iltholdige øvre grundvand, som netop dominerer de undersøgte borer, og til dels at pesticiderne kan være udvasket til de nedre grundvandsmagasiner, hvor de så kan påvises i det nationale grundvandsovervågningsprogram.

Detaljerede opgørelser over de foreliggende resultater fra de fire amter findes på GEUS' hjemmeside www.geus.dk.

Når data fra de to analyserunder foreligger, vil der ske en bearbejdning af analysedata sammenholdt med de oplysninger, der er kommet frem under interviewrunden og de generelle oplysninger, der findes om geologi og grundvandskemiske forhold i øvrigt. Når slutrapporten foreligger, er vi forhåbentlig blevet meget klogere på spørgsmål som, hvad er kilden til alle de forureninger vi ser? Hvor stor betydning har de geologiske forhold, der er i området? Hvordan kan vi sammensætte et fornuftigt analyseprogram? Hvordan

fordeler de forskellige anlægstyper sig med hensyn til fund og "ikke fund" af pesticider, og hvordan kan man anvende denne viden i forhold til landets 90.000 private indvindingsboringer og vandforsyningsbrønde?

Opfølgning på resultater

Amterne har løbende orienteret ejerne om analyseresultaterne. Når begge analyser har vist, at pesticidindholdet er over grænseværdien på 0,1 µg/l, inddrages også kommunen og embedslægen. Det er embedslægen, der vurderer, om der er grundlag for at lukke den pågældende boring.

I ca. 10 % af de undersøgte borer blev der fundet pesticidkoncentrationer, som overskred grænseværdien 10 gange. Når der findes pesticider i drikkevand, som overskrider grænseværdien 10 gange lukker embedslægen normalt borerne. Findes der pesticider i koncentrationer op til 10 gange grænseværdien, gives der normalt en dispensation i en given periode til at forbedre vandkvaliteten. At der er tale om grundvand, som er påvirket af menneskelig aktivitet, fremgår også af, at der i Sønderjyllands Amt er fundet coliforme bakterier i ca. 20 % af de undersøgte vandforsyningsanlæg.

Fremtidige tiltag

På baggrund af de resultater, der findes på nuværende tidspunkt, har miljøministeren nedsat en arbejdsgruppe, der skal se på, hvordan problemerne med pesticider i de mange private borer og brønde håndteres i praksis. Arbejdsgruppen vil blive delt op i en administrativ gruppe og en teknisk gruppe, hvor Miljøstyrelsen koordinerer arbejdet.*

Statusresultater fra de fire amter

Pesticidundersøgelse af private drikkevandsboringer	Boringer analyseret	Boringer med fund	Boringer $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	% fund	% $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$	Bemærkninger
Københavns Amt	30	14	9	46,7	30	1)
Sønderjyllands Amt	196	103	65	52,6	33,2	2)
Storstrøms Amt	198	112	68	56,6	34,3	1)
Viborg Amt	144	71	40	49,3	27,8	3)
I alt	568	300	182	52,8	32	

1) 1. analyserunde er gennemført

2) 1. og 2. analyserunde er gennemført

3) 1. analyserunde delvist gennemført. Der er udtaget vandprøver fra 199 borer, men der foreligger p.t. kun analyseresultater fra 144.

T
a
b
e
l
l
A

Miljøøkonomi og forvaltning

Kilde: DMUNyt

På DMU's afdeling for Systemanalyse forskes der intensivt i miljøøkonomi og forvaltning. Forskningsprofessor Mikael Skou Andersen lægger vægt på, at gruppens opgave er at skabe en sammenhæng mellem den klassiske naturvidenskabelige miljøforskning og de samfundsvidenskabelige fags muligheder for at skabe et overblik, så man kan fortælle politikerne, hvad de forskellige løsninger vil have af omkostninger og fordele (benefits).

Katalog over miljøomkostninger

Mikael Skou Andersen leder et projekt i Miljøministeriet, som populært sagt skal opbygge et "priskatalog" over miljøomkostninger. Et første bud skal være klar i oktober 2003 sammen med en liste over, hvor der mangler viden. Mikael Skou Andersen har mødt mange forskellige prissætninger både i Miljøministeriet og i andre ministerier og råd.

- Selv inden for samme styrelse kan man møde priser, der ikke indbyrdes er konsistente. Vores mission er at få ryddet op i alle de skæve tal og tilføje nye tal på områder, der er vigtige, men hvor der ikke hidtil er sket en prissætning, siger han.

- I dag er vi bedst til at prissætte skader på sundheden, men epidemiologien udvikler sig hele tiden, så der skal løbende opdateres. På natur- og miljøområdet er det mere nyt at prissætte, men der sker en masse, både internationalt og herhjemme, siger han.

Aktuelle projekter: Diskontering og bæredygtighed - Prissætning af pesticider og biodiversitet - Prissætning af grundvand - Prissætning af transportens eksternaliteter - Prissætning af affaldseksternaliteter - Benefits ved genanvendelse - Beregningspriser (Rammeprojekt) - Skyggepriser for CO₂ - Partikler og samfundsøkonomi - Spildevandsafgiften - Ecotax reform indikator - Velfungerende grønne markeder - Benefit transfer (ph.d.-projekt) - Rationalitetsbegrebet (ph.d.-projekt).

Yderligere information se www.dmu.dk - under afdeling for Systemanalyse.

Ny og revideret udgave af Amternes Projektlederhåndbog 2002

Amternes Videncenter for Jordforurening har i Amternes Projektlederhåndbog samlet en lang række af de erfaringer, der er med udbud og kontrahering af rådgivere og entreprenører. Håndbogen er et led i Videncentrets handlingsplan om at indsamle og formidle de erfaringer, der gennem en årrække er opbygget i amter og kommuner. Håndbogen er tænkt som et tilbud til de projektledere, der skal arbejde med afværgeprojekter.

Håndbogen foreligger nu i en ny og revideret 3. udgave (oktober 2002).

Den reviderede udgave af Projektlederhåndbogen er suppleret med flere nye afsnit, bl.a. forhold vedrørende Tilbudsloven og EU-udbud.

Håndbogen kan ses på www.avjinfo.dk under rapporter/administration.

Pjece om vandforsyning fra Århus Amt



I Danmark er 99 % af vandforsyningen baseret på grundvand. Vandet leveres af mere end 2.700 vandværker, som ejes af kommuner eller private. Den decentrale vandforsyning er mulig, fordi grundvandet stadig er rent i store dele af landet. Det er et stort arbejde at opretholde en velfungerende vandforsyning og sikre, at grundvandet beskyttes og udnyttes bedst muligt. Disse opgaver er fordelt mellem stat, amter og kommuner.

Århus Amt arbejder sammen med Århus Kommunale Værker for at sikre den bedst mulige vandforsyning nu og i fremtiden, og de har sammen udgivet pjecen "Vandforsyning", som fortæller om vandets vej fra naturen til vandhanen, og de opgaver, der løses undervejs.

Pjecen kan ses på Århus Amts hjemmeside: www.aaa.dk under Natur og Miljø/publikationer, herefter emneoversigt/Grundvand og pesticider. Det kan anbefales at besøge hjemmesiden, der omfatter flere rapporter om vandet i Århus Amt.

Googles videnskabelige kusine

Søgemaskinen Google har fået en amerikansk kusine, der er lidt mere nørdet - www.scirus.com er en ny søgemaskine (den mest omfangsrige indtil nu, siger de selv), der stort set virker ligesom Google, men koncentrerer sig om søgninger i videnskabelige tidsskrifter, institutioner og hjemmesider. På Scirus.com kan man også let tilmelde sin egen hjemmeside. Scirus.com er etableret af Elsevier Science og er helt gratis.

En søgning på ordene: PAH+risk+soil gav 540 henvisninger til videnskabelige artikler og 4181 henvisninger til web-sider. Mange af artiklerne kan hentes i fuld tekst, andre kun som abstrakt. En stikprøve viste, at det store udvalg af web-henvisninger er overraskende relevante. Mulighederne for at afgrænse søgeprofilen, under avanceret søgning, er noget af det bedste, der er set.



In situ afværgeteknologier til pesticidforurennet grundvand

Af Nina Tuxen, Miljø & Ressourcer DTU, Danmarks Tekniske Universitet

Baggrund

De mange fund af pesticider i grundvandet udgør en af de største trusler mod vores drikkevandsforsyning. På den baggrund gøres der mange tiltag for at mindske pesticidforureningen, bl.a. ved reduktion i brugen af pesticider, udvikling af mere hensigtsmæssige måder at håndtere pesticider på og introduktionen af minimidler på markedet. Sådanne tiltag vil ganske givet også have en gavnlig indflydelse på grundvandets kvalitet en gang i fremtiden – problemet er bare, at der sagtens kan gå mange år, før vi mærker nogen effekt, da det grundvand vi indvinder typisk er 30-40 år gammelt. Så der er behov for at gøre noget ved den eksisterende forurening, hvis det er muligt.

De seneste års forskning har vist, at en væsentlig del af pesticidfundene i grundvandet kan stamme fra punktkilder, såsom gamle lossepladser, maskinstationer, gartnerier og spild. Karakteristisk for punktkilder i modsætning til diffus forurening er, at relativt høje koncentrationer findes i en begrænset mængde vand. Disse karakteristika gør det relevant at vurdere egentlige afværgetiltag i forhold til pesticidforurennet grundvand fra punktkilder. I denne artikel vil fokus være på in situ afværgeteknologier.

Hvilke pesticider?

Når man skal vurdere forskellige afværgeteknologiers anvendelighed, er det essentielt at kende til forureningsstoffets fysiske-kemiske egenskaber, da

de afgør, om stoffet vil fordampe, sorbere eller nedbrydes. Termen ”pesticider” dækker over en meget heterogen gruppe stoffer med vidt forskellige fysiske-kemiske egenskaber, hvilket gør det svært at sige noget generelt om alle pesticider. Da der endvidere er blevet anvendt mere end 500 forskellige pesticider i Danmark siden 50'erne, har jeg i denne artikel valgt at fokusere på 8 af de mest anvendte og hyppigst fundne pesticider, jf. tabel 1. Alle pesticiderne er karakteriseret ved at være meget lidt flygtige, og de er desuden ofte meget mobile (alle de højeste retardationskoefficienter er fundet i akviferer med specielle forhold, såsom lav pH eller højt organisk indhold). Nogle af pesticiderne kan nedbrydes i grundvandet, især er nedbrydning af phenoxysyrer under aerobe forhold ofte påvist, men for alle de valgte pesticider gælder det, at de i nogle af de refererede undersøgelser **ikke** bliver nedbrudt.

Mulige afværgeteknologier

Kun meget lidt forskning har hidtil fokuseret på in situ afværgeteknologier for pesticider i grundvand, da emnet er relativt nyt på dagsordenen. I modsætning hertil er der blevet udviklet flere teknologier til ex situ behandling af pesticider med størst fokus på spildevand fra fabrikker, der producerer pesticider. Baseret på disse teknologier og på viden om de processer, der bestemmer skæbnen af pesticider i grundvandet, har jeg vurderet en række in situ afværgetek-

nologiers potentiale for de 8 udvalgte pesticider.

Teknologier baseret på faseoverførsel

Afværgepumpninger vil i mange tilfælde være en attraktiv løsning, da pesticiderne under de fleste forhold vil være meget mobile. Imidlertid afhænger succesen af denne løsning meget af den pågældende akvifers karakteristika og bør kun overvejes i homogene akviferer. Endvidere kræves en behandling af det oppumpede vand.

Aktivt kul installeret i en reaktiv væg (evt. i et funnel-and-gate system) er også en mulighed på trods af pesticidernes høje mobilitet. Dette skyldes kullets meget høje sorptionskapacitet. Længerevarende in situ applikationer af sådanne vægge er dog nødvendige for at danne grundlag for at vurdere væggenes levetid.

Termiske teknologier og airsparing er ikke anvendelige over for de udvalgte pesticider, da de har høj vandopløselighed og lave damptryk.

Kemiske teknologier

Kemisk oxidation har i laboratoriestudier vist sig at have et potentiale for at omdanne pesticider meget hurtigt. Desværre observeres der i langt de fleste tilfælde en ophobning af nedbrydningsprodukter, som vil kræve yderligere behandling. Anvendelse af in situ kemisk oxidation er endnu også en ingeniørmæssig udfordring, specielt i heterogene akviferer.



Pesticid	Sorption		Nedbrydning	
	K_d (L/kg)	R	Aerob	Anaerob
Phenoxysyrer MCPP Dichlorprop 2,4-D	0-0.26	1-2.5	+ ÷	+ ÷
DNOC	0.1-0.98	1.5-6	+ ÷	+
Isoproturon	0.03-0.85	1.2-6	+÷	÷
Atrazin	0-1.8	1-10	+÷	÷
BAM	0-0.1	1-1.6	÷	÷
Bentazon	0-0.05	1-1.3	÷	÷

Sorption og nedbrydning af de 8 udvalgte pesticider.
 K_d er fordelingskoefficienten mellem jord og vand,
 og R er retardationskoefficienten.

Tabel 1

Kemisk reduktion, f.eks. i form af nul-valent jern installeret i reaktive vægge (evt. i et funnel-and-gate system), har også vist sig at omdanne pesticiderne hurtigt. Dog observeres der også her en ophobning af nedbrydningsprodukter, der kræver yderligere behandling.

Biologiske teknologier

Naturlig nedbrydning (NA) har flere gange været brugt som afværgeteknologi for phenoxysyrer i aerobe akviferer, men er ikke anvendelig for disse stoffer i anaerobe akviferer. Meget tyder på, at NA også kan bruges for pesticiderne DNOC og isoproturon i nogle tilfælde.

Biostimulering (f.eks. tilsætning af ilt eller næringsstoffer) har under laboratorieforhold vist sig at være et godt alternativ for phenoxysyrer og atrazin og muligvis også DNOC og isoproturon. Teknologien er dog endnu ikke blevet anvendt i praksis.

Tilsætning af specifikke nedbrydere (bioaugmentation) for at fremme nedbrydningen af pesticiderne har vist sig succesfuld i laboratorieforsøg med atrazin. Der er også isoleret specifikke nedbrydere for flere af de andre pesticider, men endnu mangler teknologien at blive anvendt. Det er dog en teknologi, hvor der sker en stor udvikling for tiden, f.eks. i forbindelse med chlorerede stoffer.

Phytoremediering kan potentielt anvendes pga. den høje mobilitet af pesticiderne i akviferer og planter - begrænser sig dog til overfladenære akviferer, hvor koncentrationerne ikke er så høje, at der ses toksiske effekter over for de involverede planter.

Konklusion

Litteraturgennemgangen tyder på, at der findes mange forskellige in situ teknologier, der kan anvendes til at afværge grundvand forurenet med pesticider fra punktkilder - især ser mange af de biologiske teknologier lovende ud. Imidlertid er meget af den eksisterende viden hidtil baseret på laboratorieforsøg eller anvendelser i et andet miljø end akviferer, hvorfor der er et behov for at afprøve teknologierne i praksis, før en endelig vurdering kan laves. Et andet meget væsentligt problem er, at der potentielt eksisterer et meget stort antal pesticidpunktkilder. Det er derfor nødvendigt at øge den aktuelle viden vedrørende risikovurderinger af de forskellige typer af punktkilder for at fokusere den fremtidige afværgeindsats.

Mere information

Ovenstående artikel er baseret på ph.d.-afhandlingen "In situ bioremediation of groundwater contaminated by herbicides from point sources" af

Nina Tuxen (juni 2002), hvor referencerne på de mere end 200 artikler, der indgår i arbejdet, også kan ses. Afhandlingen kan rekvireres hos forfatteren eller downloades fra hjemmesiden: www.er.dtu.dk.*

Artikel-overvågning

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 hurtigt indgang til ny inspiration m.m. For overskuelighedens skyld er artiklerne ordnet i emner

Affreelance konsulent Trine Korsgaard

1 Jura og politik

Forureneren-betaler-princippet

Med udgangspunkt i Det Danske Stålvalseværk A/S' konkurs er der rejst flere spørgsmål i Folketinget om "forureneren-betaler-princippet". Af ministerens svar fremgår det, at "forureneren-betaler-princippet" gælder, og at de krav, som kan rettes mod Det Danske Stålvalseværk A/S, kan anmeldes i konkursboet. I forbindelse med en klagesag har Miljøstyrelsen indskærpet, at konkursboet har pligt til at indsende en overgangsplan, der redegør for, hvordan boet vil sikre en miljømæssig forsvarlig nedlukning af affaldsdepoterne. Af svarene til Folketinget fremgår det desuden, at EU-kommissionens arbejdet med et miljøansvarsdirektiv endnu ikke er færdigt. Det er derfor for tidligt at sige noget om direktivets gennemførelse i Danmark. Med hensyn til Danmarks holdning til direktivet så svarer miljøministeren, at hovedformålet med direktivet bør være at sikre, at forebyggelse og genopretning sker efter "forureneren-betaler-princippet". Desuden nævner ministeren, at direktivet ikke bør have tilbagevirkende kraft.

Spørgsmål nr. S 271, S 272 og S273, alle stillet af Line Barfod (EL), til miljøministeren. Spørgsmål og svar kan ses på www.folketinget.dk.

Vandforsyning på sidelinien i arbejdet med ny vandmiljøplan

I begyndelse af 2004 skal Folketinget forhandle om Vandmiljøplan III. Inden da skal tre arbejdsgrupper, på baggrund af en evaluering af Vandmiljø II, komme med et oplæg til den nye plan. Arbejdsgrupperne, som kan nedsætte tekniske undergrupper efter behov, vil blive sammensat af repræsentanter fra landbrugserhvervene, de grønne organisationer samt Amtsrådsforeningen og KL. Arbejdsgrupperne skal være færdige med deres arbejde i september 2003. Forberedelserne til Vandmiljøplan III kan følges på www.fvm.dk.

Claus Djørup, Dansk Vand, årgang 70, nr. 9, side 468-469. ISSN 1602-3609.

2 Kortlægning og undersøgelser

Kilder til BAM-forurening – undersøgelseserfaringer, delrapport 2

Rapporten indeholder en opgørelse over mulige kilder til BAM-forurening samt resultaterne af undersøgelser af kildestyrken for en række typer af forureningskilder. Endvidere beskriver rapporten undersøgelser af 4 vandværker, hvor kilderne til forureningen er forsøgt påvist.

Liselotte Ludvigsen, Arbejdsrapport nr. 34, 2002 fra Miljøstyrelsen. ISBN 87-7972-329-2. Publikationen kan hentes på www.mst.dk.

Pesticider og vandværker. Udredningsprojekt om BAM-forurening - hovedrapport

Rapporten sammenfatter resultaterne af en række undersøgelser vedrørende BAM, herunder kilderne til forurening, kvaliteten af vandværkerne borer og deres betydning for spredningen af BAM, BAM's skæbne i jord og grundvand, varigheden og udbredelsen af forureningen, og hvad der kan gøres for at mindske konsekvenserne for vandværkerne.

Lars Elkjær, Liselotte Ludvigsen, Marianne Marcher Juhl, et al. Miljøprojekt nr. 732 fra Miljøstyrelsen. ISBN 87-7972-324-1. Publikationen kan hentes på www.mst.dk.

3 Stoftransport og omsætning

Persistent Organic Pollutants in Soil, Slugde and Sediment

Denne DMU-rapport omhandler forekomst, transport og skæbne af persistente miljøfremmede stoffer i det lokale miljø ved Roskilde. Undersøgelsen omfatter analyser af slam, jord og fjordsediment. Analyseprogrammet omfattede PAH, nitro-PAH, PCB, PCN og PBDE. En af undersøgelsens konklusioner er, at stoffernes indbyrdes forekomst i forskellige miljømatricer er beslægtede.

Jørgen Vikelsøe, Marianne Thomsen, Lars Carlsen et al. "Persistent Organic Pollutants in Soil, Slugde and Sediment. A Multianalytical Field Study of Selected Organic Chlorinated and Brominated Compounds". DMU-rapport nr. 402, august 2002. Publikationen kan hentes på www.dmu.dk.

Nedbrydning og sorption af dichlobenil og BAM – litteraturopsamling samt laboratorieforsøg

Rapporten indeholder en opgørelse over mulige kilder til BAM-forurening samt resultaterne af undersøgelser af kildestyrken for en række typer af forureningskilder. Endvidere beskriver rapporten undersøgelser af 4 vandværker, hvor kilderne til forureningen er søgt påvist.

Liselotte Clausen, Niels P. Arildskou og Flemming Larsen. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 35, 2002. ISBN 87-7972-331-4. Publikationen kan hentes på www.mst.dk.

Forureningstransport via utætte borer – litteraturopsamling samt undersøgelseserfaringer

Ud fra den eksisterende viden beskrives og vurderes de mulige risici for forurening af vandforsyningsboringer, som skyldes deres konstruktion. Lækagerisici og deres relation til forskellige boringstyper

gennemgås. På baggrund af en data-søgning i GEUS' boringsdatabase gives en række konklusioner vedrørende mulige årsagssammenhænge til BAM-forurening. Det nævnes bl.a., at der i korte borer op til 30 meter ses en sammenhæng mellem borigsalder og BAM-fund.

John Bastrup og Hans Vesterby, GEO. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 33, 2002. Publikationen kan hentes på www.mst.dk.

4 Risikovurdering

Vurdering af koncentrationen og varighed af BAM-forurening i grundvand

Rapporten indeholder en vurdering af BAM-forureningens forventede omfang og varighed i grundvand og vandværkernes indvindingsboringer. Vurderingerne er baseret på beregninger for modelområder, der svarer til de geologiske hovedtyper af grundvandsmagasiner i Danmark.

Peter R. Jørgensen og Jens P. Kistrup. Arbejdsprojekt nr. 36, 2002 fra Miljøstyrelsen. ISBN 87-7972-333-0. Publikationen kan hentes på www.mst.dk.

Kilder til jordforurening med tjære, herunder benzo(a)pyren i Danmark

Projektet er en sammenstilling af dansk og international viden om PAH i jord. Projektet viser, at PAH i jord skyldes direkte forurening af jorden med tjære, koks, olie eller bygningsrester og/eller forurening via luften fra afbrænding af træ, olie, koks og andet organisk materiale. For de PAH'er, der er omfattet af grænseværdier for indhold af PAH i jord, er der ikke fundet rapporter om naturlig, biologisk dannelse under danske forhold.

Jacqueline Anne Falkenberg, Henning Hjuler, Christian Grøn et al. Miljøprojekt nr. 728 fra Miljøstyrelsen. ISBN 87-7972-303-9. Publikationen kan hentes på www.mst.dk.

Hormonforstyrrende stoffer

I august 2002 offentliggjorde WHO, UNEP og ILO en rapport, der minutøst gennemgår alt, hvad der findes om kilder, effekter, eksponering og sammenhænge mellem udsættelse for hormonforstyrrende stoffer og effekter på mennesker og miljø. I rapporten konkluderes det bl.a., at selv om der er grund til bekymring, ►

5 Afværgeteknik og monitorering

◀ er dokumentationen for, at menneskers sundhed er blevet påvirket ved udsættelse for hormonforstyrrende stoffer svag. I EU er der vedtaget en strategi, der bl.a. peger på behovet for yderligere forskning og internationalt samarbejde. Desuden er det vedtaget, at hormonforstyrrende stoffer skal indregnes i gruppen af stærkt problematiske stoffer i EU's nye kemikaliepolitik.

Lisbeth Seedorff. Dansk Kemi, årgang 83, nr. 11, november 2002, side 4. ISSN 0011-6335. Den omtalte rapport har titlen "Global Assessment of the State-of- Science of Endocrine Disrupters".

Afværge af grundvandsforurening ved kombination af Flushing og MPP-vandrensning

Kombination af Flushing og MPPE er en aggressiv teknologi til grundvandsrensning, der kan medføre en væsentlig massereduktion inden for meget kort tid. Metoden har sin force ved forureningskilden, hvor der er tale om fri fase forurening. Rapporten beskriver principperne bag metoderne og gennemgår kort to udenlandske sager, hvor metoderne er benyttet.

Loren Ramsay og Jens Brandt Jørgensen. Miljøprojekt nr. 725 fra Miljøstyrelsen. ISBN 87-7972-282-2-o. Publikationen kan hentes på www.mst.dk.

Biologiske afværgeteknikker i jord og grundvand

På dette ATV-møde blev der præsenteret forsøg og erfaringer med anvendelse af biologiske afværgeteknikker over for forurening med olie, chlorerede opløsningsmidler, tjære, cyanid og MTBE. Kompendiet fra mødet indeholder både danske og udenlandske erfaringer. Indlæggene viste både gode og mindre gode resultater med anvendelse af biologiske afværgeteknikker. F.eks. er der i 2 ud af 6 grundvandssedimenter observeret ren MTBE-nedbrydning. I opsamlingen fra Miljøstyrelsens Teknologiprogram konkluderes det, at det som hovedregel har vist sig at være uhensigtsmæssigt at benytte metoderne i forhold til traditionelle teknikker.

"Biologiske afværgeteknikker i jord og grundvand", ATV-møde afholdt den 6. november 2002. ISBN 87-90070-84-4.

6 Hardware og metodebeskrivelser

Sampling III - laboratoriesampling for kemisk analyse

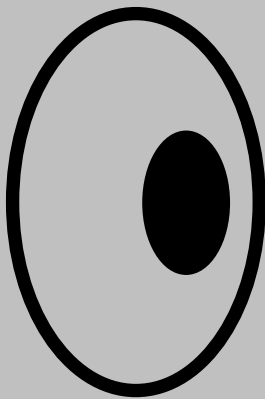
Denne tredje artikel i serien om prøvetagning handler om laboratoriesampling. Det vil sige trinnet fra, at laboratoriet modtager en jordprøve på 1-2 kg og derefter kun tager f.eks. 7,5 g ud til analyse. Artiklen er ikke nem at læse, men til gengæld er den meget tankevækkende. Forfatterne mener, at man kan eliminere/reducere samplingsfejl (10-100 gange større end de kemiske analysefejl) ved én gang at gennemføre den beskrevne procedure. Samtidig anfører forfatterne, at omkostningerne hertil højst vil svare til en brøkdal af en uges analysearbejde. En procedure som vel at mærke formentlig ikke anvendes på vores laboratorier i dag.

Kim H. Esbensen, Hans Henrik Friis Pedersen, Lars P. Houmøller et al. Dansk Kemi, årgang 83, nr. 11, november 2002, side 51-54. ISSN 0011-6335.

Videoinspektion af borer – en fotografisk rundtur i jordens indre

I denne artikel er samlet erfaringer med anvendelse af videoinspektion af over 300 borer. Videoinspektion er sammen med andre metoder som borehullogging, vandprøver og pumpetest egnet til at opklare uregelmæssigheder i drikkevandsboringer, såsom utætheder i forerør og blokeringer m.m.

Henrik Andersen og Ole Silkjær, Dansk Geofysik A/S. Geologisk Nyt, nr. 5, oktober 2002, side 10-11. ISSN 0906-6861.



Ajour med referater m.m.

Nu overvåger vi også, hvornår der kommer nye referater, statusnotater, årsberetninger m.m..

Depotrådet, referat	Møde den 11. april 2002
Depotrådet, redegørelse	Depotredogørelse for 2000, udgivet i 2002
Fagdatacenter for Jordforurening, referat	Møde den 15. januar 2002
Miljøpuljerådet, referat	Møde den 30. oktober 2001
OM, årsberetning 2001	Udgivet maj 2002
Teknologiprogrammet, statusnotat	Marts 2001
Teknologiprogrammet, program 2002	Udgivet maj 2002

Der er ingen nye referater siden sidste nummer af AVJinfo. Materialet kan hentes fra www.mst.dk.



7 Udbud

EF-domstol: I orden at bruge miljøkriteriet i EU-udbud

Miljøhensynet må gerne tages i betragtning, når offentlige myndigheder skal vælge mellem de forskellige udbud ved et EU-udbud. Det slog EF-domstolen fast den 17. september 2002 med en vigtig dom i en sag om udbud af busdrift i Helsingfors. På baggrund heraf har Konkurrencestyrelsen og Miljøstyrelsen udarbejdet en vejledning om miljøhensyn og EU-udbud. Vejledningen og en række eksempler kan findes på www.ski.dk.

MiljøDanmark, årgang 16. nr. 9, november 2002, side 19. ISSN 0903-5907.

8 Andre udgivelser

Indvielse af det nye Geocenter – en ren eksplosion

I september 2002 blev det nye Geocenter indviet. Dermed er fire forskningsinstitutioner kommet under samme tag: GEUS, Dansk Lithosfærecenter, Geologisk Institut og Geografisk Institut. Formålet med Geocentret er geo-videnskabelig forskning, undervisning, rådgivning og formidling på højt internationalt niveau. Blandt centrets visioner er at blive et af de 5-10 førende forsknings- og uddannelsescentre i geologi/geografi i Europa. En anden vision er, at centret skal være ramme om nye faglige samarbejdsflader på tværs af traditionelle faggrænser. Ved åbningen blev en stor papmache-vulkan bragt i udbrud. Dette for at vise, at Geocentret vil tage forpligtelsen om formidling af populærvidenskab alvorligt.

Steen Laursen og Ulla F. Hjuler. Geologisk Nyt nr. 5, oktober 2002, side 10-11. ISSN 0906-6861.

Det nye Geocenter har sin egen hjemmeside se www.geocenter.dk.

Kalkmagasiner som drikkevandsresource – problemer og løsningsforslag

På dette ATV-møde blev der præsenteret fire indlæg, der særligt har relation til grundvandsforurening. Tre indlæg omhandlede stoftransport i kalkmagasiner. Det fjerde indlæg omhandlede optimering af afværge-løsninger for chlorerede opløsningsmidler i opsprækket kalk ved feltundersøgelser og modellering.

"Kalkmagasiner som drikkevandsresource – problemer og løsningsforslag" ATV-møde den 24. oktober 2002. ISBN 87-90070-82-8.

kursus-kalender

Dato	Titel mv.	Arrangør	Hvor	Supplerende oplysninger
18.-20.11 2002	Kursus i grundvandskemi for grundvandskortlæggere	Kemi-erfagrupper	Svendborg Vandrehjem, Vestergade 45, 5700 Svendborg	Kemi-erfagrupperne under amternes erfagruppe for grundvandsbeskyttelse har arrangeret kurset i samarbejde med M&R - DTU. Kurset er kun for medarbejdere i amter og kommuner. Yderligere oplysninger på tlf.: 45 25 21 69 eller e-mail: iggfl@pop.dtu.dk
21.11 2002	Undersøgelingsstrategier	ATV Jord og Grundvand	Schæffergården, Jægersborg Allé 166, Gentofte	www.atv-jord-grundvand.dk
25.11 2002	Er miljökemiske analyser dyre og gode nok?	IDAmiljø	Ingeniørhuset, Kalvebod Brygge 31-33, København, kl. 15.00-21.00	www.ida.dk eller tlf. 33 18 48 18
29.01 2003	Kilder til pesticidforurening af grundvandet	ATV Jord og Grundvand	Schæffergården, Jægersborg Allé 166, Gentofte	www.atv-jord-grundvand.dk
21.-24.01 2003	Onsite 2003 - eleventh international conference - On-Site Analysis...the lab comes to the field	IFPAC	Scottsdale, Arizona, USA	www.ifpac.com/onsite
4.-5.03 2003	ATV Vintermøde	ATV Jord og Grundvand	Vingstedcentret, Bredsten, Vejle	www.atv-jord-grundvand.dk
30.04 2003	MTBE - et stof, som truer drikkevandet	ATV Jord og Grundvand	Schæffergården, Jægersborg Allé 166, Gentofte	www.atv-jord-grundvand.dk
12.-16.05 2003	ConSoil 2003	FZK/TNO	ICC Gent, Belgien	www.consoil.de - Tlf.:+49 7247 82-3967 - E-mail: consoil@fzk.de
21.05 2003	Fremtidens vandforsyning	ATV Jord og Grundvand	Radisson SAS, H.C. Andersens Hotel, Claus Bergs Gade 7, Odense	www.atv-jord-grundvand.dk
11.06 2003	Jordforureningsloven - år 4	ATV Jord og Grundvand	Schæffergården, Jægersborg Allé 166, Gentofte	www.atv-jord-grundvand.dk

Vi medtager alle kurser og arrangementer med relevans for området jord- og grundvandsforurening.

Vi modtager gerne diverse kursusoversigter og arrangementsbeskrivelser til kalenderen. Send dem til avjinfo@arf.dk