

# Udvikling og afprøvning af nye metoder til bestemmelse af pesticiders forekomst og nedbrydning i grundvand

GEUS Projektkontrakt 1996 - 2000  
Afsluttende rapport

Jens Aamand

# **Udvikling og afprøvning af nye metoder til bestemmelse af pesticiders forekomst og nedbrydning i grundvand**

GEUS Projektkontrakt 1996 - 2000  
Afsluttende rapport

Jens Aamand

**”UDVIKLING OG AFPRØVNING AF NYE METODER TIL BESTEMMELSE AF  
PESTICIDERS FOREKOMST OG NEDBRYDNING I GRUNDTVAND”**

GEUS Projektkontrakt 1996-2000  
Afluttende rapport

Jens Aamand

## Indholdsfortegnelse

<b>PROJEKTKONTRAKT</b>	<b>3</b>
Baggrund .....	3
Formål .....	3
Projektets organisering og forløb.....	3
Opnåede resultater .....	4
State of the art.....	4
Nye analysemetoder.....	4
Udvikling af nye ikke-kommercielle immunkemiske metoder.....	5
Forekomst og nedbrydning i forskellige grundvandsmiljøer.....	5
Videreførelse af aktiviteterne.....	6
<b>PUBLIKATIONER</b>	<b>8</b>
Internationalt bedømte publikationer.....	8
Foredrag/posters på internationale konferencer .....	9
Danske publikationer .....	11
Rapporter .....	11
Phd-afhandlinger.....	12
Specialer .....	12
Publikationer under udarbejdelse.....	12
Extended stays abroad.....	13

# PROJEKTKONTRAKT

## Baggrund

I 1996 indgik GEUS en kontrakt med Miljø- og Energiministeriets departement vedr. et firårigt projekt med titlen ”Udvikling og afprøvning af nye metoder til bestemmelse af pesticiders forekomst og nedbrydning i grundvand”. Samtidig med projektkontrakten har GEUS modtaget en bevilling fra det Strategiske Miljøforskningsprogram - pesticider og grundvand (SMP 96). Meget af den forskning der er blevet udført indenfor SMP 96, har været tæt knyttet til aktiviteterne i projektkontrakten, og en beskrivelse af de to programmer lader sig ikke umiddelbart adskille. Dette afspejler sig bl.a. ved, at mange publikationer (se nedenfor) alene er blevet udarbejdet som et resultat af begge programmer.

## Formål

Formålet med projektet har været (1) at teste, optimere og implementere nye metoder til påvisning og screening af pesticider og disses nedbrydningsprodukter, samt at kvalitets sikre metoderne ved afprøvning under forskellige geokemiske og geologiske forhold og (2) at beskrive forekomst og nedbrydning af udvalgte pesticider i forskellige grundvandsmiljøer under anvendelse af nye og konventionelle analysemetoder.

For at nå de opstillede mål har projektet været opdelt i følgende delprojekter:

*State-of-the-art.* En sammenstilling af tilgængelig viden om forekomst og nedbrydning af pesticider og disses nedbrydningsprodukter i grundvand, råvand og drikkevand i Danmark og i udlandet.

*Nye analysemetoder.* Test og indkøring af tyndtlagschromatografiske (TLC) og kommercielle immunkemiske pesticidanalysemetoder, herunder en sammenligning med konventionelle metoder.

*Udvikling af nye ikke-kommercielle immunkemiske metoder.* Udvikling af immunoassays til analyse af pesticider eller pesticidgrupper, der udgør en potentiel risiko for grundvandets kvalitet. Herunder interlaboratorieundersøgelser, hvor de udviklede metoder sammenlignes med konventionelle metoder.

*Forekomst og nedbrydning i forskellige grundvandsmiljøer.* Afprøvning af de udviklede metoder i karakteriserede grundvandsmiljøer. Sammen med de konventionelle metoder og CFC datering af grundvandet indgår de nye metoder i undersøgelser af pesticiders forekomst og nedbrydning i grundvand.

## Projektets organisering og forløb

Projektet blev påbegyndt 1. januar 1996, og har løbende været fulgt af en følgegruppe bestående af Niels Henrik Spliid (DMU), John W. Kohrtz (ENS), Steen Marcher

(MST), Lene Holm (SNS) og Bjørn R. Andersen (FSL). Danmarks Miljøundersøgelse (DMU), Statens Seruminstitut (SSI), og det private firma Exiqon har taget aktiv del i projektet. Indtil 1. januar 1998 var statsgeolog Erik Thomsen projektleder for projektet, hvorefter seniorforsker Jens Aamand overtog dette arbejde. I 1996 blev cand. scient Leif Bruun ansat som phd studerende på projektet indenfor emnet "udvikling af immunkemiske analysemetoder". Leif Bruun har været tilknyttet det sundhedsvidenskabelige fakultet ved Københavns Universitet (KU), hvor prof. Peter Nielsen har fungeret som intern vejleder. Arbejdet afsluttedes med udgangen af 1999. Leif Bruun vil forsvare sin afhandling 11. januar 2001. I 1997 blev cand. scient Helle Johannesen ansat som phd studerende indenfor emnet aerob nedbrydning af pesticider. Helle Johannesen er tilknyttet det naturvidenskabelige fakultet på KU, hvor lektor Søren Sørensen fungerer som vejleder. På grund af Helle Johannesens barselsorlov forventes arbejdet først afsluttet sommeren 2001. Jens Aamand har fungeret som vejleder på GEUS for begge phd projekter. Udviklingen af nye immunkemiske analysemetoder er udført i tæt samarbejde med Exiqon og SSI. Exiqon har stået for den kemiske syntese af pesticidanaloger de såkaldte haptener og SSI har stået for koblingen af haptenerne til carriermolekyler, injektion af disse i mus og produktion og oprensning af monoklonale antistoffer. Indenfor projektet har Danmarks miljøundersøgelse (DMU) udført en række pesticidanalyser på grundvand, og har desuden deltaget i forskellige studier af phenylureaherbiciders nedbrydelighed.

## **Opnåede resultater**

### **State of the art**

På baggrund af nationale monitoringsprogrammer i Europa og andre steder i verden er der blevet udarbejdet en statusrapport omhandlende pesticider i dansk og udenlandsk grundvand. (Brüsch & Felding 2000: Pesticider i dansk og udenlandsk grundvand, GEUS rapport no. 2000/105.

### **Nye analysemetoder**

Som en del af projektkontrakten blev en kombination af HPTLC (High-Performance Thin-Layer Chromatography) og AMD (Automated Multiple Development) testet som muligt værktøj til screening af grundvand og drikkevand for op til 40 pesticider. Analyser for pesticider ved brug af AMD-HPTLC metoden var netop blevet publiceret som en ny og lovende teknik ved indgåelse af projektkontrakten (Butz and Stan 1995). En indledende screening viste dog, at metoden ikke levede op til forventningerne. Det var ikke muligt at opnå en tilstrækkelig lav følsomhed først og fremmest på grund af matrixproblemer, og separationskapaciteten var også for ringe. I marts 1997 blev det derfor besluttet ikke at arbejde videre med AMD-HPTLC teknikken. Baggrunden for denne beslutning og resultaterne af de indledende undersøgelser er udførligt beskrevet i projektkontraktens midtvejsstatus (midtvejsstatus, 1997). Det var også tanken at teste flere kommercielle immunkemiske kits, men en indledende undersøgelse af markedet viste, at følsomheden generelt set var for dårlig, og at kun få af de kommercielle kits var rele-

vante, i forhold til de pesticider der analyseres for i Danmark. I projektkontrakten blev der derfor i højere grad arbejdet med at udvikle nye immunkemiske pesticidassays, relevant i forhold til de pesticider der udgør et problem i Danmark.

### **Udvikling af nye ikke-kommercielle immunkemiske metoder.**

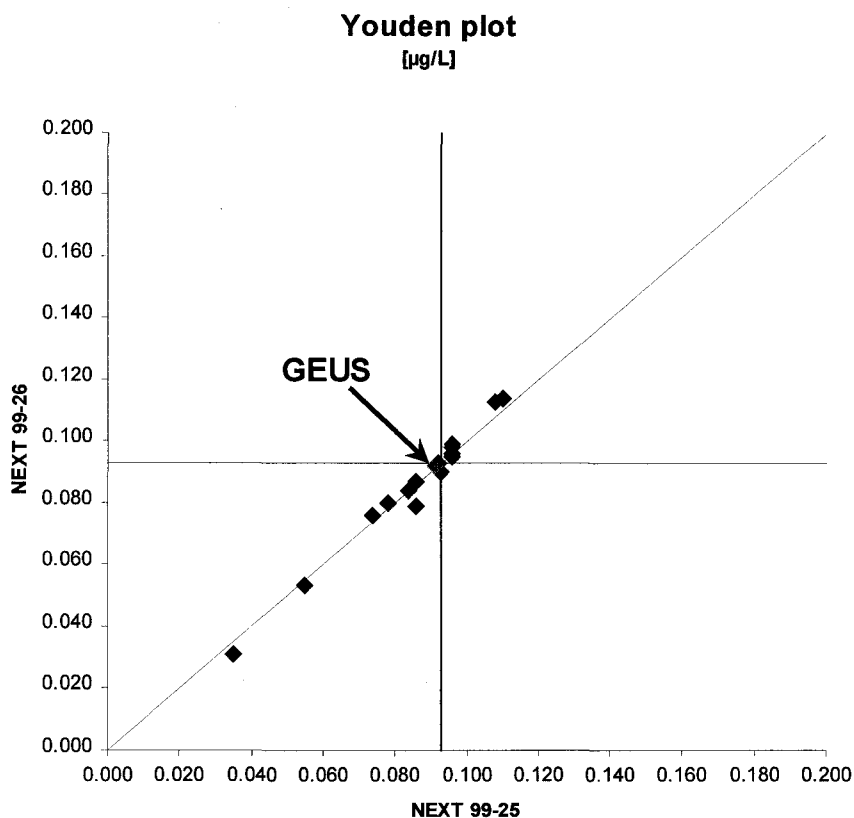
Der er blevet udviklet en række immunkemiske analysemetoder til analyse af grundvand/drikkevand for følgende pesticider og nedbrydningsprodukter: atrazin, hydroxyatrazin, simazin, hydroxysimazin, terbuthylazin, desisopropylatrazin, desethylatrazin, desethylterbuthylazin, cyanazin og 2,6-dichlorobenzamid (BAM). Arbejdet er udført som en del af Leif Bruuns phd-studie. Analyserne er generelt set meget følsomme med detektionsgrænser under 0,02 µg/l. BAM, et nedbrydningsprodukt fra herbicidet dichlobenil, er det stof, der hyppigst er fundet i dansk grundvand, og der har derfor været særlig interesse for en hurtig og billig analyse for netop dette stof. Analysen er i dag godkendt af Miljøstyrelsen. Der er ansøgt om patent på analysen.

### **Forekomst og nedbrydning i forskellige grundvandsmiljøer**

Som led i et samarbejde med Københavns Vand er den immunkemiske metode blevet anvendt på en række vandprøver. Disse vandprøver blev samtidig analyseret ved en chromatografisk metode af Miljøkemi A/S, og en sammenligning af resultaterne viste en meget god overensstemmelse. Den immunkemiske analyse har indgået i interlaboratorieundersøgelser for både overfladevand og drikkevand, og resultaterne viser, at metoden fuldt kan konkurrense med konventionelle chromatografiske metoder (figur 1).

Udvalgte pesticiders forekomst og nedbrydning er undersøgt ved brug af konventionelle metoder (HPLC) på to lokaliteter: Fladerne Bæk, nær Karup og Flakkebjerg, Vestsjælland. HPLC metoderne blev udviklet som en del af projektkontrakten. Fladerne Bæk er en sandlokalitet, og resultaterne har vist, at der også her foregår præferentiel transport af pesticider mod grundvandet. Vandets opholdstid i umættet zone (grundvandsspejl: 2,2 m) er estimeret til 17-150 dage. CFC datering af grundvandet har vist en stigende alder med dybden, selvom der også er afvigelser fra dette mønster. De udførte forsøg har vist at nogle pesticider tilbageholdes i sand, mens andre hurtigt udvaskes. Flakkebjerg er en lerlokalitet med tydelige sprækker. CFC dateringer af grundvandet har vist, at dette har en overraskende høj alder (ældre en 1955). Ved at sammenholde vandets alder med den årlige nedbør (ca. 150mm/år) fremgår det, at der sandsynligvis foregår en betydelig lateral vandbevægelse. Dette understøttes af, at selv vandopløselige pesticider efter at de er tilført marken, kun langsomt bevæger sig mod grundvandet.

Helle Johannesen har været tilknyttet projektet som phd studerende, og har undersøgt betydningen af pesticiders opholdstid i jord og grundvand (ældning) for stoffernes biotilgængelighed (nedbrydning).



**Figure 1. Youdenplot af resultaterne fra NEXT 1998-2003, november 1999. To grundvandsprøver (NEXT 99-25 og NEXT 99-26) blev leveret af DMU. Til prøverne var der tilsat kendte mængder af forskellige pesticider i varierende koncentrationer. Den horisontale og vertikale linie indikerer den faktiske koncentration af BAM i de to prøver. Den diagonale linie indikerer den optimale præcision mellem de to prøver. En god præcision (dvs. at genfinde den samme koncentration i begge prøver) vil placere mærket på den diagonale linie. Hvert mærke repræsenterer det opnåede resultatet fra hvert deltagende laboratorium. Pilen viser den immunkemiske metode.**

### **Videreførelse af aktiviteterne**

Den immunkemiske analysemetode har vist sig at være en succes, og GEUS udfører i dag analyser for BAM på kommerciel basis. Prisen, 350 kr., er væsentlig lavere end tilsvarende kommercielt udførte chromatografiske analyser. Exiqon A/S forbereder udviklingen af et egentligt immunkemisk BAM-kit til brug på f.eks. vandværkerne.

Der har været stor interesse for at udvikle tilsvarende analyser for andre miljøfremmede stoffer. Dette vil blive forsøgt i et nyt stort forskningsprojekt bevilget af Forskningsstyrelsen, det såkaldte immunanalyse-projekt. Foruden GEUS, SSI og Exiqon deltager Mi-



croelektronikcentralen (MIC) og Institut for Miljøteknologi (IMT) i samarbejdet. I projektet vil de immunkemiske analyser blive overført til en microchip platform, der tillader samtidig analyse af mange pesticider i små vandprøver på omkring 100 µl. I et andet projekt bevilget af Miljøstyrelsen arbejdes der på at udvikle en immunkemisk analyse af MTBE.

Aktiviteterne omkring pesticiders forekomst og nedbrydning videreføres i et større projekt, hvor der skal udvikles et koncept for udpegning af særligt pesticidesårbare arealer, det såkaldte KUPA-projekt. Dette projekt fokuserer på transport og omsætning i den umættede zone, og det har kun i ringe omfang været muligt at opretholde en tilsvarende forskningsaktivitet indenfor grundvandsmiljøet. Der mangler især viden om, hvordan langsomme nedbrydningsrater bestemmes, og hvilken betydning disse har for grundvandets potentiale for selvrensning. De fleste grundvandsmagasiner er anaerobe (iltfrie), og der er derfor særligt behov for viden om pesticiders omsætning under disse forhold.

# PUBLIKATIONER

## Internationalt bedømte publikationer

Bossi, R., P. Seiden, S. M. Andersen, C. S. Jacobsen, and J. C. Streibig (1999): Analysis of Metsulfuron-methyl in Soil by Liquid Chromatography / Tandem Mass Spectrometry. Application to a Field Dissipation Study . J. Agri. Food Chem. 47:4462-4468

Bossi, R., K. Vejrup and C. S. Jacobsen (1999): Determination of Sulfonylurea Degradation Products in Soil by Liquid Chromatography-Ultraviolet Detection Followed by Confirmatory Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry . - Journal of Chromatography A 855 575-582.

Bruun, L., C. Koch, M. H. Jakobsen, B. Pedersen, M. Christiansen, and J. Aamand (2000): Characterisation of monoclonal antibodies raised against different structures belonging to the triazine-group of herbicides. Anal. Chim. Acta. *accepted*.

Bruun, L., C. Koch, M. H. Jakobsen, and J. Aamand (2000): A new monoclonal antibody for the sensitive detection of cyanazine and other *s*-triazines in water by ELISA. Food. Agri. Immun. 12:253-262.

Bruun, L., C. Koch, M. H. Jakobsen, and J. Aamand (2000): New monoclonal antibody for the sensitive detection of hydroxy-*s*-triazines in water by enzyme-linked immunosorbent assay. Anal. Chim. Acta 423:205-213.

Bruun, L., C. Koch, B. Pedersen, M. H. Jakobsen, and J. Aamand (2000): A quantitative enzyme-linked immunoassay for the detection of 2,6-dichlorobenzamide (BAM), a degradation product of the herbicide dichlobenil. J. Immunol. Meth. 240:133-142

Brüsch W., and G. Felding (2000): Övervakning av bekämpningsmedel i grundvatten. Kungl. Skogs. och Lantbruksakademiens Tidsskrift. In press.

de Jonge, H., O. H. Jacobsen, L. W. de Jonge, O. S. Jacobsen (2000): Preferential water transport in ridge cultivated potato cropping systems. Agri. Wat. Manag. *Submitted*.

Juhler, R. K., S. R. Sørensen, and L. Larsen (2000): Analysing transformation products of herbicide residues in environmental samples. Water Research. Vol. 35, No. 6, pp. 1371-1378, 2001.

Kristensen, G. B., H. Johannesen and J. Aamand (2000): Mineralization of Aged Atrazine and Mecoprop in Soil and Aquifer Chalk. Chemosphere. *Accepted*.

Kristensen, G. B., S. R. Sørensen, and J. Aamand (2000): Mineralization of 2,4-D, Mecoprop, Isoproturon, and Terbutylazine in a Chalk Aquifer Pest Man. Sci. *Accepted*.

Larsen, L., and J. Aamand (2000): Degradation of herbicides in two sandy aquifers under different redox conditions. *Chemosphere. In Press.*

Larsen, L., C. Jørgensen, and J. Aamand (2000): Potential mineralization of four herbicides in a ground water-fed wetland area. *J. Environ. Qual.* 30: 24-30.

Larsen, L., S. R. Sørensen, and J. Aamand (2000): Mecoprop, isoproturon, and atrazine in a sandy aquifer: Vertical distribution of mineralization potential. *Environ. Sci. Technol.* 34:2426-2430.

Mai, P., O. S. Jacobsen, and J. Aamand (2000): Mineralisation and cometabolic degradation of phenoxyalkanoic acid herbicides by a pure bacterial culture isolated from an aquifer. Submitted to *Appl. Microbiol. Biotechnol. Accepted.*

Shapir, N., R.T. Mandelbaum, and C.S. Jacobsen (1998): Rapid atrazine mineralization under denitrifying conditions by *Pseudomonas* sp. Strain ADP in aquifer sediments. *Environ. Sci. Technol.* 32, 3789-3792.

Sørensen, S. R. and J. Aamand (2000): Biodegradation of the phenylurea herbicide isoproturon in soil. *Biodegradation. Accepted.*

Vinther F.P., L. Elsgaard, O. S. Jacobsen (2000): Heterogeneity of bacterial populations and pesticide degradation potentials in sandy and loamy soils. *Biology and Fertility of Soils (accepted).*

## **Foredrag/posters på internationale konferencer**

Aamand, J., L. Larsen, J.R. de Liphay, H. Johannesen, and B. Lindhardt (2000): Environmental Factors Controlling Microbial Degradation of pesticides in Aquifers. Invited presentation at the Third SETAC World Congress, Global Environmental Issues in the 21<sup>st</sup> Century: Problems, Causes and Solutions. 21-25 May 2000, Brighton, United Kingdom.

Bruun, L., C. Koch, M. Jakobsen, B. Pedersen, and J. Aamand (1999): Development of Immunological Assays for Quantification of Triazine Herbicides and 2,6-dichlorobenzamide in Water. The Seventh Symposium on the Chemistry and Fate of Modern Pesticides, September 14-16, 1999.

Brüsch W. (1998): Pesticides in Ground Water and Raw Water in Denmark. NJF-Seminar no. 283, Transportation and degradation of pesticides in soil. Flakkebjerg, 9.-11. september 1998. 16 p.

Brüsch W. and G. Felding, (2000): Monitoring of pesticides in groundwater in Denmark. Fresh Perspectives. A Joint Conference of New Zealand Hydrological Society, Meteorological Society of New Zealand, New Zealand Limnological Society. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. Abstracts. 322-323.

de Jonge, H., L. Elsgaard, O. S. Jacobsen, L. W. de Jonge, and F. P. Vinther, F. P. (1999): Heterogeneous transport of water and reactive solutes in a podzolic soil. Geophysical Research Abstracts: 315. European Geophysical Society, XXIV General Assembly, The Hague, The Netherlands, 19-23 April 1999.

Hoffmann, C. C., and O. O. Jacobsen (2000): The influence of isoproturone, bentazone MCPA and MCPP on denitrification. Wetland 2000. Quebec, Canada Aug 2000.

Jacobsen, O. S. and F. P. Vinther (1999): Bacterial biomass and biodegradation potential related to heterogeneous sandy subsurface soils. International Symposium on Subsurface Microbiology, 22. – 27. August, Vail, Colorado. p. 25.

Jacobsen O.S. (2000): The adsorption, desorption and dissipation of five herbicides in wetland sediments. Wetland 2000. Quebec, Canada Aug 2000.

Jacobsen, O.S. (2000). Biodegradation, sorption, and transport of four pesticides in two agricultural soil and subsoil profiles. Pesticide Microbiology Symposium 2000, Monheim Germany, Aug. 2000.

Jacobsen, O. S. and F. P. Vinther (1997): Semi-automatic field station for monitoring agricultural leaching of nutrients and pesticides. In (eds. J. Gottlieb et al.) Field Screening Europe. Proc. of the First Int. Conf. on Strategies and Techniques for the Investigation and Monitoring of Contaminated Sites, Kluwer Academic Press, The Netherlands, p. 37-39.

Johannesen H., H.-P.E. Kohler, R.R. Hansen and J. Aamand (1999): Degradation of both enantiomers of the chiral herbicide mecoprop by a groundwater bacterium. The 4th International Symposium on Subsurface Microbiology. August 22-27. 1999. Marriott's Mountain Resort, Vail, Colorado, USA. Program and Abstracts, 17.

Kristensen, G.B., S. R. Sørensen, and J. Aamand (2000): Degradation of pesticides in a chalk aquifer near Aalborg, Denmark. In: Bjerg, P.L. et al. (eds): Proceedings of "Groundwater 2000". International Conference on Groundwater Research, June 6-8, 2000, Copenhagen. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

de Liphay, J.R. and J. Aamand, (1999): Mineralisation of 2,4-D, mecoprop, and 2,4,5-T in an aerobic sandy aquifer as effect of substrate concentration and addition of organic and inorganic nutrients. The 4th International Symposium on Subsurface Microbiology. August 22-27. 1999. Marriott's Mountain Resort, Vail, Colorado, USA. Program and Abstracts, 48.

de Liphay, J.R., K. Johnsen, J. Aamand, N. Tuxen, H.-J. Albrechtsen, and P. L. Bjerg (2000): Continuous exposure of pesticides in an aquifer changes microbial biomass, diversity and degradation potential. In: Bjerg, P.L. et al. (eds): Proceedings of "Groundwater 2000". International Conference on Groundwater Research, June 6-8, 2000, Copenhagen. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

Mai, P., O. S. Jacobsen, and J. Aamand (1996): Characterization of a mecoprop degrading bacterium isolated from an aquifer. International Symposium on Subsurface Microbiology. Davos, Switzerland, Sept. 1996, 207.

Sørensen, S.R., and J. Aamand (1998): Degradation of the herbicide isoproturon in soil and groundwater. The 42nd Oholo conference: Novel approaches for bioremediation of organic pollution. Eilat, Israel, May 3-7, 1998. Israel Institute for Biological Research, 26.

## Danske publikationer

Aamand, J., og L. Larsen, (1999): Naturlig nedbrydning af pesticider. ATV Jord og Grundvand Schæffergården 14 oktober 1999 pp 81-90.

Bruun, L. (1998): Pesticidanalyse ved hjælp af immunkemiske metoder. ATV Jord og Grundvand Hotel Marselis 28 oktober 1998 pp 79-90.

Bruun, L., og J. Aamand (2000): Immunkemi – mus brugt til analyse for pesticider. Aktuell Naturvidenskab 3:13-16

Brüsch, W. (1996): Pesticider i dansk og udenlandsk grundvand. Tidsskrift for Landøkonomi, 2/96, p 83-91. Det kongelige Danske Landhusholdningsselskab.

Forskningsstyrelsen (2000): Kontrol med pesticiderne. Årsberetning fra forskningsforum og de seks statslige forskningsråd 1999. April 2000.

Sørensen S.R., og J. Aamand (2000) Mikrobiel nedbrydning af isoproturon i jord og grundvandssediment. ATV Jord og Grundvand Hotel Marselis 28 oktober 1998 pp 67-78.

## Rapporter

Brüsch W. og G. Felding, (2000): Pesticider i dansk og udenlandsk grundvand. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, GEUS. Rapport 2000/105.

Laier, T. og L. Bruun (2000) Undersøgelse af BAM forurening på Brabrand kildeplads ved hjælp af immunkemiske BAM-analyser og CFC-datering af grundvand. Danmark og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 14

Lindhardt, B., I. S. Fomsgaard, W. B. Brüsch og R. Bossi (2000): Pesticiders udvaskelighed - vurdering af usikkerheden på DT<sub>50</sub> og K<sub>oc</sub>, der anvendes i GUS-indekset. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen. <http://www.mst.dk/udgiv/publikationer/2000/87-7909-586-0/html>

Jacobsen O.S., W. Brusch, I. Fomsgaard, A. Helweg, F. P. Vinther, N.H. Spliid, R. Bossi, B.B. Mogensen (1998): Leaching and degradation of selected pesticides in a sandy agricultural watershed. Bekæmpelsesmiddel forskning fra Miljøstyrelsen. Rapport nr. 46 , Miljøstyrelsen.

## Phd-afhandlinger

Bruun, L. (2000). Development and implementation of new immunochemical methods for measuring pesticides and their degradation products in groundwater. Forsvaret d. 11 januar 2001.

## Specialer

Hansen, R.R. (1999): Studier af MCPP nedbrydningen i en renkultur af *Stenotrophomonas malthophilia* PM.

Kristensen, G. B. (2000): Nedbrydning og biotilgængelighed af herbicider i jord og kalk

Pedersen, M. L.(1998): Sorption og transport af pesticider i sediment fra Fladerne Bæk.

Mai P. (1996) Mikrobiel nedbrydning af MCPP og andre phenoxysyrer. Isolering og karakterisering af en phenoxysyrenedbrydende *Burkholderia cepacia*.

Sørensen S. R. (1997) Mikrobiel nedbrydning af isoproturon i jord og grundvandssediment

## Publikationer under udarbejdelse

Jacobsen, O. S., and T. Laier: Leaching, mass transport of pesticides from four sandy agricultural fields by use of CFC age dating. Pest Man Sci.

Laier, T., and O. S. Jacobsen: Dating the leachates of isoproturone, glyphosate and bromide in a fractured loamy till. Environ. Sci. Technol.

de Liphthay, J.R., and J. Aamand. Effect of substrate concentration on mineralization of 2,4-D, mecoprop and 2,4,5-T in soil and aquifer sediment at Fladerne Bæk (Denmark). J. Environ. Qual.

de Liphthay, J.R., and J. Aamand. Effect of organic and inorganic nutrients on mineralization of 2,4-D, mecoprop and 2,4,5-T in aquifer sediment at Fladerne Bæk (Denmark). Pest. Science.

de Liphthay, J.R., N. Tuxen, K. Johnsen, H-J. Albrechtsen, P.L. Bjerg, and J. Aamand. Molecular and functional adaptation to herbicide degradation in an aerobic aquifer (Vejen, Denmark). *Appl. Environ. Microbiol.*

de Liphthay, J.R., K. Johnsen, N. Tuxen, H-J. Albrechtsen, P.L. Bjerg, and J. Aamand. Microbial diversity of a herbicide exposed aerobic aquifer (Vejen, Denmark). *Microbial Ecology*.

de Liphthay, J.R., K. Johnsen, and J. Aamand. Extraction of DNA from sediment samples. *FEMS Microbiol. Lett.*

de Liphthay, J.R., J. Aamand, and T. Barkay. Expression of *tfdA* gene activity in fresh-water samples. *Appl. Environ. Microbiol.*

## **Extended stays abroad**

Julia R. de Liphthay opholdt sig på Rutgers University, Department of Biochemistry and Microbiology, New Brunswick, New Jersey, USA, fra 11. september til 21. december 2000. Formålet med opholdet var at studere transkriptionen af *tfdA* genet, involveret i nedbrydningen af 2,4-dichlorophenoxyacetic acid.

Helle Johannesen opholdt sig fra marts-juli 1998 på EAWAG (Swiss Federal Institute of Environmental Science and Technology) i Dübendorf, Schweiz. Formålet med opholdet var at studere enantiomerspecifik nedbrydning af mechlorprop.