

Slutrapport BIOPRO

Center for biologiske processer i forurennet jord og sediment
Det strategiske Miljøforskningsprogram 1998 - 2002

Carsten Suhr Jacobsen



Slutrapport BIOPRO

Center for biologiske processer i forurennet jord og sediment
Det strategiske Miljøforskningsprogram 1998 - 2002

Carsten Suhr Jacobsen

INDHOLDSFORTEGNELSE

• Fagligt udbytte.....	4
• Indledning.....	4
• Delprojekt 1: Bakterielle bindere.....	4
• Delprojekt 2: Bioremediering.....	5
• Delprojekt 3: Enkeltarter.....	8
• Delprojekt 4: Fødekæder.....	10
• Delprojekt 5: Økosystemer.....	11
• Delprojekt 6: Risikovurdering.....	12
• Procesforløb.....	16
• Målopfyldelse.....	19
• Forskningsorganisering.....	22
• Finansiering.....	23
• Samarbejde med relateret forskning.....	23
• Formidling.....	23
• Publikationsfordeling / frekvens i skemaform.....	25
• Publikationsliste.....	25

Bilag:

A: Publikationsliste opdelt på institutioner.....	41
---	----

FORORD

Denne slutrapport er skrevet med baggrund i BIOPRO's selvevalueringsrapport, der blev fremstillet i forbindelse med den selvevaluering Ledelsesgruppen for Det Strategiske Miljøforskningsprogram gennemførte i efteråret 2001. Slutrapporten er opdateret med enkelte vigtige resultater i forhold til selvevalueringsrapporten. Slutrapporten indeholder endvidere opdaterede publikationslister.

Vi vil fra BIOPRO's deltagende forskere benytte lejligheden til at udtrykke vores glæde over, at der kunne findes finansiering til at igangsætte og afslutte dette abitiøse projekt. Vi føler i dag, at vi har meget forbedret basis for at forstå vigtige sammenhænge mellem biologiske populationer, jord og de fremmedstoffer, samfundet bekymrer sig om.

Forskningen der er opnået indenfor dette centersamarbejde har betydelig indflydelse også udenfor den specifikke interesse i skæbne og effekt af fremmedstoffer, som samarbejdet er født af. Der er publiceret i alt 150 videnskabelige arbejder, heraf er 56 artikler allerede er trykt i førende internationale refereed tidskrifter eller vil blive det indenfor kort tid. 16 studerende har afsluttet deres specialer indenfor centerets direkte rammer og flere er ved at færdiggøre deres arbejde. Endelig har centeret publiceret mere end 20 populærvidenskabelige artikler.

Der er med andre ord en betydelig viden om de biologiske processer i forurenede jord og sediment i Danmark, og det er naturligt at pege på, at de tilknyttede forskere i dag har kapacitet til at videreføre centrale dele af samarbejdet til gavn for en fortsat vidensopbygning om samspillet mellem biologi, jord og fremmedstoffer til glæde for en sikker og ressourcebevidst miljøforvaltning.

København den 7 / 4 - 2003

Carsten Suhr Jacobsen

FAGLIGT UDBYTTE

Introduktion.

Center for biologiske processer i forurenede jord og sediment (BIOPRO) har arbejdet tværvideenskabeligt med anvendelse af traditionelle populationsøkologiske metoder, med miljøkemiske metoder, med molekylærbiologiske metoder og endelig med både natur- og samfundsvidenskabelige principper for risikovurdering.

Centerets forskning har både beskæftiget sig med at udvikle nye metoder til stadig bedre forståelse af de enkelte biologiske og kemiske faktorer, og med at skabe nye resultater ved at kombinere velkendte metoder bredt for derved at søge svar på mere komplekse spørgsmål.

I det følgende er den faglige status for de 6 delprojekter afrapporteret som 6 adskilte aktiviteter, selvom de fleste i høj grad er integrerede.

Delprojekt 1: Bakteriel binding og bioakkumulering af tungmetaller.

Den stigende forurening af vores miljø med tungmetaller og radionuclider har skabt en øget interesse for bakteriers samspil med sådanne stoffer. Tungmetaller kan ikke nedbrydes af bakterier, men de kan ved redoxprocesser omdannes til tungtopløselige eller flygtige former. En anden mulighed er en nettoeliminering fra naturens kredsløb ved at benytte bakterier til at binde og koncentrere tungmetallerne. På denne baggrund har vi tilstræbt at udvikle bakterier, som specifikt kan binde til og ophobe tungmetaller.

Metalbinding

Vores teknologi bygger på at udruste bakterier med specielle tungmetalbindende peptider på overfladen. Peptiderne "præsenteres" på bakterieoverfladen ved hjælp af naturligt forekommende overfladestrukturer: fimbrier. Tungmetalbindende peptider kan isoleres fra meget variable kunstige peptidbiblioteker ved effektive berigelsesprocedurer. Ved gentagne omgange af udvælgelse af de få, som kan binde, fra de mange, som ikke kan, (in vitro evolution) kan interessante metalbindende varianter bogstavelig talt "fiskes" ud af bibliotekerne.

Fra fimbriæ-baserede tilfældige peptidbiblioteker er der blevet selekteret og isoleret bakterier med tungmetalbindende egenskaber. Bakterier med binding til følgende individuelle tungmetaller er isoleret: PbO_2 , CoO , MnO_2 , Cr_2O_3 , NiO , ZnO og CdO . Peptiderne, der er ansvarlig for metalbindingen, er blevet identificeret og karakteriseret (Kjærgaard, Sørensen, Schrembi & Klemm, 2000). Endvidere er bakterier og peptider, som formidler binding til de ioniske former af zink, nikkel og kobber, isoleret og karakteriseret (Kjærgaard Schembi & Klemm, 2001).

Specificitet af metal binding.

Vi har fundet frem til bakterier, som har en meget høj specificitet over for et givent metal. Desuden har vi vist, at bindingsevnen er peptidbaseret (Kjærgaard, Schembi & Klemm, 2001). Dette kan muligvis danne basis for udvikling af sensorsystemer for tungmetaller.

PAC binding og nedbrydning.

Det forsøges at isolere bakterier med affinitet til fluorescensaktiverede polyaromatiske forbindelser eller relaterede forbindelser. Selektion og isolering vil ske ved fluorescensaktiveret cellesortering (FACS) af et eksisterende peptidbibliotek.

Autotransporter-proteinet Ag43.

Med henblik på at flytte bindingsegenskaberne fra *E. coli* til mere miljørelaterede organismer såsom pseudomonader, har vi identificeret et *E. coli* overfladeprotein (Ag43), der kan udtrykkes i *P. fluorescens*. Resultaterne herfra er publiceret (Kjærgaard, Schembri, Hasman & Klemm, 2000). Vi har endvidere fundet, at Ag43, som formidler aggregering af bakterier, er et fremragende redskab til at påvirke artssammensætningen af bakterielle biofilm, samt at det generelt forøger bakteriers biofilmdannende egenskaber (Kjærgaard, Schembri, Ramos, Molin & Klemm, 2000).

Hg-binding og fordampning.

På grund af kviksølvs kraftige toksicitet har det ikke været muligt at selektere for kviksølvbindende bakterier fra vores bibliotek. Desuden blev det efter første BIOPRO møde fremhævet (af Ulla Højsholt, Miljøstyrelsen) at kviksølvs bidrag til tungmetalfurening er beskeden i forhold til andre tungmetaller såsom zink. Der har derfor ikke været fokuseret på udvikling af bakterielle bindingssystemer med affinitet til kviksølv.

Delprojekt 2: Bioremediering efter tilsætning af specifikke bakterier og svampe i jord

Dette projekt har haft som hovedformål at fokusere på at udvikle og sammenligne forskellige metoder til at foretage jordrensning baseret på enten tilsætning af specifikke mikroorganismer til jorden eller stimulering af de naturlige mikroorganismer i jorden. Projektet har fungeret som et stærkt integrerende projekt, idet gennemførelsen af centerets fælles feltforsøg er overordnet planlagt inden for dette delprojekt.

Inokulering med hvidrådssvampe

Arbejdet med at undersøge hvidrådssvampes muligheder for at nedbryde fremmedstoffer har været centralt for BIOPRO. *Phanerochaete chrysosporium*s egnethed til bioremediering under danske klimaforhold blev undersøgt nærmere ved supplerende litteraturstudier såvel som ved pilotforsøg i laboratorieskala, hvor også andre svampe blev inddraget. Både temperaturens påvirkning af nedbrydningseffektiviteten og svampenes evne til at konkurrere med jordens mikroflora pegede på, at *P. chrysosporium* ikke var det bedste valg. Resultatet blev en beslutning om alene at arbejde videre med *Pleurotus ostreatus* (østershat) (Hestbjerg, Brinch og Nielsen, 2001). Der er som et specialeprojekt gennemført en række undersøgelser af hvordan denne svamp, eller et ekstrakt af dens enzymer, har fremmet pyrenmineralisering i jord (Andersen 2000; Andersen, Nielsen, Brinch, Hestbjerg, Hansen og Jacobsen 2001).

Feltforsøg med hvidrådssvampe

Produktion af østershat til spisebrug efterlader et affaldsprodukt bestående af et savsmuldsbaseret substrat, der er gennemvokset af svampen. Vi har anvendt dette affaldsprodukt ubehandlet til oprensning af jord fra dels den gamle B&W grund og dels fra en nedlagt asfaltfabrik i Ringe. Denne behandling er sammenlignet med to kontrolbehandlinger: én med jord alene og én, hvor der er tilsat steriliseret savsmuldssubstrat uden svamp. Gennem forsøgets 1. år er der sket en betydelig nedbrydning i "Ringe" jorden, mens effekten har været mere begrænset i "B&W" jorden. Østershataffaldet var årsag til en signifikant større nedbrydning end kontrolbehandlingerne. Der var også en tidsmæssig forskydning, idet

nedbrydningen var langt hurtigere ved tilsætning af østershataffald. Måling af østershattens laccaseaktivitet, pH samt phenanthren- og pyrennedbrydende bakterier gør det muligt at forklare og diskutere den biologiske baggrund for nedbrydningen (Hestbjerg, Willumsen, Christensen og Jacobsen, 2001).

En beskrivelse af feltforsøgets opsætning samt de gennemførte analyseprogrammer vil fylde for meget til dette format, og vi henviser derfor til centerets hjemmeside (BIOPRO.DK). Nogle steder vil der blive bedt om et brugernavn, som er "biopro" og et password: som er "sediment2000", husk små bogstaver.

Phytoremediering

Samspillet mellem PAH-nedbrydende bakterier og pilerødderne er undersøgt i laboratorieskala. Undersøgelsen er gennemført med kunstigt forurenede sand og med "B&W" jord fra BIOPRO's feltforsøg. I forsøgene blev PAH-nedbrydning målt samtidigt med, at de PAH-nedbrydende bakterier blev kvantificeret. Resultaterne viste, at planterne og ikke de inokulerede nedbrydende bakterier var den største faktor i fjernelse af PAH'er, især phenanthren (Bendixen, 2001). Et mindre bidrag af bakterier til fjernelse af 4-ring PAH'er (f.eks. fluoranthen) var målbar i sand, men ikke i jord. Effekten af bakterierne var forhøjet ved tilstedeværelse af planterødder (Bendixen, 2001).

PAH nedbrydende bakterier

Omsætning af benzo(a)pyren af pyren- og fluoranthen nedbrydende bakterier er undersøgt i renkulturer af stammerne *Sphingomonas paucimobilis* EPA505 og *Mycobacterium gilvum* GJ3P. Resultaterne viste, at benzo(a)pyren omsættes betydeligt langsommere end tidligere antaget, og at omsætningen ikke var afhængig af samtidig nedbrydning af henholdsvis fluoranthen og pyren. Der er altså ikke tale om co-metabolisme. Der kunne dog ikke måles vækst af stammerne selvom der foregik en nedbrydning af benzo(a)pyren. Hydroxileret benzo(a)pyren blev identificeret som metabolitter af omsætningen (Fabricius, 2000).

Pseudomonas migulae blev isoleret fra en kreosot-forurenede jord i Norge. Stammen nedbryder carbazol, dibenzothiophen og dibenzofuran ved 10 °C med acetone som co-substrat. Nedbrydning af dibenzothiophen og dibenzofuran var kendetegnet ved en midlertidig ophobning af gule eller orange metabolitter. Nedbrydningsstudier ved forskellige temperaturer viste, at stammen har temperaturoptimum til nedbrydning af dibenzothiophen og dibenzofuran omkring 20 °C, mens maximaltemperaturen ligger omkring 27-28 °C. Mere bemærkelsesværdigt var, at stammen hurtigt nedbryder begge stoffer ved 4 °C. Dette antyder, at stammen er tilpasset lave temperaturer (Jensen et al 2003).

Nedbrydning af azaarener

De første planlægningsworkshops i BIOPRO tydeliggjorde behovet for at igangsætte arbejde med bakteriell nedbrydning af visse N-heterocykliske hydrocarboner (azaarener) i velkendte PAH-nedbrydende bakterier. Dette arbejde, der ikke var et af centerets oprindelige formål, viste bla. at co-substraterne phenanthren og quinolin påvirkede nedbrydningen af 5,6-benzoquinolin. Quinoline hæmmede nedbrydningen i modsætning til phenanthren, der virkede stimulerende (Hansen, 2001). Azaarenerne virkede i visse koncentrationer inhiberende på de azaaren-nedbrydende bakteriers nedbrydningsaktivitet (Willumsen, Nielsen & Karlson 2001). Et mikrotiterassay baseret på respirationsindikator blev optimeret med henblik på at kunne undersøge den generelle bakterielle respons til forskellige koncentrationer og typer af azaarener. Assayet er i dets nuværende form

bedre egnet til test af enkelt stoffer, end til de stoffblandinger, som ofte er til stede i naturligt forurennet jord (Hansen, 2001).

Aerobe berigelseskulturer, beriget med ekstra azaarener, blev sammen med agaroseplader med individuelle azaarener som eneste kulstof-, nitrogen- og energikilder, anvendt til at isolere bakteriestammer, som var i stand til at nedbryde N-heterocykliske aromatiske hydrokarboner (5,6-benzoquinolin, 7,8-benzoquinolin, phenanthridin, acridin og phenazin). Isolaternes diversitet på molekylært niveau blev undersøgt ved 16S-23S rDNA spacer analyse ved hjælp af PCR. Arbejdet resulterede i 38 bakteriestammer som transformerede de 3-ringede azaaren-forbindelser. Heraf kunne 7 bakteriestammer gro på disse. Kun få af de 38 stammer kunne mineralisere den analoge PAH-forbindelse, phenanthren. Taxonomisk karakterisering viste en stor genetisk diversitet med 18 forskellige arter blandt de azaaren-transformerende bakterier. Flere af isolaterne er relateret til slægter forholdsvis ukendte i relation til bionedbrydning af miljøfremmede stoffer (Willumsen, Johansen, Karlson & Hansen, submitted)

Biotilgængelighed

Sorptionskonstanter til humus er blevet bestemt for 50 forskellige PAC'er ved hjælp af en ny metode (Jonassen, Nielsen & Hansen, 1999). Metoden testes nu til at bestemme andre termodynamiske konstanter, entalpi og entropi. Dette tillader vurdering af temperaturens indflydelse på biotilgængeligheden. I en større videnskabelig sammenhæng findes der næsten ingen værdier, der beskriver entalpi og entropi for sorptionsprocesser. De få undersøgelser, der har været, har givet meget varierende resultater.

Biotilgængelighed af atrazin blev aktuelt efter inddragelsen af atrazin i delprojekt 1 og bestående data for atrazin sorption og bionedbrydning blev skrevet sammen (Jacobsen, Shapir, Christensen, Jensen, Juhler, Streibig & Helweg, 2001)

Nye detektionsmetoder

Delprojektet har generelt været præget af en erkendelse af et behov for at udvikle metoder til at kunne kvantificere PAH nedbrydende bakterier. En ny metode for MPN-tælling af PAH-nedbrydende bakterier i jord er udviklet. Metoden er baseret på den nye respirationsindikator WST-1 og gennemføres i mikrotiterbakker.

En anden metode baseret på direkte ekstraktion af DNA fra jord efterfulgt af kvantitativ PCR er endvidere udviklet for den phenanthren nedbrydende bakterie *Pseudomonas putida* OUS82, og metoden har været anvendt til at beskrive fordelingen af den phenanthrennedbrydende bakteriestamme i kolonner med grundvandsediment og overjord (Bender, Brinch og Jacobsen, 2001).

Naturlig nedbrydning i kystsediment

I et korttids laboratorieforsøg med en autentisk olieprøve opsamlet efter et spild på en dansk kyst påvistes nedbrydning af alkaner ved GC-FID i sedimentmikrokosmos. Nedbrydningen var øget i mikrokosmos med *Arenicola marina*. I længerevarende forsøg med denne og en kunstigt forvitret nordsøolie påvistes en klar effekt af olieeksponering på både irrigation og partikel mixing målt med ⁵¹Cr-mærket sediment. Olie blev tilsat enten som overfladelag eller opblandet i sedimentet.

Analyse af sediment redox processer (Fe og S cykler) viste svagt øget Fe(II) pool i sediment uden sandorm, men ingen relation til oliekoncentrationer.

En kemometrisk metode bestående af SIM GC-MS analyse af mikrobølgeekstrakt fra sediment forurennet med en kunstigt forvitret nordsø råolie efterfulgt af principiel komponent analyse af

ionfragmentogrammer er anvendt til analyse af olienedbrydning. Isomer-sammensætningen af C₂-naphthalener ændredes på grund af bioturbation fra *Neries diversicolor*.

Indvirkning af 4 arter af infaunale muslinger - 2 suspensionsædere (*Cerastoderma edule* og *Mya Arenaria*) og 2 detritusædere (*Scrobicularia plana* og *Macoma baltica*) er undersøgt på nedbrydning og eliminering af råolie i marint sediment i mikrokosmos over en periode på 5 måneder.

Nedbrydningsstudier i kystsedimenter med model-PAH pyren:

Betydningen af bioturbation induceret af de to marine polychaeter *Arenicola marina* og *Nereis diversicolor* for metabolisme og sediment-vand flux af ¹⁴C-pyren og metabolitter er undersøgt i langtidslaboratorie mikrokosmos forsøg.

Betydning af organisk materiale for nedbrydning af sediment-bundet ¹⁴C-pyren er undersøgt i 30 dages forsøg ved Kristineberg Marinbiologiske Station og RUC. Tetraselmis (alger) eller lignin er lagt som et overfladelag i kamre med slangestjernen *Amphiura filiformis* og *Nereis diversicolor*. Sediment, dyr samt deres gange i sedimentet er analyseret for pyren og 1-hydroxypyren. I et lignende forsøg med ikke radioaktivt mærket sediment blev sediment fra overfladen, det anoxiske lag samt gange indsamlet og inkuberet i ¹⁴C-pyren coatede lufttætte flasker indeholdende CO₂ fælder og pyren mineralisering kvantiteret.

Delprojekt 3: Effekter på enkeltarter.

Biosensor

Et bakterielt "whole-cell" biosensor assay er udviklet til at måle den biotilgængelige kviksølv i jord (Rasmussen, Sørensen, Turner & Barkay, 2000). Ingen af "Ringe" jordprøverne indeholdt målelige mængder af kviksølv. Kun den stærkt forurenede "B&W" jord viste indhold af biotilgængeligt kviksølv.

Biosensor assayet er blevet brugt til at påvise:

- 1) At lave mængder biotilgængeligt kviksølv har en kortvarig, men reversibel effekt på både frekvensen af kviksølvresistente bakterier og den genetiske diversitet målt ved 16S rRNA gener (Rasmussen, Sørensen, Turner & Barkey, 2000).
- 2) Høje koncentrationer af biotilgængeligt kviksølv har en dramatisk effekt på det bakterielle samfund målt ved bl.a. diversiteten af den dyrkbare fraktion og den genetiske og funktionelle diversitet. DGGE profiler viste, at der efter længere tids kontaminering var sket et skift i artssammensætningen, der muligvis bevirker en irreversibel ændring af det bakterielle samfund og dets funktion (Rasmussen & Sørensen, 2001).
- 3) Sub-toksiske mængder af biotilgængeligt kviksølv sænker dyrkbarheden af *Pseudomonas frederiksbergensis* (Johnsen, Ekelund, Binnerup & Rasmussen, in press).

Protozoo diversitet

Specifikke primere er udviklet for 24S α -subunit rRNA fra protozo-gruppen Kinetoplastider. Denne gruppe indeholder både fritlevende og parasitiske arter. Disse primere er udviklet så de kan bruges til måling af den genetiske diversitet ved brug af DGGE. Det er første gang dette er blevet gjort specifikt på en protozo-gruppe. I søsediment blev der fundet langt højere diversitet af denne protozo gruppe end forventet. Ved kloning og sekventering af 43 kloner blev der fundet 27 forskellige sekvenser alle hidtil ukendte (Rasmussen, Ekelund, Hansen, Sørensen & Johnsen, 2001). Dette

resultat kan betyde, at naturlige miljøer rummer en række protozoer, der kun kan detekteres ved molekylære metoder, men det kan også være et udslag at kun få protozoers 18SrDNA er sekeventeret. Igangværende arbejde har til formål at videreudvikle denne metode.

Jordflagellaters NaCl tolerance

Jordflagellaters evne til at tåle NaCl er blevet testet (Ekelund, 2002). Dette arbejde er centralt ved vurdering af resultater opnået ved laboratorieforsøg med tungmetal-klorider, da forsøget belyser om en evt. toksicitet skyldes tungmetallet eller bare den øgede osmolaritet. Isolering og karakterisering af renkulturer fortsætter.

Jordbundsinveterater og planter

Der er udført eksperimentelle studier på toksiciteten af 8 PACer overfor tre plantearter (*Brassica alba*, *Lolium perenne* and *Trifolium pratense*), to orme, *Enchytraeus crypticus* og *Eisenia veneta*, nitrifikation, bakteriel genetisk diversitet og protozoer. 16 PAHer er undersøgt overfor springhalen *Folsomia fimetaria*. Disse arbejder er publiceret eller under publikation med fokus på hydrofobicitet som QSAR i fem videnskabelige publikationer af Sverdrup et al. (se publikationslisten). Desuden er artsforskelle, aldring, detergent og tørkestress undersøgt i forbindelse med de 8 stoffer, for at vurdere disse faktoreres modificerende effekter (Holmstrup, Barley, Sjørnsen, Højer, Bossen & Friis, 2000; Jensen & Sverdrup, 2002.; Sjørnsen, Sverdrup & Krogh, 2001).

Pyren biotilgængelighed og in vivo metabolisme:

Biotilgængeligheden af pyren for sandormen *Arenicola marina* blev undersøgt i mikrokosmos forsøg. Sediment med et højt organisk indhold havde højere koncentration af porevandsopløst pyren, men andelen af frit opløst pyren var lavere sammenlignet med sediment med lavt organisk indhold. Resultaterne viste endvidere at pyrenakkumuleringen i sandormen var proportional med pyren indtaget via føden og der var ikke en signifikant sammenhæng mellem pyren akkumuleringen i sandorme og opløst pyren (hverken DOM associeret eller frit opløst). Resultaterne indikerer at partikelassocieret pyren er biotilgængeligt og at ligevægtsfordelingsteorien muligvis ikke er gældende for sedimentædende infauna.

¹⁴C-pyren optag og udskillelse blev målt i tarm- og somatisk væv samt tarmvæske på *Arenicola marina*. Sammenhæng mellem optag og fødeindtageshastighed blev undersøgt. Sandorm blev eksponeret for ¹⁴C-mærket sediment og fækalier derfra blev inkuberet og ¹⁴CO₂ målt for at undersøge betydningen af sandorms tarmmiljø via fødeindtagelse for omsætning af pyren. Metabolit identifikation i tarm-væske og -væv i pyren eksponeret *Arenicola marina* ved HPLC-DAD/F antyder, at primære metabolitter var 1-hydroxypyren samt et vandigt konjugat af 1-hydroxypyren.

Effekter af pyren og olie på polychaet bioturbation:

Vi har i laboratorie mikrokosmos påvist dosisafhængig pyren induceret inhibition af partikel mixning fra *Arenicola marina*, dels ved kvantitering af egestion, dels ved måling af begravelshastigheden af et ⁵¹Cr mærket toplag. Tilsvarende effekter er påvist for forskellige typer af olie. Omvendt har vi ved lave koncentrationer af pyren eller olie påvist en øget irrigation målt enten med den passive tracer Br⁻ eller med den partikelreaktive tracer Cd⁺⁺, tolket som et forsvar, hvorved toksiner flushes bort. Først ved højere koncentrationer ses et dosisafhængigt fald i irrigationen. Sammenligning af pyrens effekt på partikel mixing og væksthastighed i juvenile og voksne orm viste øget pyrenfølsomhed hos juvenile orm.

Grønsund-olie økotoksikologisk experiment:

Den første økotoxikologiske vurdering af oliespillet fra Baltic Carrier blev udført som et multiart semikronisk forsøg med organismer med ret forskellig livsstrategi. Udvalgte relevante arter som de infaunale polychaeter *Arenicola marina* og *Nereis diversicolor*, de infaunale muslinger *Mya arenaria* og to forskellige *Cerastoderma* arter (hjertemuslinger) og den epifaunale blåmusling *Mytilus edulis* blev eksponeret i 2½ måned i mikrokosmos. Mortalitet, vækst og adfærdsparmetre blev regelmæssigt monitoreret. Olien var langt mindre akut toksisk end forventet ud fra dens høje indhold af mindre PAHer. Mortalitet observeredes for nogle testarter, men først efter ret lang tid (uger til måneder). På den anden side var der tydelig påvirkning af adfærd og vækst af de fleste arter.

Delprojekt 4: Samspil mellem byttedyr og rovdyr i jord forurenet med toksiske forbindelser

Arbejdet i delprojekt 4 har været fokuseret på bakterier og protozoer og deres samspil.

Effekt af Hg

Vi fandt ingen effekt af Hg på predation. Nye forsøg om Hg-effekter på predation er igangsat (Johnsen, Ekelund, Binnerup & Rasmussen, in press).

Molekylær kvantificering af protozoer

Der er gennemført en ny aktivitet for at kunne kvantificere protozoer i jord ved hjælp af MPN-PCR-teknik. Denne teknik har vist nye veje til at kunne kvantificere protozoer mere pålideligt, ligesom ikke-dyrkbare jordbundsprotozoer nu også kan kvantificeres (Fredslund, Ekelund, Jacobsen & Johnsen, 2001). En matermatisk model er blevet udarbejdet, der muliggør, at man kan forudsige protozo-aktiviteten i en jordprøve. Modellen er nyttig, da protozo-aktivitet normalt ikke kan måles i jord (Ekelund, Frederiksen & Rønn 2001).

Effekt af PAH-forbindelser og opløsningsmidler til brug for eksperimentiel forurening af jord med PAH

Samspillet mellem protozoer og bakterier er blevet beskrevet i PAH-forurenet jord og slam. PAH havde kun ringe effekt på organismene (Klinge, Gejlsbjerg, Ekelund & Madsen, 2001). Et andet forsøg viste, at en række forskellige PAH-forbindelser kun påvirkede antallet af protozoer (MPN) og bakteriel diversitet (DGGE) svagt, og at en specifik proces som nitrifikation var langt mere følsom overfor PAH-tilsætning (Sverdrup, Ekelund, Krogh, Nielsen & Johnsen, 2001). Det er også blevet vist, at organiske opløsningsmidler, der bruges til at spike jord kunstigt med PAHer tilsyneladende påvirker organismene langt mere end PAHerne (Brinch, Ekelund & Jacobsen 2001). Dette arbejde er vigtigt ved fremtidige studier af PAH toxicitet.

Effekt af kobber

Kobber havde en effekt, både på antal af protozoer (MPN), deres diversitet (morphotyper), samt på mikrobiel biomasse (PLFA) og aktivitet (SIR). En del af effekten kunne forklares ved ændret prædation (predatory release) (Ekelund, Olsson & Johansen, accepted). Bakterien *Mycobacterium chlorophenolicus* viste sig at overleve i jord, mens kontrolbakterien *Pseudomonas chlororaphis* forsvandt. Dette kunne forklares ved, at *M. chlorophenolicus* ikke blev græsset af protozoer, mens kontrolbakterien *Pseudomonas chlororaphis* forsvandt (Rønn, Ekelund & Grunert, 2001). Det er et almindeligt fænomen, at bakterier tilsat til jord med henblik på jordrensning hurtigt forsvinder igen. En nærmere undersøgelse af hvilke egenskaber hos *M. chlorophenolicus*, der hæmmer predation kunne derfor være interessant.

Delprojekt 5: Økosystemer i forurennet jord og sediment, tilpasning til stress og ændringer i biomassesammensætningen

Der har været udført økosystemstudier i modelsystemer og på en feltlokalitet. I den terrestriske del er bakterier, protozoer, mikrolededyr og enkytræer undersøgt.

Der er lavet vidtspændende underbyggende metodologisk forskning i kvantificering af protozodiversiteten i jord (Ekelund, Rønn & Griffiths, 2001). I et internationalt samarbejde har undersøgelser af sammenhængen mellem diversitet og funktion vist, at protozoer er velegnede til at indikere generelle diversitetsændringer, der påvirker jordens funktion (Griffiths, Ritz, Bardgett, Cook, Christensen, Ekelund, Sørensen, Bååth, Bloem, deRuiter, Dolfing & Nicolardot, 2000, Griffiths, Ritz, Bardgett, Cook, Christensen, Ekelund, Sørensen, Muller & Bloem, 2001). Mikrofauna-successionsstudier har dannet baggrund for interessante sammenligninger mellem en naturligt artsfattig habitat og habitater, der er artsfattige på grund af forurening (Frederiksen, Kraglund & Ekelund 2001).

I felt-mesokosmosforsøget er effekten af dels tilsat dyrkningssubstrat og gennemvokset svampemycelium på jordens iboende svampeflora undersøgt. Pladespredning er foretaget på jordprøver fra begge behandlinger samt på kontroljord ved 0-, 9-, 26, og 46 ugers udtagninger. Ergosterol er målt ved alle udtagninger. Ved hjælp af disse analyser er dynamikken i svampediversitet og biomasse fulgt gennem sæsonen, og substratkvaliteten og samspillet mellem svampe har kunnet forklare de observerede mønstre. Tilsvarende er antallet af pyren og phenanthren nedbrydende bakteriestammer, samt det totale antal dyrkbare bakterier talt, og der er gennemført DGGE analyser af DNA oprenset direkte fra den ene jord mens den anden stadig mangler. Tællinger af antal og diversitet af primærnedbrydere følges tilsvarende op med tællinger af predatorerne, protozoer, springhaler og mider. Resultaterne fra undersøgelserne viser en markant forøgelse af den mikrobielle aktivitet i begge jorde, og især for jorden fra Ringe tidligere asfaltfabrik skete en kraftigt udvikling både i antallet og sammensætningen af protozo populationerne. En tilsvarende udvikling blev ikke set i jorden fra den tidligere B&W grund, hvor såvel sammensætningen som antallet af protozoer ikke ændrede sig lige så markant. I B&W jorden skete der heller ingen store skift i de bakterielle populationer beskrevet med DGGE på DNA ekstraheret direkte fra jorden (Jacobsen, Hestbjerg, Krogh og Ekelund, 2001).

En karakterisering af populationer på en tjæreforurennet grund, Ringe, har hidtil kun sporadisk kunnet knyttes til forureningsniveauer. Studier af enkelte PAH'er har dog klart vist deres giftighed over for de fleste invertebrater (Sverdrup et al. flere referencer). Laboratoriemesokosmosforsøg er udført for at undersøge mesofaunadiversitetens betydning for omsætning af organisk materiale med og uden PAH'en phenanthrene (Cortet 2000) En ny metode til bestemmelse af svampebiomasse, Near Infrared Spectroscopy (NIRS), er afprøvet i samarbejde med et fransk laboratorium og DJF. Feltjorden fra tjæreforureningen i Ringe er ved at blive undersøgt for effekter på mesofauna. Pyren anvendes som positiv kontrol.

Feltmålinger af populationsdynamik i en sandormepopulation:

Populationsdynamiske data på en 500 m transekt blev indsamlet over 14 måneder. Sandormes irrigation og fæcesproduktion blev målt både i felten og i laboratoriet. Forsøget er afsluttet og data er klar til statistisk analyse og modellering baseret på mikrokosmosforsøg med forskellige olietyper og forskellige infaunale arter. Et feltforsøg i området berørt af Baltic Carrier oliespildet vil supplere disse data med in situ data.

Modellering af sandormeirrigation

Vi har udviklet en 1-dimensionel model af sandormeirrigation som beskriver solut transport i sediment irrigeret af sandorm. Modellen inkorporerer pt ikke effekter af sedimentassocierede toksiner, men vores empirisk observerede effekter kan nemt inkorporeres i fremtidige modeller. Vi har desuden udviklet en 2 dimensional radial model som kan forudsige skæbnen af pyren i sediment med og uden sandormen *Arenicola marina*. Modelsimuleringer viste, at fjernelsen af pyren var 4 gange hurtigere i sediment med sandorme sammenlignet med sediment uden og at den primære fjernelses rute var flushing af pyren forårsaget af irrigation. Simuleringerne viste også at tilstedeværelsen af sandorme stimulerede den mikrobielle nedbrydning, men omsætnings hastigheden var for langsom til at denne proces havde signifikant betydning for skæbnen af pyren.

Grønsund olieforurening

BIOPRO-gruppen på RUC deltager sammen med DMU og Storstrøms Amt i overvågningen af miljøtilstanden i det olieforurende område samt i vurdering af oliens toksicitet i sediment- og biota. Nyudviklet kemometrisk metode fra BIOPRO aktiviteter anvendes til måling af sorption, fordampning, fotonedbrydning, opløsning og bionedbrydning.

Delprojekt 6: Risikovurdering af bioremedieret jord, herunder vurdering af genotoksicitet, toksicitet og bakterie-patogenitet, samt certificering:

Formålet med dette projekt er at undersøge risikoen ved forskellige typer af biologisk baseret oprensning. I projektet analyseres jordekstrakter for 21 udvalgte PAC' er, de genotoksiske effekter af ekstrakterne undersøges i forskellige *in vitro* assays med henblik på at identificere evt. dannede genotoksiske metabolitter samt i en *in vivo* assays på regnorme. Desuden undersøges den mulige opformering af særlige resistente og evt. patogene bakterier under jordrensningen. Samarbejdet med delprojekterne 2 og 5 har desuden ført til udvikling af en model til at vurdere effekterne af en kompleks PAC blanding i en forurennet jord på de organismer, der lever i jorden. De forskellige risikovurderingsmodeller vil blive sammenholdt, og resultaterne vil endvidere blive diskuteret i relation til juridisk praksis på området.

Jord/sediment-ekstraktion:

Der er udviklet en metode til ekstraktion af jordprøver. Flere metoder har været afprøvet. Mikrobølgeekstraktion viste sig som den mest optimale såvel til kemisk analyse som til mutagentestning. Metoden gav sammenlignelige resultater med ultralydsekstraktion, som har været hovedmetoden til de kemiske analyser i forbindelse med delprojekt 5 (Sverdrup, Ekelund, Krogh, Nielsen and Johnsen, 2001; Sverdrup, Kelley, Krogh, Nielsen, Jensen, Scott-Fordsmand and Stenersen, 2001; Sverdrup, Nielsen and Krogh, 2001).

En metode udviklet til sediment-ekstraktion ligledes baseret på MAE (Microwave Assisted Ekstraktion) kan anvendes for alle typer af sediment indtil 20 gram dw og med alle typer af olie. I olie kan der kvantificeres 105 oliekomponenter, fordelt på 11 kemiske grupper (Christensen, Hansen, Andersen and Mortensen, 2001).

Kemisk analyse:

Der er udført en interkalibrering mellem Risø og RUC med tilfredsstillende resultat. I feltforsøget blev der gennemført kemisk analyse af dichlormethan/acetone ekstrakter: Det totale indhold af de 21 PAC-forbindelser faldt med 44% fra 980 til 550 ppm i løbet af periodens første 180 dage i Ringe

jorden. Gruppen med lette PAC (Mw < 210, kun få mutagene/ carcinogene komponenter) faldt fra 640 til 255 ppm, og gruppen tunge PAC (Mw > 210, mange mutagene/carcinogene komponenter) faldt fra 340 til 295 ppm. I samme periode faldt Benz(a)pyren derimod kun fra 52 til 49 ppm. Ydermere blev der gennem forsøgets første 9 uger observeret en effekt af behandling 3, idet nedbrydning af hovedsageligt fluoranthen og i mindre grad pyren steg signifikant ved tilstedeværelse af *P. ostreatus* i forhold til kontrol jorden (behandling 1) samt jord tilsat autoklaveret savsmuldsaffald (behandling 2). Der blev ikke observeret et tilsvarende fald i det totale indhold af PAC'er i B&W jorden gennem 180 dage. (Christensen, Andersen and Nielsen, 2001; Hestbjerg, Willumsen, Christensen, and Jacobsen, 2001) .

Laboratorieforsøg: Nedbrydningen af pyren med *Pleurotus ostreatus* fører til et større antal metabolitter. En ny type af metabolit i bioremedieringssammenhæng er identificeret. Lactonen, 5H-phenanthro[4,5-bcd]pyran-5-on, er mutagen, og der observeres også, at pyren-nedbrydningen førte til en stigning i mutageniciteten. (Andersen, Nielsen, Brinch, Hestbjerg, Hansen and Jacobsen, 2000; Hestbjerg, Brinch and Nielsen, 2001; Nielsen, Hansen, Palsgaard, Hestbjerg and Jonassen, 2001). En metode til bestemmelse af PAC-metabolitter i regnorme er ved at være færdigudviklet.

In vitro genotokstestning :

1. Salmonella/mikrosom standardpladetesten er tilpasset testning af jordekstrakter. Fra feltforsøget med tilsætning af *P. ostreatus* blev ekstrakter af Ringe jord udtaget uge 0, 2, 9, 26 og 47 og testet for mutagen aktivitet i TA98. Desuden er ekstrakter af B&W jorden udtaget i uge 0, 9, 26 og 47 testet for mutagen aktivitet. De ekstrakter, der er anvendt til mutagentestning er de samme, som er anvendt til kemisk analyse. Resultaterne fra Ringe jorden viser en markant forøgelse af den mutagene aktivitet allerede efter 14 dage (32-38% forøgelse i forhold til startjorden). Efter 47 uger var den mutagene aktivitet steget yderligere med 63-66% i forhold til startjorden. Forøgelsen var størst for den ubehandlede jord, hvor der ikke blev tilsat østershat inokulum eller substrat (Binderup, Christensen & Svendsen, 2001,). Der sås også en stigning af den mutagene aktivitet i B&W jorden, men stigningen var ikke så markant. Disse resultater tyder på at nedbrydningen af PAC'erne medfører dannelse af mere mutagene metabolitter. En anden forklaring på stigningen i den mutagene aktivitet kunne være at de 3-ringede, ikke mutagene PAC'er, har en antagonistisk effekt på de mere højmolekylære mutagene PAC'er, og når disse fjernes fra blandingen stiger den mutagene aktivitet. Hvorvidt stigningen i mutagen aktivitet i *in vitro* tests er af human toksikologisk relevans er ikke afklaret i dette projekt, men de to hypoteser vil blive undersøgt i dyreforsøg i en fortsættelse af BIOPRO (BIOPROII). Ringe og B&W jorden blev genbehandlet med østershatte substrat og testet for mutagen aktivitet. Disse forsøg viste en stigning efterfulgt af et fald i mutagen aktivitet.

2. Salmonella/spiralplater assay er indkørt, og ekstrakter af Ringe jord fra uge 0, 2 og 26 er testet i TA98, TA100 og YG1024. Ekstrakter fra uge 0 er desuden testet i TA97, YG1021, YG1026, YG1029 og YG1042. Resultater fra *Salmonella*-spiralplater assayet med nitro-PAC og amino-PAC følsomme stammer viser at ingen af de testede jorde indeholder nitro-PAC'er, men indikerer et indhold af amino-PAH, idet der er et stærkt forøget respons i YG1024 (Binderup, Christensen og Svendsen, 2001). Der er observeret indikation med en kemisk metode på forekomsten af amino-PAH med molvægten 217 (aminopyrener og – fluoranthenere).

3. Umu-C testen er optimeret, så de farvede ekstrakter ikke interferer i den spektrofotometriske analyse. Jordekstrakter af jord genbehandlet med østershat substrat (fra uge 46-63) er testet for genotoksisk effekt. Resultaterne er i overensstemmelse med data fra *Salmonella*/standardpladetesten.

***In vivo* genotokstestning**

Comet-assay på regnorme: Der er udviklet en metode til bestemmelse af DNA skader på regnorme (Binderup, Jørgensen & Scott-Fordsmand, 2001a og b). Metoden kan anvendes *in situ*. Syv forskellige PAC'er i forskellige koncentrationer og med forskellige eksponeringstider er testet. Resultaterne i testen er i overensstemmelse med resultater fra Ames test (Scott-Fordsmand og Binderup, 2001). Regnorme blev desuden eksponeret for en stærkt forurenede Ringejord (total PAC koncentration ca. 1000 ppm) i 1-29 døgn samt for en Ringe jord behandlet med østershat i 46 uger (total PAC koncentration ca. 500 ppm). Der var en signifikant lavere genotoksisk effekt bestemt ved comet assay i orm eksponeret for oprenset jord sammenholdt med orm eksponeret for forurenede jord.

Samtidig blev den interne dosis af 21 forskellige PAC'er bestemt ved kemisk analyse.

Disse analyser viste at de lavmolekylære PAC'er optages og elimineres mellem 1-4 døgn, mens de genotoksiske 4-6 ringede PAC'er først optages efter 7 døgn, hvilket er i overensstemmelse med at den genotoksiske effekt af PAC forurenede jord først sås efter 7 døgn. Metoden synes således lovende som et instrument til at foretage en risikovurdering af forurenede/bioremedierede jorde.

Patogenitet:

Mange bakterier der beskrives som aktive i nedbrydning af PAH forbindelser, kan også findes i patogene typer. 11 september 2001 igangsattes en undersøgelse af antallet af *P. auroginosa* i jorde der oprenses med damp. Der er fundet stærkt forhøjede antal af *P. auroginosa* samt af svampen *Aspergillus fumigatus* i dampoprenset jord. Antallet af varmetolerante bakterier og svampe er herefter fulgt og det tyder på at antallet af disse organismer aftager langsomt, selv et år efter at opvarmningen af jorden er afsluttet. Resultatet har medført at embedslægen har orienteret beboerne om særlige forholdsregler.

Forekomsten af PAC i forurenede jord kunne ikke påvises at medføre en forøgelse i tilfældene af plasmidoverførsler i forhold til en kontroljord.

Risikovurdering:

Komplekse PAC blandinger som f.eks. i forurenede jord indeholder flere hundrede forskellige stoffer, men normalt identificerer og kvantificerer man kun 15-30 af disse. For human eksponering er den kritiske effekt kræft. Kun ganske få PAC'er er undersøgt i langtidsdyreforsøg, og for enkelte har det været muligt at tildele en relativ potensfaktor for kræft i forhold til benzo(a)pyren, som er en af de mest kræftfremkaldende og velundersøgte PAH'er.

Traditionelt baseres risikovurdering af PAC forurenede jord på baggrund af indholdet af en eller flere indikatorstoffer (Binderup et al, 2002).

Een metode er at basere risikovurderingen på koncentrationen af et enkelt indikatorstof. Oftest anvendes benz(a)pyren (BaP), dels fordi den er en af de mest kræftfremkaldende PAH'er, dels fordi den er målt i de fleste undersøgelser.

I de danske jordkvalitetskriterier er der ud over BaP kvalitetsgrænser for dibenz(ah)anthrazen (begge 0,1 mg/kg; relative potenser 1 og 1,1) samt for summen af 5 indikator PAH'er (1,5 mg/kg) som ud over de to foranstående omfatter: fluoranthen, benzo(b,j,k)fluoranthen og indeno(1,2,3-cd)pyren med de relative potenser 0,05; 0,05; 0,05; 0,1 og 0,1.

I nogle vurderinger går man ud fra, at de kræftfremkaldende PACer har en additiv effekt, og kan derfor beregne den samlede effekt af blandingen ved hjælp af de kemiske data og potensfaktorer for de identificerede stoffer. Nye undersøgelser viser dog at dette beregningsprincip ofte underestimerer den kræftfremkaldende effekt af blandingen, dels fordi det ikke er muligt at identificere alle stoffer i blandingen, dels fordi stofferne kan samvirke på mangfoldige måder i organismen og kombinationseffekten er ikke altid additiv og kan derfor være både antagonistisk (mindre end additiv) eller synergistisk (større end additiv). Det er derfor ønskeligt at udvikle metoder, hvor effekten af hele blandingen kan undersøges i egnede organismer/forsøgsdyr. I nærværende projekt er den mutagene potens af jordekstrakterne beregnet v.h.a. mutagen potensfaktorer af identificerede PACer og de beregnede værdier er sammenholdt med målte værdier. Disse beregninger viser også en underestimering af den målte genotoksiske effekt af hele blandingen.

I BIOPRO projektet har vi anvendt en række *in vitro* bakterie tests på ekstrakter af forurenede jord som screeningstests for genotoksisk/kræftfremkaldende effekt. *Salmonella*/standardpladetesten er en meget velvalideret *in vitro* mutagentest. De to andre tests er anvendt fordi de er hurtigere og dermed giver mulighed for at teste et større antal prøver. Resultaterne fra de 3 *in vitro* tests var sammenlignelige, men følsomheden var størst i *Salmonella*/standardpladetesten.

Testene blev udført på de samme opløsningsmiddelekstrakter, som blev anvendt til de kemiske analyser. Fordelen ved at teste hele ekstraktet er, at det er kombinationseffekten af hele blandingen man bestemmer. Ved at sammenholde de kemiske data med mutagen data, er det potentielt muligt at identificere "ukendte" mutagene stoffer herunder evt. dannede mutagene metabolitter (fx under biologisk oprensning af forurenede jord).

Biotilgængeligheden og toksiciteten af de enkelte stoffer for forskellige organismer vil bl.a. afhænge af forureningens alder og bindingen af stofferne til jorden, jordtype, herunder indhold af organisk stof, stoffernes fysiske/kemiske egenskaber fx opløselighed samt molekylstørrelse og struktur. Ved de ovennævnte kemiske analyser og mutagentests foretages jordekstraktionen med organiske opløsningsmidler under forholdsvis "hårdhændende" ekstraktionsbetingelser, fx ekstraktion i mikrobølgeovn ved 110°C. Med denne type laboratorieforsøg er det muligt at standardisere metoderne og dermed sammenligne resultater fra forskellige laboratorier og forskellige jordprøver. Resultaterne er et udtryk for den ekstraherbare mængde af PAC og dermed tæt på den totale mængde af PAC i jorden, men overestimerer højst sandsynligt den biotilgængelige PAC mængde. Der er derfor et behov for en metode, som giver et mere realistisk billede af den (geno)toksiske effekt af en kompleks miljøforurening, som PAC forurenede jord.

I BIOPRO er der blevet indkørt og anvendt en ny *in vivo* genotoks test: Comet assay på regnorme, som også kan anvendes *in situ*. Denne test ser ud til at være en lovende metode, som kan indgå i fremtidige risikovurderinger af jord, som er forurenede med potentielle kræftfremkaldende stoffer.

Fremtidige perspektiver

Forurenede jord udgør et stort problem, og der er et stigende behov for en realistisk vurdering af risikoen både for miljø og mennesker. En underestimering af risikoen kan have alvorlige følger for mennesker og miljø, mens en overestimering af risikoen kan betyde at store arealer fjernes/renses unødigt eller ligger uudnyttet hen. Der er samtidig et stigende behov for at kunne vurdere nytten af/risikoen ved en oprensning af forurenede jord. Ved biologisk oprensning af jord fjernes/omdannes en række af stofferne, men der er også en potentiel risiko for at nogle af disse stoffer er mere biotilgængelige og/eller giftige end udgangsstofferne.

De gængse metoder i dag til risikovurdering af jord er kemiske analyse af nogle få indikatorstoffer kombineret med toksikologiske data på enkeltstoffer. Der er kun rapporteret meget få studier, hvor kombinationseffekten af hele den komplekse jordforurening er undersøgt for genotoksisk/kræftfremkaldende effekt, og der er endnu ikke publiceret *in vivo* undersøgelser, hvor biotilgængeligheden i forskellige jordtyper samt dannelse af evt. toksiske omdannelsesprodukter ved en oprensning af jorden er undersøgt.

Resultaterne fra *in vitro* genotoksforsøgene indikerer at en biologisk oprensning af forurenede jord øger det genotoksiske potentiale af jorden. For bedre at kunne vurdere den humane risiko ved eksponering for forurenede og bioremedierede jord er der i fremtiden behov for dyreforsøg, hvor forurenede og bioremedierede jorde testes for genotoksisk effekt v.h.a. comet assay. Data fra sådanne forsøg skal sammenholdes med data fra comet assay på regnorm samt fra *in vitro* studier udført på jordekstrakter.

PROCESFORLØB

Fra ide til kontrakt

BIOPRO er et forskningssamarbejde, der blev foreslået oprettet 1) for at undersøge hvordan biologiske processer forløber i forurenede jord, samt 2) for at vurdere risikoen af forurenede jord over for mennesker og økosystemer. Den gennemgående tese for samarbejdet har været at forsøge at forstå de biologiske processer i forurenede jord gennem inddragelse af forskergrupper, der hver især har særlig kendskab til en vigtig organismegruppe som f. eks. bakterier og deres predatorer eller svampe og deres predatorer. Kernen af partnere bag forslaget havde samarbejdet i en tilsvarende konstruktion i projektet PEASE, der var finansieret af Miljøstyrelsen under Det tværministerielle Pesticidforskningsprogram. Gengangerne fra denne konstruktion var GEUS, KU populationsbiologi og DMU Silkeborg, som oprindeligt havde aftalt at forsøge at løfte en ansøgning til SMP's delprogram "Miljø- og sundhedsfarlige stoffer – SMP98". Denne konstruktion savnede en mykolog og Danmarks Jordbrugsforskning blev inddraget i arbejdet. Samtidig blev DMU Roskilde inddraget for at skaffe forskningserfaring med mikrobiologisk jordrensning. KU generel mikrobiologi blev inddraget for at kunne måle den biologisk tilgængelige fraktion af tungmetal, og DTU blev inddraget for at bidrage til en udvikling af bakterier med særlige egenskaber i forhold til forureningsbækæmpelse. Endelig blev der bygget en human risikovurdering på projektet, hvor Fødevarerdirektoratets Institut for Toksikologi skulle undersøge, om der skete nogle ønskede eller uønskede ændringer af jordens genotoksitet. Alle partnere blev inviteret med i ansøgningen af GEUS, ved Carsten Suhr Jacobsen.

Det oprindelige forslag blev af SMP's ledelsesgruppe foreslået udvidet med tre andre projekter i forbindelse med etableringen af et større center under SMP98 programmet på basis af den oprindelige BIOPRO ansøgning. To af projekterne (RISØ og RUC) indeholdt betydelige elementer af analytisk kemi, som var meget velkommet i centeret, der i den oprindelige ansøgning havde regnet med at benytte kommercielle laboratorier til PAH analyser. Desuden blev risikovurderings delprojektet tilføjet et juridisk projekt (AU). Alle tre tilkomne projekter fik finansiering, der svarer til en Ph.D. eller en 2 årig postdoc, hvilket også var de øvrige partners budget.

Centeret har i flere omgange søgt tillægsfinansiering fra SMP's ledelsesgruppe. En ansøgning om støtte til et samarbejdsprojekt mellem DTU og GEUS, vedrørende udvikling af atrazin-bindende og nedbrydende bakterier, blev imødekommet, og senere er en anden ansøgning om udvidelse af

risikovurderingsprojektet (KU-generel mikrobiologi, Fødevaredirektoratet, GEUS og RUC) blevet støttet. Fra den oprindelige ansøgning på godt 12 millioner er centerets samlede budget steget til godt 18,5 millioner

Økonomisk og faglig opdeling i delprojekter

BIOPRO er tænkt som ét stort samarbejdet projekt, hvor delprojekternes funktion har været at strukturere og synliggøre aktiviteterne i centeret, især i ansøgningsfasen, men også i forbindelse med BIOPRO's årlige rapporter. Delprojekterne er i større eller mindre grad integrerede med hinanden. På næste side er anført det oprindelige skema, der viser strukturen for centeret. Der er betydeligt personsammenfald mellem i de enkelte delprojekter – især omkring projekterne: "Bioremediation, Individual species, Prey-predator og Ecosystem". Delprojekt 6 "Risk assessment" er i nogle tilfælde stærkt integreret i de øvrige projekter, mens andre dele er mere løst tilknyttet forskningsmæssigt. Delprojekt 1 "Bacterial binders" er kun i begrænset omfang (stofsammenfald) integreret med det øvrige center.

Centerets struktur sakset fra den oprindelige ansøgning:

PROJECT	Bacterial Binders	Bioremediation	Individual species	Prey-predator	Ecosystems	Risk Assessment
	Improved binding and biodegradation of toxic compounds by bacteria	Bioremediation by introduced bacteria and fungi in soil and rhizosphere	Influence of toxic compounds on the activity of individual species in contaminated soil	Prey-predator relationships in soil contaminated with toxic compound	Biological ecosystems in contaminated soil, adaptation to stresses and changes of biomass composition	Risk assessment of bioremediated soil and sediments, genotoxicity of soil and sediments, pathogenicity of micro-organisms
PROJECT HEAD	Per Klemm DTU	Ulrich Karlson DMU, Roskilde	Søren J. Sørensen KU, Microbiology	Flemming Ekelund, KU, Population biology	Paul Henning Krogh, DMU, Silkeborg	Torben Nielsen, Risø
PROJECT PARTNERS	Ulrich Karlson, DMU R Søren J. Sørensen, KU M. Carsten S. Jacobsen, GEUS	Per Klemm, DTU Vibeke Ernstsen & Carsten S. Jacobsen, GEUS Susanne Elmholt, DJF Torben Nielsen, Risø Poul Erik Hansen, RUC	Paul Henning Krogh, DMU S. Flemming Ekelund, KU P. Kaare Johnsen, GEUS Susanne Elmholt, DJF Ulrich Karlson, DMU R.	Flemming Ekelund, KU P. Paul Henning Krogh, DMU S. Silkeborg Kaare Johnsen, GEUS Susanne Elmholt, DJF	Kaare Johnsen, GEUS Flemming Ekelund, KU.P. Susanne Elmholt, DJF	Mona-Lise Binderup, VFD Ellen Margrethe Basse, ÅU Ulrich Karlson, DMU R. Søren J. Sørensen, KU M Kaare Johnsen, GEUS
AIMS	Development of binders for PAC and heavy metals	Development of binders to rhizosphere compounds	Effects of toxic compounds on activity and survival of individual species of primary degraders	Effects of toxic compound on the predation of inoculated biodegrading bacteria and fungi	adaptation to stresses on a ecosystem level	genotoxicity and chemical composition of contaminated soils and sediments and bioremediated soils
	Transfer of PAC binding ability to soilbacteria	Survival and activity of plant root inoculated bacteria	Effects of toxic compounds on activity of individual species of predators	General effects of toxic compound on prey predator relationships	effects of toxic compounds on biodiversity of important groups of the biosystem	selection for bacteria constituting a potential health risk during bioremediation
	Development of Hg remediation system	Bioavailability of toxic compound in soil	Effects of toxic compounds on genetic adaptation		effects of toxic compound on food webs	

På grund af centerets struktur har BIOPRO fra starten søgt SMP's ledelsesgruppe om at fjerne et lag i administrationen, således at de anførte delprojektledere ikke var økonomisk ansvarlige for aktiviteterne i de enkelte delprojekter, men at alle deltagende institutioner derimod refererede direkte til centerledelsen. I forbindelse med kontraktskrivningen mellem centerlederen og de enkelte deltagende institutioner blev der lavet korte, faglige beskrivelser til de 10 kontrakter. Intentionen med disse var at sikre centerlederen et styringsværktøj, hvis samarbejdet ikke udviklede sig ønskeligt. De konkrete aftaler har senere indgået ved midtvejsevalueringen, men har ikke været brugt som "bevis" i diskussionerne, da de gennemførte ændringer i centerets forskningsaktiviteter og budgetter er sket i enighed mellem centerledelsen og de berørte partnere.

Bevillingen blev givet med kort varsel med startdato den 1. juli 1998, men reelt skete den første ansættelse først i efteråret 1998.

Planlægningsworkshops og fælles arbejdsgrupper

BIOPRO har afholdt fire planlægningsworkshops i internat (se bilag for nærmere oplysninger om de interne workshops). Den 1. planlægningsworkshop var i september 1998, hvor de forskellige partnere præsenterede sig selv og deres gruppers forskning. Den 2. planlægningsworkshop blev afholdt 1.-2. marts 1999, hvor BIOPRO tematisk/metodeorienteret forsøgte at starte samarbejdet om konkrete aktiviteter i centeret. Den 3. planlægningsworkshop blev afholdt 16.-17. marts 2000 og var præget af rapportering af resultater fra de første aktiviteter. Den 4. planlægningsworkshop blev afholdt 3.-4. april 2001 og var præget af en række resultater, herunder en del focus på 1. års feltforsøg.

De fire interne planlægningsworkshop er afholdt i internat på RUC's "Søminestation". Disse møder har fra starten muliggjort en aktiv dialog internt i centeret. Ved alle workshops har der deltaget mellem 30 og 40 personer: bestyrelsen, projektledere, post docs, Ph.D. og speciale studerende samt teknikere. Møder har ikke været annonceret offentligt, men der har ved 2 planlægningsworkshops deltaget en enkelt gæst.

De interne planlægningsworkshops har bidraget væsentligt til at deltagerne har haft mulighed for at søge oplagte såvel som mindre oplagte samarbejdspartnere inden for centeret. Centeret har været sammensat relativt tværfagligt, og de interne planlægningsworkshops har derfor haft betydning for at kunne forstå hinandens kerneinteresser og for at afklare, hvordan de enkelte partnere spiller med i centerets fælles arbejde.

Gennemførelsen af et stort fælles feltforsøg har i sig selv betydet meget for deltagernes opfattelse af at tilhøre ét center. En meget stor del af de interne planlægningsworkshops, og ad hoc møder mellem BIOPRO's forskere har haft det fælles feltforsøg på dagordenen. Gennem feltforsøget er næsten alle centerdeltagere aktive med at måle og analysere for netop deres speciale. Det gør, at kompleksiteten og grundigheden i feltforsøget er meget stor, også efter international målestok.

Frivillig midtvejs evaluering

Centerlederen iværksatte på eget initiativ en midtvejsevaluering i forsommeren 2000. Evalueringen lå på det tidspunkt, hvor halvdelen af centerets penge var brugt. Centeret havde i april 2000 igangsat dets fælles feltforsøg, og de første hektiske uger med analyser var overstået. På det tidspunkt var det

derfor muligt at se, om der var store forskelle mellem, hvad de enkelte partnere ønskede at lave oprindeligt, hvad der reelt var sket og hvad der skulle ske resten af tiden. Denne midtvejsevaluering blev gennemført på én dag, og referatet er vedlagt denne rapport som bilag. Helt generelt brugte vi selvevalueringen til at "aflive" nogle af de aktiviteter, der var beskrevet i det oprindelige materiale, og til at synliggøre nye aktiviteter, der ikke oprindeligt var detaljeret planlagt. Selvevalueringen fik en række konkrete resultater, bla gennemførte vi en overførsel af ca. 100.000 fra en partner til en anden som følge af flytning af en opgave af stor betydning for centeret.

Gennemførte og planlagte ændringer

Ændringer i forhold til de oprindeligt planlagte aktiviteter vil blive givet i næste kapitel idet de hænger sammen med målopfyldelsen.

MÅLOPFYLDELSE

Nedenstående skematiske fremstilling af BIOPRO's målopfyldelse er en mere detaljeret beskrivelse i forhold til de områder vi beskrev skematisk i den oprindelige ansøgning. De ændringer, der er sket i projektperioden, skyldes, at BIOPRO's politik har været at tilskynde til en dynamisk udvikling af forskningsopgaverne. Denne tilpasning er sket løbende, men i forbindelse med BIOPRO's halvvejsevaluering blev tilpasningerne konfirmeret af det samlede center. Herved undgik vi, at nogle partnere stod og var afhængige af en ydelse fra en anden partner, som måske aldrig kom (referat af denne halvvejsevaluering er vedlagt i bilag).

Nedenstående skemaer er opdelt i fire mulige "afkrydninger" for den enkelte aktivitet. Igangsat/afsluttet er ting der har stået i den oprindelige ansøgning eller på anden måde har været aftalt mellem partneren siden centerets start, og som er afsluttet eller stadig igang. Nye aktiviteter, der ikke har været planlagt / kunnet planlægges krydses af i "ny" mens rubrikken "venter" er til de aktiviteter, der endnu ikke er igangsat (det er ikke så mange). Endelig er rubrikken "opgivet" til en listning af de aktiviteter der er faldet bort i perioden.

Delprojekt 1

Delprojekt 1 udføres overvejende af DTU, med samarbejde til GEUS, KU-m og DMU-m. Det blev tidligt i projektet besluttet at opgive to projektdele som ikke var ordentligt gennemtænkt i projektforbereðelsen: binding til planterødder og Hg- fordampning. Begge aktiviteter blev diskuteret i forbindelse med den 1. og 2. planlægningsworkshop.

AKTIVITET	Igangsat/ afsluttet	Ny	Opgivet
Metal binding og bioakumulering (DTU)			
Optimering af metal binding (DTU)			
PCR på merA og merB (KU m)			
Leverer PAC nedbryder (GEUS)			
Test mutant (GEUS)			
PAC binding og nedbrydning (DTU)			
Biofordampning (KU-m og DTU)			
AG43 udtrykt i <i>Pseudomonas fluorescens</i>			
Binding til rhizosphere forbindelser			

Delprojekt 2

Delprojekt 2 udføres overvejende af DMU-Roskilde, GEUS, DJF og RUC. I forbindelse med feltforsøget koordineres det i delprojekt 2 og ved dette projekt er næste alle partnere involveret. Der har været kørt en del forsøg med både bakterier og svampe til optimering af jordrensning, og der har været undersøgt den naturlige macroinfaunas betydning for PAH omsætning i hav sediment.

AKTIVITET	Igangsat/ afsluttet	Ny	Opgivet
Mesokosmos (GEUS, DJF, KU-pop, DMU-Silkeborg, DMU-Roskilde, RUC, Fødevarerdirektoratet)			
Metode til humussorptions bestemmelse (RISØ)			
Phytoremediering (DMU-Roskilde)			
PAH-nedbrydende bakterier (DMU-Roskilde, GEUS)			
Dyrkning af <i>P. chryosporium</i> (DJF)			
Biotilgængelighed laboratorie (RUC)			
Makroinfaunas effekt på olie i sediment (RUC)			
Biotilgængelighed af atrazin (GEUS)			
Nedbrydning af azaarener (DMU-Roskilde)			
<i>P. ostreatus</i> og BOS55 til bioremediering (DJF, GEUS, RISØ, Fødevarerdirektoratet)			
Specifikt aktivitetsmål for <i>P. ostreatus</i> (GEUS, DJF)			
Kvantitativ PCR detektion af <i>P. putida</i> OUS82 (GEUS)			
MPN på PAH-nedbrydere (DMU-Roskilde)			
Mikrodistribution af tungmetaller i jord (GEUS)			
Nedbrydningsprodukter fra PAH (DMU-Roskilde)			

Delprojekt 3

Delprojekt 3 udføres overvejende af KU-mikrobiologi; DMU-silkeborg; KU-populationsbiologi og RUC. Der arbejdes med effekter af toksiske stoffer, alene eller i blandinger, på udvalgte grupper af organismer.

AKTIVITET	Igangsat/ afsluttet	Ny	Opgivet
DGGE protozoer (KU-pop, KU-mik, GEUS)			
Isolering og karakterisering af renkulturer (KU-pop, DJF og GEUS)			
Jord-protozoers NaCl tolerance (KU-Pop)			
Biotilgængelig Hg (Ku-m)			
Toksicitet af enkeltstoffer og stoffblandinger (DMU-tø)			
Toksicitet af olie/pyren på infauna (RUC)			
Review om metoder til diversitet (GEUS)			

Delprojekt 4

Delprojekt 4 udføres overvejende i samarbejde mellem GEUS; KU-populationsbiologi; KU-mikrobiologi; DMU-Silkeborg. Der arbejdes med at forstå fødekæders betydning for udviklingen i de jordboende populationer.

AKTIVITET	Igangsæt/ afsluttet	Ny	Opgivet
Hg effekt på predation (KU-pop, KU-mik, GEUS)			
Kobbertox på protozoer, bakterier og funktion (KU-pop)			
Predationseffekt i PAH nedbrydning i jord (KU-pop)			
Induktion af tungmetalresistens i protozoer (KU-pop)			
Diæt af bakterier (GEUS, KU-pop)			
Fodringsforsøg (DJF, DMU-Silkeborg)			
Kvantitativ PCR på protozoer i jord (GEUS, KU-pop)			
Generel protozoe aktivitetsmodel (KU-pop)			
Protist in subsoils (KU-pop)			
Multispecies standard test (DMU-pop)			

Delprojekt 5

Delprojekt 5 udføres overvejende af RUC, DMU-Silkeborg, KU-populationsbiologi; GEUS; KU-mikrobiologi. I projektet analyseres det samlede økosystem påvirkning af fremmedstoffer, og der udvikles metoder til bedre analyser af økosystemer.

AKTIVITET	Igangsæt/ afsluttet	Ny	Opgivet
Sediment/laboratorie (RUC)			
Multivariant analyse i felten (DMU-Silkeborg)			
Karakterisering af svampe i mesokosmos (DJF)			
Protozoe diversitet (KU-pop)			
DGGE på bakterier i mesokosmos (GEUS)			
Gradient af metal tox. (KU-mik)			
DNA-ekstraktion (GEUS, KU-mik)			
Feltkarakterisering i sediment (RUC)			
Total og specifik bakterietælling i mesokosmos (DMU-Ros.)			
Direkte tox på bakterie diversitet (GEUS, DMU Silkeborg)			
Redox-niveauer i sediment (RUC)			

Delprojekt 6

Delprojekt 6 udføres af næsten alle partnere i centeret, men Fødevarerdirektoratet og Århus Universitet har alle deres aktiviteter samlet her. Delprojektet er centerets risikovurderingsprojekt, hvor det forsøges at balance oplysninger fra de øvrige delprojekter sammen med genotoxikologisk viden, og dermed forsøge at bruge den opnåede viden til risikovurdering overfor mennesker.

AKTIVITET	Igangsæt/ afsluttet	Ny	Opgivet
Kemiske analyser (Risø og RUC)			
Ames test i ekstrakter fra laboratorieforsøg (Fødevarerdir.)			

Kvantitativ PCR af <i>merA</i> og <i>merB</i> (KU-mik.)			
COMET assay (Fødevarerdir., DMU-pop.)			
Nedbrydningsprodukter, kemisk analyse, incl. Videreudvikling af amino-PAH metode (Risø)			
Genotox aktivitet af oprenset jord (Fødevarerdir., RUC, Risø)			
Risikovurdering			
Modellering (DMU Roskilde)			
Nedbrydningsprodukter (DMU Roskilde)			
Genotox af enkelt stoffer (Fødevarerdir.)			
DNA ændringer (Fødevarerdir., DMU Silkeborg)			
Toxicitetsvurdering (DMU-Silkeborg, Risø)			
Genotox af olieprøver fra Grønsund			
Fraktionering (Risø)			
Validering af kvantitativ PCR i jord (KU-mik)			
Intern dosis (Fødevarerdir.)			
Opblomstring af potentielt patogene bakterier (GEUS)			
Spande til genotox (RUC, Fødevarerdir.)			

FORSKNINGSORGANISERING

Centerets ledelse

BIOPRO er etableret ved Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse med seniorforsker Carsten Suhr Jacobsen som centerleder. Centerets forskning er organiseret i seks delprojekter og de seks delprojektledere indgår sammen med centerlederen i centerets bestyrelse. Ud over de deltagende forskere har Bjørn K. Jensen som er forskningschef på DHI og Ulla Højsholt, som er tekniker i Miljøstyrelsens jordforureningskontor fast plads i bestyrelsen. Som observatør har biolog Astrid Zeuthen Jeppesen fra Amternes Videncenter for Jordforurening deltaget aktivt i bestyrelsen arbejde.

Centeret ledes dagligt af centerlederen, og centerlederen har ca. fire gange årligt sammenkaldt bestyrelsen til diskussion af aktuelle tiltag og mere overordnede retningslinier for centerets drift. I centerets juridiske konstruktion indgår endvidere en centerkomitee, der er indføjet for at sikre de enkelte deltagende institutioner et forum hvor de kan komme til orde. Centerkomiteen har ikke været indkaldt for at diskutere problemer mellem centerlederen og de enkelte deltagende institutioner.

Økosystemforskning kræver samarbejde

Forskningen i centeret er organiseret i én gruppe, hvor alle deltagende institutioner referere til hinanden. Opfyldelse af de fastlagte mål betyder for de fleste partnere, at de skal samarbejde med andre partnere i centeret i en større del af deres tid.

Dette gælder især for de aktive i de delprojekterne 2 til 5, hvorimod DTU i delprojekt 1 og Århus i delprojekt 6 er relativt uafhængige og hovedsagligt kan gennemføre deres forskning uden at være afhængige af den anden eller flere partnere i centersamarbejdet.

Økonomisk lighed forøger ansvarligheden

Ved tildeling af økonomiske midler i starten af projektet blev deltagerne bedt om at melde kun fuldtidsstillinger ind. Gennem denne konstruktion blev alle partnere sikret mindst 2 års post doc., og

der var ikke nogen der kunne forvente at køre med i samarbejdet med en mindre indsats end de andre.

Fælles forskningsinitiativ fastholder fokus

Ca. 1 million ud af de i alt 18,5 millioner er gået til at fremme fælles forskningsinitiativer. Denne pulje har sikret gennemførelsen af det store fælles feltforsøg, hvor studenter fra GEUS har forestået den praktiske anlæggelse og drift af forsøgene, bortset fra de to dage i april 2000 og 2001 hvor en række af de deltagende forskere var involveret i håndtering af den forurende jord. Se evt nærmere på vores hjemmeside, hvor opsætningen er vist. Pengene er i øvrigt gået til at højne det faglige miljø i centeret gennem at invitere udenlandske foredragsholdere til BIOPRO's åbne workshops.

FINANSIERING

BIOPRO's bestyrelse har ved et bestyrelsesmøde i slutningen af 1999 diskuteret om centeret som sådan skulle forsøge at rejse penge til forsknings- og rådgivningsaktiviteter ud over dem der blev finansieret af SMP98 puljen. Bestyrelsen besluttede, at man ikke ville bringe BIOPRO's navn i spil for at sikre en yderligere finansiering.

De enkelte partnere havde derimod frit slag for at søge penge til relaterede projekter.

Blandt disse tilgrænsede aktiviteter kan nævnes:

Undersøgelser af ændringer i jordens populationer af mikroorganismer og mikrolededyr i forbindelse med dampinjektion for at fjerne chlorede opløsningsmidler. John Jensen DMU-Silkeborg og Kaare Johnsen GEUS var ansvarlig for denne bevilling fra miljøstyrelsens teknologipulje.

Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd (SNF) har støttet Prof. S. Karpov (Univ. St. Petersborg) med kr. 150.000 så han kan opholde sig en periode ved KU for at karakterisere isolater.

SAMARBEJDE MED RELATERET FORSKNING

BIOPRO har ikke som selvstændigt center søgt andre samarbejder end samarbejdet med SMP97 centeret om at organisere konferencen Organic Soil Contaminants 2001. Centerets partnere deltager i en lang række af forskellige EU og nationale projekter projekter.

BIOPRO har kontakt til relevante brugergrupper gennem deres repræsentation i centerets bestyrelse. Det drejer sig om Miljøstyrelsen (ved Ulla Højsholt); Amternes videntcenter for Jordforurening (ved Astrid Zeuthen-Jeppesen) og de teknologiske seerviceinstitutioner (ved Bjørn K. Jensen / DHI).

FORMIDLING

Centeret har på sin første planlægningsworkshop aftalt en formidlingsstrategi. I hovedtræk går den på at BIOPRO's navn ikke frit må bruges i forbindelse med, hvad den enkelte partner har fundet ud af. Hovedreglen er, at man venter med journalistkontakt mm. til der foreligger et accepteret manuskript til et refereed internationalt tidsskrift.

Denne strategi er ikke i alle situationer mulig at følge, men det betyder, at den enkelte partner gerne må udtale sig om hvad han eller hun måtte finde for bevist, men blot at man ikke må bruge BIOPRO's navn.

Formidling i danske fagtidsskrifter følger samme hovedregel, idet det selvfølgelig ikke er noget problem at fortælle om planer og forsøgsopsætninger og foreløbige resultater, sålænge dette er klart. Hvis man derimod melder ud, at f.eks. toxiciteten af forurenede jord er meget større efter biologisk rensning end før er der blev foretaget rensning er det en kontroversiel nyhed og skal baseres på en kvalitetssikret originalpublikation. Hvis centeret skulle opfinde en metode, der kan bidrage til reduktion af uønskede effekter af forurende jorde eller sedimenter skal denne, efter patentering, hurtigst muligt søges nyttiggjort.

Periodisk liste over antal publikationer

	Refereed tidsskrifter	Bogkapitler	Foredrag og posters	Rapporter	Ikke forsknings- Interne
1998	0	0	2	0	1
1999	0	0	14	1	2
2000	12	4	24	8	1
2001	19	6	35	6	1
2002	14	2	0	0	14
2003	3	0	0	0	0
In press	8	3	0	0	0
Submitted	7	0	0	0	0

Publikationer i internationale tidsskrifter med referee

Bender, M., Brinch U.C. and Jacobsen, C.S. (accepted pending revision).

Distribution of *gfp*-tagged flagellar mutants of *Pseudomonas putida* OUS82 in soil columns, monitored by quantitative PCR.

Brinch, U.C., Ekelund, F. and Jacobsen, C.S. (2002)

Method for spiking soil samples with organic compounds.

Appl. Environ. Microbiol. 68(4):1808-1816

Christensen, M., Banta, G. & Andersen, O. (2002).

Metabolism of pyrene by the Polychaetes *Nereis diversicolor* and *Arenicola marina*.

Aquatic Toxicology 58:15-25

Christensen, M., Banta, G. & Andersen, O. (2002).

Effects of the polychaetes *Nereis diversicolor* and *Arenicola marina* on the fate and distribution of pyrene in sediment.

Marine Ecology Progress Series 237:159-172

Cortet, J., Joffre, R., Elmholt, S. & Krogh, P.H. (in press)

Effects of increasing species and trophic diversity of mesofauna on fungal biomass, mesofauna structure community and organic matter decomposition processes.

Biology and Fertility of Soils

Ekelund, F. (2002)

Tolerance of soil flagellates to increased NaCl levels.

J. Eukaryot. Microbiol. 49(4):324-328

Ekelund, F., Frederiksen, H.B. & Rønn, R. (2002).

Population dynamics of active and total ciliate populations in arable soil amended with wheat.

Appl. Environ. Microbiol. 68(3):1096-1101

Ekelund, F., Olsson, S. & Johansen, A. (accepted).

Changes in the succession and diversity of protozoan and microbial populations in soil spiked with a range of copper concentrations.

Ekelund, F., Rønn, R. & Christensen, S. (2001).

Distribution with depth of protozoa, bacteria, and fungi in soil profiles from three Danish forest sites.

Soil Biol. Biochem. 33, 475-481.

Ekelund, F., Rønn, R., Griffiths, B.S. (2001)
Quantitative estimation of flagellate community structure and diversity in soil samples.
Protist 152(4):301-314.

Ellingsøe, P. & Johnsen, K. (2002)
Influence of Soil Sample Sizes on the Recovery of Microbial Diversity
Soil Biol. Biochem. 34(11):1701-1707

Frederiksen, H.B., Kraglund, H-O. and Ekelund, F. (2001).
Microfaunal primary succession on the volcanic island Surtsey (Iceland).
Polar Research 20: 61-73.

Fredslund, L., Ekelund, F., Jacobsen, C.S. & Johnsen, K. (2001).
Development and application of a most probable number-PCR assay to quantify flagellate populations in soil samples.
Applied and Environmental Microbiology: 67: 1613 - 1618.

Frette, L., Jørgensen, N.O.G., Nybroe, O., Johnsen, K., & Kroer, N. (submitted)
Relationship between phylogenetic and functional diversity of bacterioplankton communities.

Griffiths, B.S., Ritz, K., Bardgett, R.D., Cook, R., Christensen, S., Ekelund, F., Sørensen, S.J., Bååth, E., Bloem, J., de Ruyter, P.C., Dolfing, J. & Nicolardot, B. (2000).
Ecosystem response of pasture soil communities to fumigation-induced microbial diversity reductions: an examination of the biodiversity-ecosystem function relationship.
Oikos., 90, 279-294.

Griffiths, B.S., Ritz, K., Wheatley, R., Kuan, H.L., Fenwick, C., Christensen, S., Ekelund, F., Sørensen, S.J., Muller S. and Bloem, J. (2001)
An examination of the biodiversity-ecosystem function relationship in arable soil microbial communities.
Soil Biol. Biochem.33:1713-1722

Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., and Jacobsen, C.S. (2003).
Influence of *Pleurotus ostreatus* and bacteria on bioremediation during field application of commercial mushroom refuse.
Environ. Toxicol. Chem. 22(4):692-698

Holmstrup, M., Bayley, M., Sjørnsen, H., Højer, R., Bossen, S. & Friis, K. (2000).
Interactions between environmental pollution and cold tolerance of soil invertebrates: A neglected field of research.
Cryo-Letters, no. 21, 309-314.

Holtze, M.S., Ekelund, F., Rasmussen, L.D., Jacobsen, C.S. & Johnsen, K. (accepted pending revision)
Effects of mercury on prey-predator dynamics in populations of culturable bacteria and protozoa in soil.

Holtze, M.S., Nielsen, P., Ekelund, F., Rasmussen, L.D. & Johnsen, K. (submitted)
Enhancement of isolates related to *Pseudomonas frederiksbergensis* and *P. migulae* in mercury-spiked soil as revealed by FT-IR characterisation and 16S rDNA partial sequencing of representative isolates.

Jacobsen, C.S., Shapir, N., Christensen, L.O., Jensen, E.H., Juhler, R.K., Streibig, J.C., Mandelbaum, R. and Helweg A. (2001)
Bioavailability of triazine herbicides in a sandy soil profile.
Biology and Fertility of Soils 33:501-506

Jensen, A-M.B., Finster, K.W. & Karlson, U. (2003).
Degradation of carbazole, dibenzothiophene and dibenzofuran at low temperature by *Pseudomonas migulae* strain C3211.
Environ. Toxicol. Chem. volume 22(4):730-735

- Jensen, J. & Sverdrup, L.E. (2002)
 Joint Toxicity of Linear Alkylbenzene Sulphonates (LAS) and Pyrene on *Folsomia fimetaria*.
52(1):75-82
- Johnsen, A.R., Bendixen, K. and Karlson, U. (2002).
 Detection of microbial growth on polycyclic aromatic hydrocarbons in microtiter plates using the respiration indicator WST-1.
Appl. Environ. Microbiol. 68:2683-2689.
- Johnsen, A. R. & Karlson, U. (in press).
 Evaluation of bacterial strategies to promote the bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).
Appl. Microbiol and Biotech
- Johnsen, A. R., Wick, L. & Harms, H. (submitted).
 Principles of microbial PAH-degradation – A review
- Johnsen, K., Ekelund, F., Binnerup, S.J. & Rasmussen, L.D. (in press)
 Mercury decreases culturability of *Pseudomonas frederiksbergensis* JAJ 28 in soil microcosms.
Current Microbiology
- Johnsen, K., Jacobsen, C.S., Torsvik, V. and Sørensen, J. (2001)
 Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils – a review.
Biology and Fertility of Soils 33:443-453
- Kjærsgaard, K., Schembri, M.A., Hasman, H. & Klemm, P. (2000).
 Antigen 43 from *Escherichia coli* induces inter- and intraspecies cell aggregation and colony morphology changes in *Pseudomonas fluorescens*.
J. Bacteriol. 182:4789-4796.
- Kjærsgaard, K., Schembri, M.A. & Klemm, P. (2001).
 Novel Zn²⁺ -chelating peptides selected from a fimbriae-displayed random peptide library.
Appl. Environ. Microbiol. 67(12):5467-5473
- Kjærsgaard, K., Schembri, M.A., Ramos, C., Molin, S. & Klemm, P. (2000).
 Antigen 43 facilitates establishment of polyspecies biofilms.
Environ. Microbiol. 2: 695-702.
- Kjærsgaard, K., Sørensen, J.K., Schembri, M.A. & Klemm, P. (2000).
 Sequestration of zinc oxide by fimbrial designer chelators.
Appl. Environ. Microbiol. 66:10-14.
- Kjærsgaard, K., Hasman, H., Schrembi, M.A. & Klemm, P. (2002). Antigen43-mediated autotransporter display: a versatile bacterial surface display system. *J. Bacteriol.* 184(15):4197-4204
- Klinge, C., Gejlsbjerg, B., Ekelund, F. and Madsen, T. (2001).
 Effects of Sludge-amendment on Mineralization of Pyrene and Microorganisms in Sludge and Soil.
*Chemosphere.*45(4-5):625-634.
- Klemm, P. & Schembri, M.A. (2000).
 Fimbrial surface display systems in bacteria, from vaccines to random peptide libraries.
Microbiology 146:3025-3032.
- Klemm, P. & Schembri, M.A. (2000).
 Fimbriae-assisted bacterial surface display of heterologous peptides.
Int. J. Med. Microbiol. 290:215-221.
- Kollist-Siigur, K., Nielsen, T., Grøn, C., Hansen, P.E., Helweg, C., Jonassen, K.E.N., Jørgensen, O. and Kirso, U. (2001).

Sorption of Polycyclic Aromatic Compounds to Humic and Fulvic Acid HPLC Column Materials.
J. Environ. Qual. 30:526-537.

Müller, A.K., Westergaard, K, Christensen S. & Sørensen S.J. (2001).
The Effect of Long Term Mercury Pollution on the Soil Microbial Community.
FEMS Microbiology Ecology 36:10-19.

Müller, A.K., Westergaard, K, Christensen S. & Sørensen S.J. (2002).
The diversity, structure and function of soil microbial communities exposed to different disturbances.
Microbial Ecol. 44:49-58.

Hansen, L.H. & Sørensen, S.J. (2000).
Versatile biosensor vectors for detection and quantification of mercury.
FEMS Microbiology Letters 193:123-127

Olsen, B.E. (2001).
Voluntary Standards as an Instrument in Environmental Regulations: The Problem of Contaminated Soil.
Environmental Liability, Volume 9(2):53-64

Rasmussen, L.D., Ekelund, F., Hansen, L.H., Sørensen, S.J. and Johnsen, K. (2001).
Group specific PCR Primers to Amplify 24S α -subunit rRNA Genes from Kinetoplastida (Protozoa) Used in
Denaturing Gradient Gel Electrophoresis.
Microbial Ecology. 42:109-115.

Rasmussen, L.D. & Sørensen, S.J., (2001).
Effects of mercury contamination on the culturable heterotrophic, functional and genetic diversity of the bacterial
community in soil.
FEMS Microbiology Ecology 36:1-9.

Rasmussen, L.D, Sørensen, S.J., Turner,R.R., and Barkay, T. (2000).
Application of a MER-LUX biosensor for estimating bioavailable mercury in soil.
Soil Biology and Biochemistry. 32:639-646.

Rønn, R., Ekelund, F. and Grunert, J. (2001).
Protozoan predation on the bacteria *Mycobacterium chlorophenolicus* and *Pseudomonas chlororaphis* in soil
microcosms.
Biol. Fert. Soils. 33:126-131.

Scott-Fordsmand, J.J., Krogh, P.H. and Weeks, J.M. (2000).
Responses of *Folsomia fimetaria* (Collembola: Isotomidae) to copper under different soil copper contamination
histories, in relation to risk assessment.
Environmental Toxicology and Chemistry 19:1297-1303.

Scott-Fordsmand, J.J., Weeks, J.M. & Hopkin, S.P. (2000).
The importance of contamination history for understanding the toxicity of copper to the earthworm *Eisenia fetida*
(Oligochaeta: annelida), using the neutral-red retention assay.
Environmental Toxicology and Chemistry 19:1774-1780.

Sjursen, H., Sverdrup, L.E. and Krogh, P.H. (2001).
Effects of polycyclic aromatic compounds on the drought tolerance of *Folsomia fimetaria* (Collembola, Isotomidae).
Environmental Toxicology and Chemistry. 20:2899-2902.

Sverdrup, L.E., Ekelund, F., Krogh, P.H., Nielsen, T. & Johnsen, K. (2002).
Soil microbial toxicity of eight polycyclic aromatic compounds: effects on nitrification, the genetic diversity of bacteria
and the total number of protozoans.
Environ. Tox. Chem. 21:1644-1650

Sverdrup, L.E., Jensen, J., Krogh, P.H. and Stenersen, J. (2002).

Studies on the effect of soil aging on the toxicity of pyrene and phenanthrene to a soil dwelling springtail.
Environ. Tox. Chem. 21:489-492

Sverdrup, L.E., Jensen, J., Kelley, A.E., Krogh, P.H., and Stenersen, J. (2002).
Effects of eight polycyclic aromatic compounds on the survival and reproduction of the enchytraeid *Enchytraeus crypticus* (Oligochaeta, Clitellata)
Environ. Tox. Chem. 21:109-114

Sverdrup L.E., Kelley, A.E., Krogh, P.H., Nielsen, T., Jensen, J., Scott-Fordsmand, J.J. and Stenersen, J. (2001).
Effects of eight polycyclic aromatic compounds on the survival and reproduction of the springtail *Folsomia fimetaria* (Collembola, Isotomidae).
Environ. Toxicol. Chem. 20:1332-1338.

Sverdrup, L.E., Nielsen, T. and Krogh, P.H. (2002).
Soil ecotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in relation to soil sorption, lipophilicity and water solubility.
Environ. Sci. Tech. 36(11):2429-2435.

Sverdrup, L.E., Nielsen, T. & Krogh, P.H. (in press).
Toxicity of eight polycyclic aromatic compounds to the earthworm *Eisenia veneta*, and comparison with springtail (*Folsomia fimetaria*) and enchytraeid (*Enchytraeus crypticus*) sensitivity.
Environmental Toxicology and Chemistry.

Timmermann, K. & Andersen, O. (2003)
Bioavailability of pyrene to the deposit feeding polychaete *Arenicola marina*. Importance of sediment versus porewater uptake routes.
Marine Progress Series 246:163-172.

Timmerman, K., Christensen J. and Banta, G.T. (2002)
Modeling of advective solute transport in sandy sediments inhabited by the lugworm *Arenicola marina*.
J. Mar. Res. 60:151-169.

Thirup, L., Ekelund, F., Johnsen, K. & Jacobsen, C.S. (2000).
Population dynamics of the fast-growing sub-populations of *Pseudomonas* and total bacteria, and their protozoan grazers, revealed by fenpropimorph treatment.
Soil Biology and Biochemistry 32:1615-1623.

Thirup, L., Johnsen, K., Torsvik, V., Spliid, N.H. & Jacobsen, C.S. (2001).
Effects of Fenpropimorph on Bacteria and Fungi during Decomposition of Barley Roots.
Soil Biology & Biochemistry, 33:1517-1524.

Thirup, L., Johnsen, K., Winding, A. (2001).
Succession of Indigenous *Pseudomonas* spp. and Actinomycetes on Barley Roots Affected by the Antagonistic Strain *Pseudomonas fluorescens* DR54 and the Fungicide Imazalil.
Appl. Environ. Microbiol. 67:1147-1153.

Trapp, S., Zambrano, K.C., Kusk, K.O. & Karlson, U. (2000).
A Phytotoxicity Test Using Transpiration of Willows.
Arch. Env. Contam. Toxicol., 39:154-160.

Willumsen PA, Johansen JE, Karlson U & Hansen BM. (Submitted)
Isolation and taxonomic affiliation of N-heterocyclic aromatic hydrocarbon-transforming bacteria.

Willumsen, P.A., Karlson, U. Stackebrandt, E. and Kroppenstedt, R.M. (2001).
Mycobacterium frederiksbergense sp. nov., a new polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading *Mycobacterium*.
International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 51:1715-1722.

Willumsen, P.A., Nielsen, J.K. & Karlson, U. (2001).

Degradation of phenanthrene-analogue azaarenes by *Mycobacterium gilvum* strain LB307T under aerobic conditions. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56:539-544.

Aagot, N., Nybroe, O., Nielsen, P. & Johnsen, K. (2001).

An altered *Pseudomonas* diversity is recovered from soil by using nutrient-poor *Pseudomonas*-selective soil extract media.

Appl. Environ. Microbiol. 67:5233-5239

Bogkapitler

Andersen, O., Rasmussen, A.D., Timmermann, K., Christensen, M., Banta, G.T. (2001)

Effect of polychaete bioturbation on sediment-water fluxes of pyrene or cadmium.

In: Brebbia, C. *Water Pollution VI. Modelling, measuring, prediction.* WIT Press, Southampton. Pp 357-366

Basse, E.M. (2000).

"Legal aspects of Soil Pollution and Decontamination in Denmark".

In: René Seerden and Kurt Deketelaere (eds.) "Legal Aspects of Soil Pollution and Decontamination in the EU Member States and the United States", Tilburg and Groningen, Intersentia/Metro. pp. 67-90

Basse, E.M. (2001).

Miljøretten I "Almindelige emner" kapitel 7 "Internationale aktører og retskilder, pp. 243-258, Jurist- og Økonomforbundets Forlag.

Basse, E.M. & Larsen, F. (2001).

Miljøretten III "Affald, jord, råstoffer og undergrund", kapitel 1 "Ressourcer og kortlægning", pp. 17-43, Jurist- og Økonomforbundets Forlag.

Basse, E.M. & Olsen, B.E. (2001).

Miljøretten I Almindelige emner, kapitel 8 "Danske myndigheder og kompetencer, pp. 259-294.

Basse, E.M. og Olsen, B.E. (2001).

Miljøretten I Almindelige emner, kapitel 9 "Virkemidler", pp. 295-396, Jurist- og Økonomforbundets Forlag.

Bloem, J., Schouten, A.J., Sørensen, S.J. & Breure, A.M. (in press).

Application of microbial indicators in ecological approaches to monitor soil quality.

Accepted for publication in COST 831 annual report 2001.

Christensen, J.H., Hansen, A.B., Andersen, O. & Mortensen J. (2000).

Development of a hyphenated analytical and chemometric method used in petroleum characterization and degradation studies.

In: Rodriguez GR, Brebbia CA. *Oil and hydrocarbon spills II. Modelling, analysis and control.* Southampton: WIT Press 2000 pp 189-198

Christensen, J.H., Hansen, A.B., Mortens, J. & Andersen, O. (2002).

A preliminary study on fate of oil in marine sediments inhabited by the polychaete *Nereis diversicolor*. In: Brebbia CA, ed. *Oil and hydrocarbon spills III. Modelling, analysis and control.* Southampton: WIT Press 2002 pp. 289-300.

Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., Andersen, O. & Jacobsen, C.S. (2002).

Field Scale Bioremediation of Tar contaminated Soil with commercial Mushroom *Pleurotus ostreatus* refuse. In:

Brebbia, C.A. (ed.) *Oil and hydrocarbon spills III. Modelling, analysis and control.* Southampton: WIT Press pp 231-239.

Olsen, B.E. (2001).

Miljøretten III "Affald, jord, råstoffer og undergrund", kapitel 4 "Flytning, bortskaffelse og anvendelse af jord", pp. 227-258, Jurist- og Økonomforbundets Forlag.

Scott-Fordsmand J.J. & Jensen J. (in press).

Quality criteria in Denmark. In: The use of species sensitivity distributions (SSD) in Ecotoxicology. Eds Posthuma L, Suter GW. SETAC press, FL, USA.

Sørensen, S.J., de Liphay, J.R., Müller, A.K., Barkay, T., Hansen, L.H. & Rasmussen, L.D. (in press). Molecular methods for assessing and manipulating the diversity of microbial populations and processes. "Enzymes in the Environment". Ed. Richard Burns, Marcel Dekker

Timmermann, K., Christensen, M., Banta, G. & Andersen, O. (2000). Bioavailability and metabolism of pyrene in sediments with polychaetes *Nereis diversicolor* and *Arenicola marina*. In: Rodriguez GR, Brebbia CA. Oil and hydrocarbon spills II. Modelling, analysis and control. Southampton: WIT Press 2000 pp 85-94.

Ziechmann, W., Hübner, M., Jonassen, K.E.N., Batsberg, W., Nielsen, T., Hahner, S., Hansen, P.E. and Gudmundson, A.-L. (2000).

Humic substances and humification.

In: E.A. Ghabbour and G. Davies, Eds., Humic Substances Versatile Components of Plants, Soil and water. Royal Soc. Chem. Cambridge, 2000. ISBN: 0 85404 855 3.

Abstracts af orale eller poster præsentationer

Andersen, O., Clausen, G., Banta, G., Rasmussen, A.D., Klinge, L. & Hansen, R. (2000). Population and allometric analyses of *Arenicola marina* inhabiting a sandflat in Roskilde Fjord: A preliminary attempt to quantify bioturbation. Poster, 11. Danske Havforsker møde, januar 2000, Roskilde, Danmark.

Andersen, M.P., Nielsen, T., Brinch, U.C., Hestbjerg, H., Hansen, H.C.B. and Jacobsen, C.S. (2001). Optimizing pyrene degradation using refuse from *Pleurotus ostreatus* production. 6th International Symp. On In Situ and On-Site Bioremediation. Battelle, San Diego, California 4-7th June 2001.

Andersen, O., Rasmussen, A.D., Timmermann, K., Christensen, M. & Banta, G. (2001). Effect of polychaete bioturbation on sediment-water fluxes of pyrene or cadmium. Oral presentation at Water Pollution, International Conference, Rhodes, Greece, September 17-19, 2001

Andersen, O., Timmermann, K., Christensen, M. & Banta, G. (2000). Bioavailability and metabolism of pyrene in sediments with polychaetes *Nereis diversicolor* and *Arenicola marina*. Oral presentation, Oil Spill 2000, Las Palmas, September 2000.

Andersen, O., Timmermann, K., Christensen, M., Hansen, R. & Banta, G. (2000). Risk Assessment of Marine PAH Pollution: Sediment Quality Criteria Based on Equilibrium Partitioning or on Bioavailability from ingested Sediment. Oral presentation, BIOPRO International Workshop, Copenhagen, December 2000.

Banta, G.T., Andersen, O., Holmer, M., Rasmussen, A.D., Forbes, T.L., and Frederiksen, L. (2000). Gensidige interaktioner mellem bioturbierende infauna og olieforurening - Et sediment forsøg med sandormen *Arenicola marina*. Foredrag, 11. Danske Havforsker møde, januar 2000, Roskilde, Danmark.

Banta, G.T., Conley, D.J., Rasmussen, A.D., Timmermann, K., Christensen, J. and Andersen, O. (1998). Bioturbation by the lugworm *Arenicola marina* - Implications for transport and distribution of materials in tidal flats. Organism-Sediment Interactions Symposium/workshop. October 23-25, Georgetown, SC.

Banta, G.T., Forbes, T.L., Holmer, M., Lund, T., Kure, L., Rasmussen, A.D., Timmermann, K. and Andersen, O. (1999).

A contribution to reducing uncertainty in risk assessments of polluted sediments?

9th Annual Meeting of SETAC- Europe. May 25-29, Leipzig, Germany.

Banta, G.T., Timmerman, K., Rasmussen, A.D., Frederiksen, L. and Andersen, O. (1999).

Pollutant effects on bioturbation - an added wrinkle in interactions between geochemistry and the benthos.

American Society of Limnology and Oceanography (ASLO) Aquatic Sciences Meeting. February 1-5, Santa Fe, NM. p. 19.

Basse, E.M. (2000).

Development of Soil Quality Standards as Part of the EU Harmonisation and National Traditions. Paper præsenteret ved "Environmental Law & Policy Conference", Århus, September 2000

Bendixen, K. and Karlson U., (2001).

Phytoremediation of PAHs-Who does what?

Organic Soil Contaminants 2001, SETAC Europe Conference, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark.

Binderup ML, Christensen M, and Scott-Fordsmand JJ (2003). Risk assessment of PAC polluted and bioremediated soils, 7th International Symposium on In situ and on-situ Bioremediation, June 2-5, Orlando Florida.

Binderup ML, Christensen M, and Scott-Fordsmand JJ (2002). Earthworms (*Eisenia veneta*) used in biomonitoring studies of soil pollution. NordEMS workshop. 18-20 June. Finnhamn, Sweden.

Binderup ML, Christensen M, and Scott-Fordsmand JJ (2002). Earthworms (*Eisenia veneta*) used in biomonitoring studies of soil pollution. Setac Europe 12th Annual Meeting. 12-16 May. Vienna. Austria.

Binderup, M-L., Christensen, M. and Svendsen, G.W. (2001).

Genotoxicity testing and chemical analyses of PAC contaminated and bioremediated soils.

ISPAC 18, Cincinnati, Ohio, September 2001

Binderup, M-L., Jørgensen, V. and Scott-Fordsmand, J.J. (2001).

Earthworms (*Eisenia veneta*) used in biomonitoring studies of soil pollution.

International Comet-assay workshop, Ulm, Germany, 22. - 24. July 2001

Binderup, M.L., Jørgensen, V. and Scott-Fordsmand, J.J. (2001).

The usage of the Comet-assay on coelomocytes from earthworms (*Eisenia veneta*) as an in situ assay of polluted soil.

Setac Europe, Copenhagen, Denmark, 2-5 september 2001.

Bloem, J., Sørensen, S. Schouten, T. & Breure, A.M. (2000).

Methodological approaches and tools to evaluate soil quality.

Combined Meeting of COST Action 831. Workshop on Evaluating Soil Quality. 18 - 20 May, Kiel, Germany (oral).

Brinch, U.C., Ekelund, F. and Jacobsen, C.S. (1999).

Artificial contamination of soil with PAH's leads to unwanted changes in composition of bacterial and protozoan

populations. BACEGO-6, 6th symposium on bacterial genetics and ecology, Florence, Italy, 20-24 June 1999

Christensen, M., Andersen, O. and Nielsen, T. (2001).

Bioremediation of polycyclic aromatic compounds in soils - a field experiment.

Proc. SETAC meeting september 2001.

Christensen, M., Andersen, O. & Banta, G. (2000).

Metabolisme og fordeling af pyren i sediment mikrokosmos; effekter af *Arenicola marina* og *Nereis diversicolor*.

Poster, 11. Danske Havforskermøde, januar 2000, Roskilde, Danmark.

Christensen, M., Banta, G. & Andersen, O. (1999).

Fate and removal of pyrene from sediment inhabited by the polychaete *Nereis diversicolor*.

Poster, 17th international symposium on polycyclic aromatic compounds, October 1999, Bordeaux, France.

- Christensen, J.H., Hansen, A.B., Andersen, O. & Mortensen, J. (2001).
Development of a hyphenated analytical and chemometric method used in petroleum characterization and degradation studies.
Poster, 11. Danske Havforskermøde, januar, Roskilde, Danmark.
- Christensen, J.H., Hansen, A.B., Andersen, O. & Mortensen, J. (2000).
Development of a hyphenated analytical and chemometric method used in petroleum characterization and degradation studies.
Oral presentation, Oil Spill 2000, Las Palmas, September 2000.
- Clausen, G.B., Larsen, L., Johnsen, K., de Liphay, J.L. & Aamand, J. (2001).
Quantification of the atrazine-mineralizing bacterium *Pseudomonas* sp. strain ADP in groundwater sediment by quantitative competitive polymerase chain reaction.
ISME, August 2001, Amsterdam, The Netherlands
- Ekelund, F. (2001).
A simple mathematical description of ciliate dynamics in soil.
Scandinavian Section of the Society of Protozoologists, Annual meeting, Helsingør, April 6.
- Ekelund, F. (2001).
Quantitative and qualitative estimation of soil protozoa by means of conventional and molecular techniques.
Swiss Federal Institute of Technology (EPFL) Lausanne. The 19th of March 2001.
- Ekelund, F. (2001).
Estimation of protozoan diversity in soil.
British Section of the Society of Protozoologists, Autumn Meeting, 3rd September 2001, Linnean Society, London.
- Ekelund, F., Frederiksen, H.B., Rønn, R. (2000).
Estimation of protozoan abundance in soil.
XIII International Colloquium on Soil Zoology. Ceske Budejovice, 14 - 18 August 2000.
- Ekelund, F., Fredslund, L., Jacobsen, C.S. & Johnsen K. (2001).
Quantification of soil protozoa by a most probable number-PCR assay.
*XI international congress of protozoology (ICOP-11). Salzburg, Austria, 15 - 19 July.
- Ekelund, F., & Rønn, R. (1999).
The most probable number method for enumeration of protozoa in soil. As bad as its reputation?
J. Euk. Microbiol. 46: 21A (Abstract 162).
- Ellingsøe, P. & Johnsen, K. (2001).
Influence of soil sample sizes on microbial diversity.
ISME, August 2001, Amsterdam, The Netherlands.
- Frette, L., Kroer, N., Johnsen, K. & Jørgensen, N. (2000).
Composition of bacterial assemblages: potential importance for turnover of dissolved nitrogen.
ASLO, June 2000, Copenhagen, Denmark
- Granberg M.E., Hansen, R. and Selck, H. (2001).
Importance of biogenic structures and sediment organic matter quality for the microbial degradation of pyrene.
SETAC 2001, Madrid, Spain.
- Hansen, R., Giessing, A., Banta, G. & Andersen, O. (2000).
Pyrene uptake and elimination in deposit feeders and microbial mineralization upon gut passage - the importance of the gut environment.
Poster, ASLO 2000, Copenhagen June 2000.
- Hansen, R., Banta, G.T. and Andersen, O. (2000).

Uptake and elimination of pyrene in deposit feeding polychaete *Arenicola marina*.
ASLO 2000, København.

Hestbjerg, H., Brinch, U.B. and Nielsen, T. (2001).
Potential of *Pleurotus ostreatus* for bioremediation: Temperature requirements and competitiveness.
Proc. SETAC meeting september 2001.

Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M. and Jacobsen, C.S. (2001).
Influence of *Pleurotus ostreatus* and bacteria on bioremediation during field application of commercial mushroom refuse.
Abstract, SETAC Europe: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark.

Holtze, M., Rasmussen, L.D., Ekelund, F. and Johnsen, K. (2001).
Effect of mercury on bacteria and flagellates in soil.
ISME, August 2001, Amsterdam, The Netherlands.

Jacobsen, C.S. (2000).
Biological processes during bioremediation of tar contaminated soil.
2nd. BIOPRO workshop, Eigtveds Pakhus, Copenhagen, Denmark, December 2000.

Jacobsen, C.S., Shapir, N., Christensen, L.O., Jensen, E.H., Juhler, R.K., Streibig, J.C., Mandelbaum, R. and Helweg, A. (2000).
Bioavailability of triazine herbicides in a sandy soil profile.
3rd International Symposium on Environmental Aspects of Pesticide Microbiology: Pesticides, Soil Microbiology and Sustainable Agriculture, 22-27 July 2000 Leverkusen, Germany.

Jacobsen, C.S., Andersen, M.P., Nielsen, T., Brinch, U.C., Hestbjerg, H. & Hansen, H.C.B. (2001).
Optimizing pyrene degradation using refuse from *Pleurotus ostreatus*.
Poster abstract, SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark, p. 24. 2001 B

Jacobsen, C.S., Hestbjerg, H., Krogh P.H. & Ekelund F. (2001)
Field application of commercial mushroom refuse containing biodegrading *Pleurotus ostreatus*: Populations dynamics of bacteria, protozoa, fungi, springtail & mites.
Organic Soil Contaminants, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark

Jensen, J., Sverdrup, L.E. & Krogh, P.H. (2001)
Ecological risk assessment of PAC-contaminated sites.
Platform presentation at the SETAC Europe meeting "Organic soil contaminants", 2-5 September 2001 in Copenhagen, Denmark.

Johnsen, K., Jacobsen, C.S., Torsvik, V. and Sørensen, J. (2000).
Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils. 3rd International Symposium on Environmental Aspects of Pesticide Microbiology.
Pesticides, Soil Microbiology and Sustainable Agriculture, 22-27 July 2000 Leverkusen, Germany

Jonassen, K.E.N., Nielsen, T. and Hansen, P.E. (1999).
Sorption of 42 different Polycyclic Aromatic Compounds to Humic Acid HPLC Column materials using wide-pore Silica. An improvement of the Method.
Poster presentation at "Environmental science day" at Roskilde University, November 1999.

Jonassen, K.E.N., Nielsen, T. and Hansen, P.E. (2001).
Direct determination of PAC sorption to organic soil material by use of humic acid HPLC columns.
Proc. First Baltic Symposium on Environmental Chemistry. Tartu, Estonia. September 2001.

Jonassen, K.E.N., Nielsen, T. and Hansen, P.E. (2000).
Sorption of PAH and other PAC to humic acid.

Proc. BIOPRO Workshop - Bioremediation and risk assessment of tar-contaminated soil

Jonassen, K.E.N., Nielsen, T. and Hansen, P.E. (2001).

Predicting the sorption of Polycyclic Aromatic Compounds (PAC) to organic material by HPLC Humic Acid columns.
Proc. SETAC meeting september 2001.

Jonassen, K.E.N., Nielsen, T., and Hansen, P.E. (2000).

The influence of structural factors on the partitioning of Polycyclic Aromatic Compounds (PAC) in soils.
Oral presentation at "1st French Meeting on Environmental Chemistry" in Nancy, December 2000

Jonassen, K.E.N., Nielsen, T., and Hansen, P.E. (1999).

Sorption of 55 different Polycyclic Aromatic Compounds to Humic Acid HPLC Column materials using wide-pore Silica.

Poster presentation at "the 17th. International Symposium On Polycyclic Aromatic Compounds", Bordeaux, October 1999

Kjærsgaard, K. (1999).

Bioaccumulation of heavy metals by designer adhesins.
Annual ASM meeting 1999, Chicago, USA.

Kjærsgaard, K. (2000).

FimH and Antigen 43 adhesins.
Centre for Vaccine Development, Baltimore, USA.

Kjærsgaard, K. (2001).

Antigen 43 facilitates intra-species biofilm formation.
Annual ASM meeting 2001, Orlando, USA.

Müller, A.K., Rasmussen, L.D., and Sørensen, S.J. (2001).

Development of a functional test for estimating bacterial community adaptation to heavy metal contamination.
ISME-9 Amsterdam, Holland, August (poster).

Mølgaard, J. and Karlson, U. (2001).

Degradation of chlorobenzoate by engineered strains of root-colonizing *Pseudomonas fluorescens*.
Organic Soil Contaminants 2001, SETAC Europe Conference, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark.

Nielsen, T., Hansen, T.M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P., and Jonassen, K.E.N. (2001).

The lactone 5H-phenanthro[4,5-bcd]pyran-5-one. A new type of metabolite from degradation of pyrene by oyster mushroom.

Poster abstract, SETAC Europe: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark.

Nielsen, T., Hansen, T.M., Palsgaard, M., Hestbjerg, H. and Jonassen, K.E.N. (2001).

The lactone 5H-phenanthro[4,5-bcd]pyran-5-one. A new type of metabolite from degradation of pyrene by *Pleurotus ostreatus*.

Proc. SETAC meeting september 2001.

Nielsen, A-M. and Karlson, U. (2001).

Degradation of carbazole, dibenzothiophene and dibenzofuran by a strain of *Pseudomonas migulae* adapted to cold climate.

Organic Soil Contaminants 2001, SETAC Europe Conference, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark.

Rasmussen, L.D., Hansen L.H. and Sørensen, S.J. (2001).

Genetic diversity of kinetoplastida (protozoa) in natural environments revealed by Denaturing Gradient Gel Electrophoresis.

ISME-9 Amsterdam, Holland, August (oral).

Rasmussen, L.D. and Sørensen, S.J. (2001).

Optimizing measurements of bioavailable Mercury in soil using a lux based bacterial biosensor.

SETAC Copenhagen, Denmark, September (oral).

Rasmussen, L.D. & Sørensen, S.J. (2000).

The Effect of Long Term Mercury Pollution on the Soil Microbial Community.
Third International Symposium. Of The International Union Of Soil Sciences. Soil Mineral-Organic Matter-Microorganism Interactions And Ecosystem Health. Ismom 2000. 22-26 May Naples - Capri, Italy (oral).

Rasmussen, L.D. & Sørensen, S.J. (1999).

Bioavailability of mercury in soil.
International workshop on Heavy metals in contaminated soils, BIOPRO meeting, 13. Dec., Eigtveds Pakhus, Copenhagen (oral).

Rasmussen, L.D. and Sørensen, S.J. (1999).

Effects of mercury contamination on the culturable heterotrophic, functional and genetic diversity of the bacterial community in soil.
BAGECO-6, Firenze, Italy, June (poster).

Scott-Fordsmand, J.J. and Binderup, M-L. (2001).

Toxicity of PAC's to *Eisenia veneta* and DNA damage.
Setac Europe, Copenhagen, Denmark, 2-5 september 2001.

Sjursen, H., Sverdrup, L.E. & Krogh, P.H. (2001)

Effects of polycyclic aromatic compounds on the drought tolerance of *Folsomia fimetaria* (*Collembola, Isotomidae*).
Platform presentation at the 11th annual meeting of SETAC Europe, 6-10 May 2001 in Madrid, Spain.

Stenby, C. and Nielsen, T. (2001).

Determination of PAC's in earthworms by SPE and GC/MS.
Proc. SETAC meeting september 2001.

Sverdrup, L.E. & Krogh, P.H. (2001).

Poster: Comparative sensitivity of seven terrestrial ecotoxicity test.
The International Union of Toxicology (IUTOX) on the 9th International Congress of Toxicology 8-12 July 2001, Brisbane, Australia

Sverdrup, L.E., Kelley, A.E., Jensen, J. & Krogh, P.H. (2001).

Poster: No effect of soil aging on the toxicity of pyrene and phenanthrene to a soil dwelling microarthropod. 11th Annual Meeting of SETAC Europe, Madrid, 6 - 10 May 2001.

Sverdrup, L.E. & Krogh, P.H. (2001)

Comparative sensitivity of seven terrestrial ecotoxicity tests.
Platform presentation at the SETAC Europe meeting "Organic soil contaminants", 2-5 September 2001 in Copenhagen, Denmark.

Sørensen, S.J. (1999).

Heavy metal impact on diversity of soil bacteria.
International workshop on Heavy metals in contaminated soils, BIOPRO meeting, 13. Dec., Eigtveds Pakhus, Copenhagen (oral).

Sørensen, S.J. (2000).

Kvalitative og kvantitative analyser af miljø-fremmede stoffer ved hjælp af biosensor bakterier.
ATV-mødet "Måling, overvågning og kemiske analyser i felten", Schäfergården i Gentofte November (oral).

Sørensen, S.J., Müller, A.K. & Westergaard, K. (1999).

The effect of long term mercury pollution on the soil microbial community.
COST Action 831, "Microbiological and Biochemical Methods to Determine Environmental Impact" Meeting in Granada, July 15-16, Spain (oral).

Sørensen, S.J., Rasmussen, L.D. & Hansen L.H. (1998).

New methods for measuring the bioavailable fraction of Hg²⁺ in soil using biosensor bacteria.
2nd. International Symposium Biosorption and Bioremediation. Prague, Czech Republic, July (oral).

Thirup, L., Johansen, A., Johnsen, K. & Winding, A. (1999).
Effects of a microbial control agent on diversity and function of the bacterial community in the root zone.
BAGECO-6, June 1999, Firenze, Italien

Timmermann, K., Banta, G.T. & Andersen, O. (1999).
Bioavailability of pyrene to the lugworm *Arenicola marina*.
Poster, 17th International Symposium On Polycyclic Aromatic Compounds, Bordeaux, Frankrig, 1999

Timmermann, K., Banta, G. & Andersen, O. (2000).
Bioavailability of pyrene to the lugworm *Arenicola marina*. The importance of sediment versus porewater uptake routes.
Poster, 11. Danske Havforskermøde, januar, 2000 Roskilde, Danmark.

Vaclavik, E., Andersen, S.M. and Jacobsen, C.S. (2001).
Bioremediation of triazine contaminated groundwater using bacteria immobilized on zeolite. 6th International In Situ and On Site Bioremediation Symposium, San Diego, USA; June 2001

Willumsen, P.A. (2000).
N-heterocyclic aromatic hydrocarbons - are they biodegradable under aerobic conditions?
Oral presentation at the open seminar at the National Environmental Research Institute, "Fate of Pollutants in Soil and Groundwater", May 2000.

Willumsen, P.A. and Karlson, U. (2001).
Bacterial cell surface hydrophobicity affecting degradation of PAHs in NAPLs.
Organic Soil Contaminants 2001, SETAC Europe Conference, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark.

Willumsen, P.A. and Hansen, B.M. (2001).
Molecular diversity of azaarene-degrading and/or tolerant bacterial isolates.
Organic Soil Contaminants 2001, SETAC Europe Conference, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark.

Willumsen, P.A., Nielsen, J.K. and Karlson, U. (2000).
Biological degradation of N-heterocyclic aromatic hydrocarbons.
International conference on groundwater research. Copenhagen, Denmark, 6-8 June 2000. pp 287-288. In: Ground water 2000. Bjerg, P.L., Engesgaard, P. Krom, T.D. (eds). A.A.Balkema, Rotterdam, Brookfield.

Ziechmann, W., Hübner, M., Jonassen, K.E.N., Pedersen, W.B. and Nielsen, T. (2000).
The structure of humic substances - limits and potential.
Humic Substances Seminar V.
Egan Research Center, Northeastern University, Boston, Mass., USA, 21-23. March 2000.

Rapporter

Andersen, M.P. (2000).
Pyrene degradation by white root fungi, production of extracellular enzymes and their influence on formation of bioavailable degradation products
M.Sc. thesis.

Bender, M. (2001).
Measurement of bacterial activity as mRNA in contaminated soil
M.Sc. thesis.

Bendixen, K. (2001)

- Oprensning af PAH-forurenet jord ved hjælp af bakterier og pil.
M.Sc. thesis, Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark, Chemical Dep.
- Ellingsøe, P. (2002).
Jordprøvestørrelsers indflydelse på vurdering af samfundsstrukturer hos bakterier.
M.Sc. thesis.
- Fabricius, N. (2000).
Bacterial degradation of mixtures of PAHs - a study of the degradation of fluoranthene, pyrene and benzo(a)pyrene.
M.Sc. thesis, RUC, Denmark.
- Fredslund, L. (2000).
Molecular characterisation of soil protozoes using 18S rRNA sequencing
M.Sc. thesis.
- Hansen, T.L. (2001).
Microbial degradation of azaarenes in groundwater.
M.Sc. thesis project, Technical University of Denmark, Dep. of Environment and Resources.
- Holtze, M.S. (2002).
Dyrkbare bakterier og protozoer i kviksløvforurenet jord.
M.Sc. thesis.
- Jensen, T. (2000).
Microbial mineralization and formation of degradation products from pyrene
M.Sc. thesis.
- Cortet, J. (2000).
Effects of increasing mesofauna diversity and phenanthrene on organic matter decomposition parameters in laboratory experiments. Report to European Science Foundation, Programme on Linking Community and Ecosystem Ecology (LINKECOL). pp 31.
- Kjærsgaard, K. (2001)
Bacterial designer adhesins: FimH & Antigen 43.
Ph.D. thesis, DTU.
- Lagergren, A. (1999).
Uptake of chlorinated benzoic acids by *Salix* sp. (willow): Do willow roots remove intermediate products of PCB-metabolism from nutrient solution?
M.Sc. thesis, accepted 12 Nov. 1999, University of Kalmar. Supervisor: U. Karlson, DMU Roskilde.
- Nielsen, J.K. (2000).
Bacterial degradation of N-heterocyclic aromatic hydrocarbons.
M.Sc. thesis, Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark, Chemical Dep.
- Trier, L. (2000).
Microbial mineralization and formation of degradation products from pyrene
M.Sc. thesis.
- Vaclavik, E. (2001).
Triazine degrading biofilm for drinking water purification
M.Sc. thesis.
- Wettlesen, K.W. (2001)
The applicability of bacterial strain BL2C in treatment of azaarene-contaminated groundwater.
M.Sc. thesis, Technical University of Denmark, Dep. of Environment and Resources.
- Aagot, N. (2000).

Diversitet og dyrkning af *Pseudomonas* bakterier i jord
M.S. thesis.

Ikke forskningsinterne publikationer

Andersen, O., Timmermann, K., Christensen, M. & Banta, G. (2002).

Effect of polychaete bioturbation on sediment-water flux of pyrene.

ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. marts.

Andersen, O.; Christensen, M.; Timmermann, K.; Banta, G.T. (2002)

Børsteorm påvirker forureninger i havbunden: Modelstudier med pyren.

Miljøforskning 53:35-37.

Banta, G.T.; Andersen, O. (2002)

Baltic Carrier olieudslippet 29. Marts 2001 –toksisk påvirkning af marin biota i Grønsund.

Miljøforskning 53:3841.

Binderup, M-L.; Christensen, M.; Scott-Fordsmann, J. (2002)

Cmet assay på regnorm til bestemmelse af genotoksisk effekt af PAC-forurenet jord.

Miljøforskning 53:23-27.

Brinch, U.C., Ekelund, F. & Jacobsen, C.S. (2002). Kunstig forurening af laboratoriejord kan medføre markant ændrede mikrobiologiske forhold. ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. marts.

Christensen, J.H.; Hansen, A.B.; Mortensen, J.; Karlson, U.; Andersen, O. (2002)

Nedbrydning af komplekse forureninger i miljøet –eksemplificeret ved ilanddrevet olie.

Miljøforskning 53:42-44.

Ekelund, F.; Rasmussen, L.D.; Johnsen, K.; Jacobsen, C.S. Fredslund, L. (2002)

Udvikling af molekylære teknikker til undersøgelser af protozoer i jord.

Miljøforskning 53:8-12

Ekelund, F.; Rønn, R. (2002)

Hvorfor forsvinder bakterier oftest, når vi tilsætter dem til jord.

Miljøforskning 53:33-34.

Griffiths, B., Ritz, K., Bardgett, R., Cook, R., Christensen, S., Ekelund, F., Sørensen, S., Bååth, E., Bloem, J., de Ruiter, P., Dolfing, J. & Nicolardot, B. (2000).

Effect of environmental change on the biodiversity and function of below-ground microbial communities (MICRODIVERS).

In: Sutton MA, Moreno JM, van der Putten WH & Struwe S (eds): Terrestrial ecosystem research in Europe: successes, challenges and policy, pp. 115-116. Directorate-General for Research, European Commission, Luxembourg.

Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., Andersen, O. & Jacobsen, C.S. (2002). Field scale bioremediation of tar contaminated soils with commercial mushroom *Pleurotus ostreatus* refuse (Hvidmuldssvampe på tjeneste i forureningsbekæmpelse). ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. Marts.

Jacobsen, C.S. (1999).

Center for biologiske processer i forurennet jord og sediment (BIOPRO) /Centre for biological processes in polluted soil and sediment.

Pjece/Leaflet for BIOPRO

Jacobsen, C.S. (1999).

Den biologiske aktivitet i forurenede jorde og kystsediment.

Miljøforskning 38:17-22.

Jacobsen, C.S. (1998).

Mikrobiologi og geologi - et ekspanderende forskningsområde.

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Eds: Binzer and Dinesen.

Jacobsen C.S. (2002)

Den biologiske aktivitet i forurende jorde og kystsediment.

Miljøforskning 53:4

Jacobsen C.S., Christensen, M., Willumsen, P.A. Krogh, PH.; Ekelund, F.; Binderup, M-L.; Bender, M.; Hestbjerg, H.; Andersen, M.P.; Elmholt, S.; Andersen, O. (2002)

Biologisk oprensning af tjæreforurenet jord med almindelig Østershat – et fælles feltforsøg.

Miljøforskning 53:5-7

Jensen, J. (2002)

Miljøvurdering af PAH-forurende grunde – hvor står vi ?

Miljøforskning 53:18-22

Johnsen, K.; Sverdrup, L.E. (2002)

Nitrat eller DNA – om at måle stoffers giftighed i jord.

Miljøforskning 53:30-32.

Klemm, P. (2002)

Tungmetalbindende bakterier.

Miljøforskning 53:13-14

Olsen, B.E. (2001).

Standardbaserede virkemidler - i et miljøretligt perspektiv

Nyhedsbrev for Det Strategiske Miljøforskningsprogram. Nr. 46, februar 2001, pp. 15-16

Rasmussen, L.D.; Sørensen, S.J. (2002)

Måling af kviksølv med en bakteriel biosensor

Miljøforskning 53:28-29

Timmermann, K.; Banta, G.T.; Andersen O. (2002)

Modellering af transport og omsætning af pyren i bioturberet sediment.

Miljøforskning 53:45-46

Willumsen, P.A. (2002). Forekomst og mikrobiologisk nedbrydning af de vandopløselige N-heterocycliske aromatiske hydrocarboner (azaarener). ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcentret, 5.-6. marts.

Willumsen, P.A.(2002)

Bakteriel nedbrydning af azaarener – nogle af de vandopløselige tjærestoffer.

Miljøforskning 53:15-17

BILAG A

Bidrag fra DTU, ved Professor Per Klemm:

Publications in international journals with peer review

- Kjærsgaard, K., Schembri, M.A., Hasman, H. & Klemm, P. (2000). Antigen 43 from *Escherichia coli* induces inter- and intraspecies cell aggregation and colony morphology changes in *Pseudomonas fluorescens*. J. Bacteriol. 182:4789-4796.
- Kjærsgaard, K., Schembri, M.A. & Klemm, P. (2001). Novel Zn²⁺-chelating peptides selected from a fimbriae-displayed random peptide library. Appl. Environ. Micro. 67(12):5467-5473.
- Kjærsgaard, K., Schembri, M.A., Ramos, C., Molin, S. & Klemm, P. (2000). Antigen 43 facilitates establishment of polyspecies biofilms. Environ. Microbiol. 2: 695-702.
- Kjærsgaard, K., Sørensen, J.K., Schembri, M.A. & Klemm, P. (2000). Sequestration of zinc oxide by fimbrial designer chelators. Appl. Environ. Microbiol. 66:10-14.
- Kjærsgaard, K., Hasman, H., Schrembi, M.A. & Klemm, P. (2002). Antigen43-mediated autotransporter display: a versatile bacterial surface display system. J. Bacteriol. 184(15):4197-4204
- Klemm, P. & Schembri, M.A. (2000). Fimbrial surface display systems in bacteria, from vaccines to random peptide libraries. Microbiology 146:3025-3032.
- Klemm, P. & Schembri, M.A. (2000). Fimbriae-assisted bacterial surface display of heterologous peptides. Int. J. Med. Microbiol. 290:215-221.

Abstracts of poster presentations not published in proceedings

- Kjærsgaard, K. (1999). Bioaccumulation of heavy metals by designer adhesins. Annual ASM meeting 1999, Chicago, USA.
- Kjærsgaard, K. (2000). FimH and Antigen 43 adhesins. Centre for Vaccine Development, Baltimore, USA.
- Kjærsgaard, K. (2001). Antigen 43 facilitates intra-species biofilm formation. Annual ASM meeting 2001, Orlando, USA.

Thesis'

- Kjærsgaard, K. (2001) Bacterial designer adhesins: FimH & Antigen 43. Ph.D. thesis, DTU

Bidrag fra GEUS ved Adjungeret Professor, Seniorforsker Carsten Suhr Jacobsen:

Publications in international journals with peer review

- Bender, M., Brinch U.C. & Jacobsen, C.S. (accepted pending revision). Distribution of *gfp*-tagged flagellar mutants of *Pseudomonas putida* OUS82 in two soil columns, monitored by dilution plate counting and a competitive quantitative PCR method.
- Brinch, U.C., Ekelund, F. & Jacobsen, C.S. (2002). Method for spiking soil samples with organic compounds. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(4): 1808-1816
- Ellingsøe, P. & Johnsen, K. (2002) Influence of soil sample sizes on the assessment of bacterial community structure. *Soil Biology and Biochemistry* 34(11):1701-1707.
- Fredslund, L., Ekelund, F., Jacobsen, C.S. & Johnsen, K. (2001). Development and application of a most probable number-PCR assay to quantify flagellate populations in soil samples. *Applied and Environmental Microbiology*: 67: 1613 - 1618.
- Frette, L., Jørgensen, N.O.G., Nybroe, O., Johnsen, K. & Kroer, N. (submitted). Relationship between phylogenetic and functional diversity of bacterioplankton communities.
- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M. & Jacobsen, C.S. (2003). Influence of *Pleurotus ostreatus* and bacteria on bioremediation during field application of commercial mushroom refuse. *Environ. Toxicol. Chem.* volume 22(4):692-698.
- Holtze, M.S., Ekelund, F., Rasmussen, L.D., Jacobsen, C.S. & Johnsen, K. (accepted pending revision) Effects of mercury on prey-predator dynamics in populations of culturable bacteria and protozoa in soil.
- Holtze, M.S., Nielsen, P., Ekelund, F., Rasmussen, L.D. & Johnsen, K. (submitted) Enhancement of isolates related to *Pseudomonas frederiksbergensis* and *P. migulae* in mercury-spiked soil as revealed by FT-IR characterisation and 16S rDNA partial sequencing of representative isolates.
- Jacobsen, C.S., Shapir, N., Christensen, L.O., Jensen, E.H., Juhler, R.K., Streibig, J.C., Mandelbaum, R. & Helweg A. (2001). Bioavailability of triazine herbicides in a sandy soil profile. *Biology and Fertility of Soils* 33:501-506
- Johnsen, K., Ekelund, F., Binnerup, S.J. & Rasmussen, L.D. (In press) Mercury decreases culturability of *Pseudomonas frederiksbergensis* JAJ 28 in soil microcosms. *Current Microbiology*
- Johnsen, K., Jacobsen, C.S., Torsvik, V. & Sørensen, J. (2001) Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils – a review. *Biology and Fertility of Soils* 33:443-453.
- Rasmussen, L.D., Ekelund, F., Hansen, L.H., Sørensen, S.J. & Johnsen, K. (2001). Group specific PCR Primers to Amplify 24S a -subunit rRNA Genes from Kinetoplastida (Protozoa) Used in Denaturing Gradient Gel Electrophoresis. *Microbial Ecology.* 42: 109-115.
- Sverdrup, L.E., Ekelund, F., Krogh, P.H., Nielsen, T. & Johnsen, K. (2001) Soil microbial toxicity of eight polycyclic aromatic compounds: effects on nitrification, the genetic diversity of bacteria and the total number of protozoans. *Environmental Toxicology and Chemistry* 21:1644-1650
- Thirup, L., Ekelund, F., Johnsen, K. & Jacobsen, C.S. (2000). Population dynamics of the fast-growing sub-populations of *Pseudomonas* and total bacteria, and their protozoan grazers, revealed by fenpropimorph treatment. *Soil Biology and Biochemistry* 32:1615-1623.
- Thirup, L., Johnsen, K., Torsvik, V., Spliid, N.H. & Jacobsen, C.S. (2001). Effects of Fenpropimorph on Bacteria and Fungi during Decomposition of Barley Roots. *Soil Biology & Biochemistry*, 33:1517-1524.
- Thirup, L., Johnsen, K. & Winding, A. (2001). Succession of Indigenous *Pseudomonas* spp. and Actinomycetes on Barley Roots Affected by the Antagonistic Strain *Pseudomonas fluorescens* DR54 and the Fungicide Imazalil. *Appl. Environ. Microbiol.* 67:1147-1153.
- Aagot, N., Nybroe, O., Nielsen, P. & Johnsen, K. (2001). An altered *Pseudomonas* diversity is recovered from soil by using nutrient-poor *Pseudomonas*-selective soil extract media. *Appl. Environ. Microbiol.* 67:5233-5239.

Book chapters

- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., Andersen, O. & Jacobsen, C.S. (2002). Field Scale Bioremediation of Tar contaminated Soil with commercial Mushroom *Pleurotus ostreatus* refuse. In: Brebbia, C.A. (ed.) *Oil and hydrocarbon spills III. Modelling, analysis and control.* Southampton: WIT Press pp 231-239.

Abstracts of poster presentations not published in proceedings

- Andersen, M.P., Nielsen, T., Brinch, U.C., Hestbjerg, H., Hansen, H.C.B. & Jacobsen, C.S. (2001). Optimizing pyrene degradation using refuse from *Pleurotus ostreatus* production. 6th International Symp. On In Situ and On-Site Bioremediation.

- Clausen, G.B., Larsen, L., Johnsen, K., de Liphay, J.L. & Aamand, J. (2001). Quantification of the atrazine-mineralizing bacterium *Pseudomonas* sp. strain ADP in groundwater sediment by quantitative competitive polymerase chain reaction. ISME, August 2001, Amsterdam, The Netherlands
- Ellingsøe, P. & Johnsen, K. (2001). Influence of soil sample sizes on microbial diversity. ISME, August 2001, Amsterdam, The Netherlands.
- Frette, L., Kroer, N., Johnsen, K. & Jørgensen, N. (2000). Composition of bacterial assemblages: potential importance for turnover of dissolved nitrogen. ASLO, June 2000, Copenhagen, Denmark
- Hestbjerg, H., Brinch, U.B. & Nielsen, T. (2001). Potential of *Pleurotus ostreatus* for bioremediation: Temperature requirements and competitiveness. Proc. SETAC meeting september 2001.
- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M. & Jacobsen, C.S. (2001). Influence of *Pleurotus ostreatus* and bacteria on bioremediation during field application of commercial mushroom refuse. Abstract, SETAC Europe: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark.
- Holtze, M., Rasmussen, L.D., Ekelund, F. & Johnsen, K. (2001). Effect of mercury on bacteria and flagellates in soil. ISME, August 2001, Amsterdam, The Netherlands.
- Jacobsen, C.S. (2000). Biological processes during bioremediation of tar contaminated soil. 2nd. BIOPRO workshop, Eigtveds Pakhus, Copenhagen, Denmark, December 2000.
- Jacobsen, C.S., Andersen, M.P., Nielsen, T., Brinch, U.C., Hestbjerg, H. & Hansen, H.C.B. (2001). Optimizing pyrene degradation using refuse from *Pleurotus ostreatus*. Poster abstract, SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark, p. 24. 2001 B
- Jacobsen, C.S., Shapir, N., Christensen, L.O., Jensen, E.H., Juhler, R.K., Streibig, J.C., Mandelbaum, R. & Helweg, A. (2000). Bioavailability of triazine herbicides in a sandy soil profile. 3rd International Symposium on Environmental Aspects of Pesticide Microbiology: Pesticides, Soil Microbiology and Sustainable Agriculture, 22-27 July 2000 Leverkusen, Germany.
- Jacobsen, C.S., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Hestbjerg, H. & Ekelund, F. (2001). Field application of commercial mushroom refuser containing biodegrading *Pleurotus ostreatus*: Population dynamics of bacteria, protozoa, fungi, springtails & mites. Poster abstract, SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark, p. 12. 2001 B
- Johnsen, K., Jacobsen, C.S., Torsvik, V. & Sørensen, J. (2000). Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils. 3rd International Symposium on Environmental Aspects of Pesticide Microbiology. Pesticides, Soil Microbiology and Sustainable Agriculture, 22-27 July 2000 Leverkusen, Germany
- Nielsen, T., Hansen, T.M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P. & Jonassen, K.E.N. (2001). The lactone 5H-phenanthro[4,5-bcd]pyran-5-one. A new type of metabolite from degradation of pyrene by *Pleurotus ostreatus*. Poster abstract, SETAC Europe: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark.
- Thirup, L., Johansen, A., Johnsen, K. & Winding, A. (1999). Effects of a microbial control agent on diversity and function of the bacterial community in the root zone. BAGECO-6, June 1999, Firenze, Italien
- Vaclavik, E., Andersen, S.M. & Jacobsen, C.S. (2001). Bioremediation of triazine contaminated groundwater using bacteria immobilized on zeolite. 6th International In Situ and On Site Bioremediation Symposium, San Diego, USA; June 2001

Thesis'

- Holtze, M.S. (2002). Dyrkbare bakterier og protozoer i kvikslølvforurenet jord. M.Sc. thesis.
- Ellingsøe, P. (2002). Jordprøvestørrelsens indflydelse på vurdering af samfundsstrukturer hos bakterier. M.Sc. thesis.
- Andersen, M.P. (2000). Pyrene degradation by white root fungi, production of extracellular enzymes and their influence on formation of bioavailable degradation products M.Sc. thesis.
- Bender, M. (2001). Measurement of bacterial activity as mRNA in contaminated soil M.Sc. thesis.
- Fredslund, L. (2000). Molecular characterisation of soil protozoes using 18S rRNA sequencing M.Sc. thesis.
- Trier, L. (2000). Microbial mineralization and formation of degradation products from pyrene M.Sc. thesis.
- Vaclavik, E. (2001). Triazine degrading biofilm for drinking water purification M.Sc. thesis.
- Aagot, N. (2000). Diversitet og dyrkning af *Pseudomonas* bakterier i jord. M.S. thesis.

Others

- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., Andersen, O. & Jacobsen, C.S. (2002). Field scale bioremediation of tar contaminated soils with commercial mushroom *Pleurotus ostreatus* refuse (Hvidmuldssvampe på tjeneste i forureningsbekæmpelse). ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. Marts.
- Brinch, U.C., Ekelund, F. & Jacobsen, C.S. (2002). Kunstig forurening af laboratoriejord kan medføre markant ændrede mikrobiologiske forhold. ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. marts.

- Jacobsen, C.S. (1999). Center for biologiske processer i forurenede jord og sediment (BIOPRO) /Centre for biological processes in polluted soil and sediment. Pjece/Leaflet for BIOPRO
- Jacobsen, C.S. (1999). Den biologiske aktivitet i forurenede jorde og kystsediment. Miljøforskning 38:17-22.
- Jacobsen, C.S. (1998). Mikrobiologi og geologi - et ekspanderende forskningsområde. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Eds: Binzer and Dinesen.
- Jacobsen, C.S., Christensen, M., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Ekelund, F., Binderup, M-L., Bender, M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P., Elmhold, S. & Andersen, O. (2002). Biologisk oprensning af tjæreforurenede jord med spiselig østershat - et fælles feltforsøg. Miljøforskning, 53: 5-7.

Bidrag fra Københavns Universitet, Terrestrisk Økologi, ved Lektor Flemming Ekelund:

Publications in international journals with peer review

- Brinch, U.C., Ekelund, F. & Jacobsen, C.S. (2001) Method for spiking soil samples with organic compounds. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(4):1808-1816
- Ekelund, F. (2002) Tolerance of soil flagellates to increased NaCl levels. *J. Eukaryot. Microbiol.* 49(4):324-328.
- Ekelund, F., Frederiksen, H.B. & Rønn, R. (2002). Population dynamics of active and total ciliate populations in arable soil amended with wheat. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(3):1096-1101.
- Ekelund, F., Olsson, S. & Johansen, A. (accepted). Changes in the succession and diversity of protozoan and microbial populations in soil spiked with a range of copper concentrations.
- Ekelund, F., Rønn, R. & Christensen, S. (2001). Distribution with depth of protozoa, bacteria, and fungi in soil profiles from three Danish forest sites. *Soil Biol. Biochem.* 33, 475-481.
- Ekelund, F., Rønn, R. & Griffiths, B.S. (2001) Quantitative estimation of flagellate community structure and diversity in soil samples. *Protist* 152(4):301-314.
- Frederiksen, H.B., Kraglund, H-O. & Ekelund, F. (2001). Microfaunal primary succession on the volcanic island Surtsey (Iceland). *Polar Research* 20: 61-73.
- Fredslund, L., Ekelund, F., Jacobsen, C.S. & Johnsen, K. (2001). Development and application of a most probable number-PCR assay to quantify flagellate populations in soil samples. *Applied and Environmental Microbiology*: 67: 1613 - 1618.
- Griffiths, B.S., Ritz, K., Bardgett, R.D., Cook, R., Christensen, S., Ekelund, F., Sørensen, S.J., Bååth, E., Bloem, J., de Ruiter, P.C., Dolfing, J. & Nicolardot, B. (2000). Ecosystem response of pasture soil communities to fumigation-induced microbial diversity reductions: an examination of the biodiversity-ecosystem function relationship. *Oikos.*, 90, 279-294.
- Griffiths, B.S., Ritz, K., Wheatley, R., Kuan, H.L., Fenwick, C., Christensen, S., Ekelund, F., Sørensen, S.J., Muller S. & Bloem, J. (2001) An examination of the biodiversity-ecosystem function relationship in arable soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.* 33:1713-1722
- Holtze, M.S., Ekelund, F., Rasmussen, L.D., Jacobsen, C.S. & Johnsen, K. (accepted pending revision). Effects of mercury on prey-predator dynamics in populations of culturable bacteria and protozoa in soil.
- Holtze, M.S., Nielsen, P., Ekelund, F., Rasmussen, L.D. & Johnsen, K. (submitted) Enhancement of isolates related to *Pseudomonas frederiksbergensis* and *P. migulae* in mercury-spiked soil as revealed by FT-IR characterisation and 16S rDNA partial sequencing of representative isolates.
- Johnsen, K., Ekelund, F., Binnerup, S.J. & Rasmussen, L.D. (in press) Mercury decreases culturability of *Pseudomonas frederiksbergensis* JAJ 28 in soil microcosms. *Current Microbiology*
- Klinge, C., Gejlsbjerg, B., Ekelund, F. & Madsen, T. (2001). Effects of Sludge-amendment on Mineralization of Pyrene and Microorganisms in Sludge and Soil. *Chemosphere* 45(4-5):625-634.
- Müller, A.K., Westergaard, K, Christensen S. & Sørensen S.J. (2002). The diversity and function of soil microbial communities exposed to different disturbances. *Microbial Ecol* 44:49-58.
- Rasmussen, L.D., Ekelund, F., Hansen, L.H., Sørensen, S.J. & Johnsen, K. (2001). Group specific PCR Primers to Amplify 24S a -subunit rRNA Genes from Kinetoplastida (Protozoa) Used in Denaturing Gradient Gel Electrophoresis. *Microbial Ecology.* 42: 109-115.
- Rønn, R., Ekelund, F. & Grunert, J. (2001). Protozoan predation on the bacteria *Mycobacterium chlorophenolicus* and *Pseudomonas chlororaphis* in soil microcosms. *Biol. Fert. Soils.* 33, 126-131.
- Sverdrup, L.E., Ekelund, F., Krogh, P.H., Nielsen, T. & Johnsen, K. (2001) Soil microbial toxicity of eight polycyclic aromatic compounds: effects on nitrification, the genetic diversity of bacteria and the total number of protozoans. *Environmental Toxicology and Chemistry* 21:1644-1650
- Thirup, L., Ekelund, F., Johnsen, K. & Jacobsen, C.S. (2000). Population dynamics of the fast-growing sub-populations of *Pseudomonas* and total bacteria, and their protozoan grazers, revealed by fenpropimorph treatment. *Soil Biology and Biochemistry* 32:1615-1623.

Abstracts of poster presentations not published in proceedings

- Brinch, U.C., Ekelund, F. & Jacobsen, C.S. (1999). Artificial contamination of soil with PAH's leads to unwanted changes in composition of bacterial and protozoan populations. BACEGO-6, 6th symposium on bacterial genetics and ecology, Florence, Italy, 20-24 June 1999

- Ekelund, F. (2001). A simple mathematical description of ciliate dynamics in soil. Scandinavian Section of the Society of Protozoologists, Annual meeting, Helsingør, April 6.
- Ekelund, F. (2001). Quantitative and qualitative estimation of soil protozoa by means of conventional and molecular techniques. Swiss Federal Institute of Technology (EPFL) Lausanne. The 19th of March 2001.
- Ekelund, F. (2001). Estimation of protozoan diversity in soil. British Section of the Society of Protozoologists, Autumn Meeting, 3rd September 2001, Linnean Society, London.
- Ekelund, F., Frederiksen, H.B. & Rønn, R. (2000). Estimation of protozoan abundance in soil. XIII International Colloquium on Soil Zoology. Ceske Budejovice, 14 - 18 August 2000.
- Ekelund, F., Fredslund, L., Jacobsen, C.S. & Johnsen K. (2001). Quantification of soil protozoa by a most probable number-PCR assay. XI international congress of protozoology (ICOP-11). Salzburg, Austria, 15 - 19 July.
- Ekelund, F. & Rønn, R. (1999). The most probable number method for enumeration of protozoa in soil. As bad as its reputation? J. Euk. Microbiol. 46: 21A (Abstract 162).
- Holtze, M., Rasmussen, L.D., Ekelund, F. & Johnsen, K. (2001). Effect of mercury on bacteria and flagellates in soil. ISME, August 2001, Amsterdam, The Netherlands.

Others

- Ekelund, F. & Rønn, R. (2002). *Mycobacterium chlorophenolicum* overlever i modsætning til *Pseudomonas chlororaphis* når den tilsættes til jord. ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. Marts.
- Brinch, U.C., Ekelund, F. & Jacobsen, C.S. (2002). Kunstig forurening af laboratoriejord kan medføre markant ændrede mikrobiologiske forhold. ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. marts.
- Jacobsen, C.S., Christensen, M., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Ekelund, F., Binderup, M.L., Bender, M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P., Elmhold, S. & Andersen, O. (2002). Biologisk oprensning af tjæreforurenet jord med spiselig østershat - et fælles feltforsøg. Miljøforskning, 53: 5-7.
- Griffiths, B., Ritz, K., Bardgett, R., Cook, R., Christensen, S., Ekelund, F., Sørensen, S., Bååth, E., Bloem, J., de Ruyter, P., Dolfing, J. & Nicolardot, B. (2000). Effect of environmental change on the biodiversity and function of below-ground microbial communities (MICRODIVERS). In: Sutton MA, Moreno JM, van der Putten WH & Struwe S (eds): Terrestrial ecosystem research in Europe: successes, challenges and policy, pp. 115-116. Directorate-General for Research, European Commission, Luxembourg.

Bidrag fra Københavns Universitet – Generel Mikrobiologi ved Lektor Søren J. Sørensen:

Publications in international journals with peer review

- Griffiths, B.S., Ritz, K., Bardgett, R.D., Cook, R., Christensen, S., Ekelund, F., Sørensen, S.J., Bååth, E., Bloem, J., de Ruiter, P.C., Dolfing, J. & Nicolardot, B. (2000). Ecosystem response of pasture soil communities to fumigation-induced microbial diversity reductions: an examination of the biodiversity-ecosystem function relationship. *Oikos*, 90, 279-294.
- Griffiths, B.S., Ritz, K., Wheatley, R., Kuan, H.L., Fenwick, C., Christensen, S., Ekelund, F., Sørensen, S.J., Muller S. & Bloem, J. (2001) An examination of the biodiversity-ecosystem function relationship in arable soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.* 33:1713-1722
- Holtze, M.S., Ekelund, F., Rasmussen, L.D., Jacobsen, C.S. & Johnsen, K. (accepted pending revision) Effects of mercury on prey-predator dynamics in populations of culturable bacteria and protozoa in soil.
- Holtze, M.S., Nielsen, P., Ekelund, F., Rasmussen, L.D. & Johnsen, K. (submitted) Enhancement of isolates related to *Pseudomonas frederiksbergensis* and *P. migulae* in mercury-spiked soil as revealed by FT-IR characterisation and 16S rDNA partial sequencing of representative isolates.
- Johnsen, K., Ekelund, F., Binnerup, S.J. & Rasmussen, L.D. (in press) Mercury decreases culturability of *Pseudomonas frederiksbergensis* JAJ 28 in soil microcosms. *Current Microbiology*
- Müller, A.K., Westergaard, K., Christensen S. & Sørensen S.J. (2001). The Effect of Long Term Mercury Pollution on the Soil Microbial Community. *FEMS Microbiology Ecology* 36, p.10-19.
- Müller, A.K., Westergaard, K., Christensen S. & Sørensen S.J. (2002). The diversity and function of soil microbial communities exposed to different disturbances. *Microbial Ecol.* 44:49-58.
- Hansen, L.H. & Sørensen, S.J. (2000). Versatile biosensor vectors for detection and quantification of mercury. *FEMS Microbiology Letters* 193, p.123-127
- Rasmussen, L.D., Ekelund, F., Hansen, L.H., Sørensen, S.J. & Johnsen, K. (2001). Group specific PCR Primers to Amplify 24S a -subunit rRNA Genes from Kinetoplastida (Protozoa) Used in Denaturing Gradient Gel Electrophoresis. *Microbial Ecology.* 42: 109-115.
- Rasmussen, L.D. & Sørensen, S.J., (2001). Effects of mercury contamination on the culturable heterotrophic, functional and genetic diversity of the bacterial community in soil. *FEMS Microbiology Ecology* 36, p.1-9.
- Rasmussen, L.D., Sørensen, S.J., Turner, R.R. & Barkay, T. (2000). Application of a MER-LUX biosensor for estimating bioavailable mercury in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, vol 32 issue 5 s. 639-646.

Book chapters

- Sørensen, S.J., de Liphay, J.R., Müller, A.K., Barkay, T., Hansen, L.H. & Rasmussen, L.D. (2002). Molecular methods for assessing and manipulating the diversity of microbial populations and processes. "Enzymes in the Environment". Ed. Richard Burns, Marcel Dekker

Abstracts of poster presentations not published in proceedings

- Bloem, J., Sørensen, S., Schouten, T. & Breure, A.M. (2000). Methodological approaches and tools to evaluate soil quality. Combined Meeting of COST Action 831. Workshop on Evaluating Soil Quality. 18 - 20 May, Kiel, Germany (oral).
- Holtze, M., Rasmussen, L.D., Ekelund, F. & Johnsen, K. (2001). Effect of mercury on bacteria and flagellates in soil. ISME, August 2001, Amsterdam, The Netherlands.
- Müller, A.K., Rasmussen, L.D. & Sørensen, S.J. (2001). Development of a functional test for estimating bacterial community adaptation to heavy metal contamination. ISME-9 Amsterdam, Holland, August (poster).
- Rasmussen, L.D., Hansen L.H. & Sørensen, S.J. (2001). Genetic diversity of kinetoplastida (protozoa) in natural environments revealed by Denaturing Gradient Gel Electrophoresis. ISME-9 Amsterdam, Holland, August (oral).
- Rasmussen, L.D. & Sørensen, S.J. (2001). Optimizing measurements of bioavailable Mercury in soil using a lux based bacterial biosensor. SETAC Copenhagen, Denmark, September (oral).
- Rasmussen, L.D. & Sørensen, S.J. (2000). The Effect of Long Term Mercury Pollution on the Soil Microbial Community. Third International Symposium. Of The International Union Of Soil Sciences. Soil Mineral-Organic Matter-Microorganism Interactions And Ecosystem Health. Ismom 2000. 22-26 May Naples - Capri, Italy (oral).
- Rasmussen, L.D. & Sørensen, S.J. (1999). Bioavailability of mercury in soil. International workshop on Heavy metals in contaminated soils, BIOPRO meeting, 13. Dec., Eigtveds Pakhus, Copenhagen (oral).
- Rasmussen, L.D. & Sørensen, S.J. (1999). Effects of mercury contamination on the culturable heterotrophic, functional and genetic diversity of the bacterial community in soil. BAGECO-6, Firenze, Italy, June (poster).

- Sørensen, S.J. (1999). Heavy metal impact on diversity of soil bacteria. International workshop on Heavy metals in contaminated soils, BIOPRO meeting, 13. Dec., Eigtveds Pakhus, Copenhagen (oral).
- Sørensen, S.J. (2000). Kvalitative og kvantitative analyser af miljø-fremmede stoffer ved hjælp af biosensor bakterier. ATV-mødet "Måling, overvågning og kemiske analyser i felten", Schäfergården i Gentofte November (oral).
- Sørensen, S.J., Müller, A.K. & Westergaard, K. (1999). The effect of long term mercury pollution on the soil microbial community. COST Action 831, "Microbiological and Biochemical Methods to Determine Environmental Impact" Meeting in Granada, July 15-16, Spain (oral).
- Sørensen, S.J., Rasmussen, L.D. & Hansen L.H. (1998). New methods for measuring the bioavailable fraction of Hg²⁺ in soil using biosensor bacteria. 2nd. International Symposium Biosorption and Bioremediation. Prague, Czech Republic, July (oral).

Others

- Griffiths, B., Ritz, K., Bardgett, R., Cook, R., Christensen, S., Ekelund, F., Sørensen, S., Bååth, E., Bloem, J., de Ruiter, P., Dolfing, J. & Nicolardot, B. (2000). Effect of environmental change on the biodiversity and function of below-ground microbial communities (MICRODIVERS). In: Sutton MA, Moreno JM, van der Putten WH & Struwe S (eds): Terrestrial ecosystem research in Europe: successes, challenges and policy, pp. 115-116. Directorate-General for Research, European Commission, Luxembourg.

Bidrag fra Danmarks Miljøundersøgelser, Terrestrisk Økologi, ved seniorforsker Paul Henning Krogh:

Publications in international journals with peer review

- Cortet, J., Joffre, R., Elmholt, S. & Krogh, P.H. (in press) Effects of increasing species and trophic diversity of mesofauna on fungal biomass, mesofauna structure community and organic matter decomposition processes. *Biology and Fertility of Soils*
- Holmstrup, M., Bayley, M., Sjørnsen, H., Højer, R., Bossen, S. & Friis, K. (2000). Interactions between environmental pollution and cold tolerance of soil invertebrates: A neglected field of research. *Cryo-Letters*, no. 21, 309-314.
- Jensen, J. & Sverdrup, L.E. (2002). Joint Toxicity of Linear Alkylbenzene Sulphonates (LAS) and Pyrene on *Folsomia fimetaria*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 52(1):75-82.
- Scott-Fordsmand, J.J., Krogh, P.H. and Weeks, J.M. (2000). Responses of *Folsomia fimetaria* (Collembola: Isotomidae) to copper under different soil copper contamination histories, in relation to risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19 no.5. 1297-1303.
- Scott-Fordsmand, J.J., Weeks, J.M. & Hopkin, S.P. (2000). The importance of contamination history for understanding the toxicity of copper to the earthworm *Eisenia fetida* (Oligochaeta: annelida), using the neutral-red retention assay. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19 no.7. 1774-1780.
- Sjørnsen, H., Sverdrup, L.E. & Krogh, P.H. (2001). Effects of polycyclic aromatic compounds on the drought tolerance of *Folsomia fimetaria* (Collembola, Isotomidae). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20:2899-2902.
- Sverdrup, L.E., Ekelund, F., Krogh, P.H., Nielsen, T. & Johnsen, K. (2001) Soil microbial toxicity of eight polycyclic aromatic compounds: effects on nitrification, the genetic diversity of bacteria and the total number of protozoans. *Environmental Toxicology and Chemistry* 21:1644-1650
- Sverdrup, L.E., Jensen, J., Krogh, P.H. & Stenersen, J. (2002). Studies on the effect of soil aging on the toxicity of pyrene and phenanthrene to a soil dwelling springtail. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21 p. 489-492.
- Sverdrup, L.E., Jensen, J., Kelley, A.E., Krogh, P.H. & Stenersen, J. (2002). Effects of eight polycyclic aromatic compounds on the survival and reproduction of the enchytraeid *Enchytraeus crypticus* (Oligochaeta, Clitellata). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21 p. 109-114.
- Sverdrup L.E., Kelley, A.E., Krogh, P.H., Nielsen, T., Jensen, J., Scott-Fordsmand, J.J. & Stenersen, J. (2001). Effects of eight polycyclic aromatic compounds on the survival and reproduction of the springtail *Folsomia fimetaria* (Collembola, Isotomidae). *Environ. Toxicol. Chem.* 20, 1332-1338.
- Sverdrup, L.E., Nielsen, T. & Krogh, P.H. (2002). Soil ecotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in relation to soil sorption, lipophilicity and water solubility. *Environmental Science and Technology* 36(11):2429-2435.
- Sverdrup, L.E., Nielsen, T. & Krogh, P.H. (in press). Toxicity of eight polycyclic aromatic compounds to the earthworm *Eisenia veneta*, and comparison with springtail (*Folsomia fimetaria*) and enchytraeid (*Enchytraeus crypticus*) sensitivity. *Environmental Toxicology and Chemistry*.

Book chapters

- Scott-Fordsmand J.J. & Jensen J. (in press). Quality criteria in Denmark. In: *The use of species sensitivity distributions (SSD) in Ecotoxicology*. Eds Posthuma L, Suter GW. SETAC press, FL, USA.

Abstracts of poster presentations not published in proceedings

- Binderup, M-L., Jørgensen, V. & Scott-Fordsmand, J.J. (2001). Earthworms (*Eisenia veneta*) used in biomonitoring studies of soil pollution. International Comet-assay workshop, Ulm, Germany, 22. - 24. July 2001
- Binderup, M.L., Jørgensen, V. & Scott-Fordsmand, J.J. (2001). The usage of the Comet-assay on coelomocytes from earthworms (*Eisenia veneta*) as an in situ assay of polluted soil. Setac Europe, Copenhagen, Denmark, 2-5 september 2001.
- Jacobsen, C.S., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Hestbjerg, H. & Ekelund, F. (2001). Field application of commercial mushroom refuser containing biodegrading *Pleurotus ostreatus*: Population dynamics of bacteria, protozoa, fungi, springtails & mites. Poster abstract, SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark, p. 12. 2001 B

- Jensen, J., Sverdrup, L.E. & Krogh, P.H. (2001) Ecological risk assessment of PAC-contaminated sites. Platform presentation at the SETAC Europe meeting "Organic soil contaminants", 2-5 September 2001 in Copenhagen, Denmark.
- Scott-Fordsmand, J.J. & Binderup, M-L. (2001). Toxicity of PAC's to *Eisenia veneta* and DNA damage. Setac Europe, Copenhagen, Denmark, 2-5 september 2001.
- Sjursen, H., Sverdrup, L.E. & Krogh, P.H. (2001) Effects of polycyclic aromatic compounds on the drought tolerance of *Folsomia fimetaria* (*Collembola, Isotomidae*). Platform presentation at the 11th annual meeting of SETAC Europe, 6-10 May 2001 in Madrid, Spain.
- Sverdrup, L.E., Kelley, A.E., Jensen, J. & Krogh, P.H. (2001). Poster: No effect of soil aging on the toxicity of pyrene and phenanthrene to a soil dwelling microarthropod. 11th Annual Meeting of SETAC Europe, Madrid, 6 - 10 May 2001.
- Sverdrup, L.E. & Krogh, P.H. (2001). Poster: Comparative sensitivity of seven terrestrial ecotoxicity test. The International Union of Toxicology (IUTOX) on the 9th International Congress of Toxicology 8-12 July 2001, Brisbane, Australia
- Sverdrup, L.E. & Krogh, P.H. (2001) Comparative sensitivity of seven terrestrial ecotoxicity tests. Platform presentation at the SETAC Europe meeting "Organic soil contaminants", 2-5 September 2001 in Copenhagen, Denmark.

Thesis'

- Jensen, T. (2000). Microbial mineralization and formation of degradation products from pyrene
M.Sc. thesis.
- Cortet, J. (2000). Effects of increasing mesofauna diversity and phenanthrene on organic matter decomposition parameters in laboratory experiments. Report to European Science Foundation, Programme on Linking Community and Ecosystem Ecology (LINKECOL). pp 31.

Others

- Jacobsen, C.S., Christensen, M., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Ekelund, F., Binderup, M-L., Bender, M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P., Elmhold, S. & Andersen, O. (2002). Biologisk oprensning af tjæreforurenet jord med spiselig østershat - et fælles feltforsøg. Miljøforskning, 53: 5-7.

Bidrag fra Danmarks Miljøundersøgelser, Mikrobiologi, ved seniorforsker Ulrich Karlsson:

Publications in international journals with peer review

- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M. & Jacobsen, C.S. (2003). Influence of *Pleurotus ostreatus* and bacteria on bioremediation during field application of commercial mushroom refuse. *Environ. Toxicol. Chem.* volume 22(4):692-698.
- Jensen, A-M.B., Finster, K.W. & Karlson, U. (2003). Degradation of carbazole, dibenzothiophene and dibenzofuran at low temperature by *Pseudomonas migulae* strain C3211. *Environ. Toxicol. Chem.* volume 22(4):730-735.
- Johnsen, A.R., Bendixen, K. & Karlson, U. (2002). Detection of microbial growth on polycyclic aromatic hydrocarbons in microtiter plates by using the respiration indicator WST-1. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68:2683-2689.
- Johnsen, A. R. & Karlson, U. (in press). Evaluation of bacterial strategies to promote the bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).
- Johnsen, A. R., Wick, L. & Harms, H. (submitted). Principles of microbial PAH-degradation – A review
- Trapp, S., Zambrano, K.C., Kusk, K.O. & Karlson, U. (2000). A Phytotoxicity Test Using Transpiration of Willows. *Arch. Env. Contam. Toxicol.*, 39:154-160.
- Willumsen PA, Johansen JE, Karlson U & Hansen BM. Isolation and taxonomic affiliation of N-heterocyclic aromatic hydrocarbon-transforming bacteria. Submitted
- Willumsen, P.A., Karlson, U. Stackebrandt, E. & Kroppenstedt, R.M. (2001). *Mycobacterium frederiksbergense* sp. nov., a new polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading *Mycobacterium*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 51:1715-1722.
- Willumsen, P.A., Nielsen, J.K. & Karlson, U. (2001). Degradation of phenanthrene-analogue azaarenes by *Mycobacterium gilvum* strain LB307T under aerobic conditions. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56: 539-544.

Book chapters

- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., Andersen, O. & Jacobsen, C.S. (2002). Field Scale Bioremediation of Tar contaminated Soil with commercial Mushroom *Pleurotus ostreatus* refuse. In: Brebbia, C.A. (ed.) *Oil and hydrocarbon spills III. Modelling, analysis and control*. Southampton: WIT Press pp 231-239.

Abstracts of poster presentations not published in proceedings

- Bendixen, K. & Karlson U. (2001). Phytoremediation of PAHs-Who does what? *Organic Soil Contaminants 2001, SETAC Europe Conference, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark.*
- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M. & Jacobsen, C.S. (2001). Influence of *Pleurotus ostreatus* and bacteria on bioremediation during field application of commercial mushroom refuse. Abstract, SETAC Europe: *Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark.*
- Jacobsen, C.S., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Hestbjerg, H. & Ekelund, F. (2001). Field application of commercial mushroom refuser containing biodegrading *Pleurotus ostreatus*: Population dynamics of bacteria, protozoa, fungi, springtails & mites. Poster abstract, SETAC Europe Conference: *Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark, p. 12. 2001 B*
- Mølgaard, J. & Karlson, U. (2001). Degradation af chlorobenzoate by engineered strains of root-colonizing *Pseudomonas fluorescens*. *Organic Soil Contaminants 2001, SETAC Europe Conference, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark.*
- Nielsen, A-M. & Karlson, U. (2001). Degradation of carbazole, dibenzothiophene and dibenzofuran by a strain of *Pseudomonas migulae* adapted to cold climate. *Organic Soil Contaminants 2001, SETAC Europe Conference, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark.*
- Willumsen, P.A. (2000). N-heterocyclic aromatic hydrocarbons - are they biodegradable under aerobic conditions? Oral presentation at the open seminar at the National Environmental Research Institute, "Fate of Pollutants in Soil and Groundwater", May 2000
- Willumsen, P.A. & Karlson, U. (2001). Bacterial cell surface hydrophobicity affecting degradation of PAHs in NAPLs. *Organic Soil Contaminants 2001, SETAC Europe Conference, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark.*
- Willumsen, P.A. & Hansen, B.M. (2001) Molecular diversity of azaarene-degrading and/or tolerant bacterial isolates. *Organic Soil Contaminants 2001, SETAC Europe Conference, 2-5 September 2001, Copenhagen, Denmark.*
- Willumsen, P.A., Nielsen, J.K. & Karlson, U. (2000). Biological degradation of N-heterocyclic aromatic hydrocarbons. *International conference on groundwater research. Copenhagen, Denmark, 6-8 june 2000. pp 287-288. In: Ground water 2000. Bjerg, P.L., Engesgaard, P. Krom, T.D. (eds). A.A.Balkema, Rotterdam, Brookfield.*

Thesis'

- Bendixen, K. (2001). Oprensning af PAH-forurenet jord ved hjælp af bakterier og pil. M.Sc. thesis, Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark, Chemical Dep.
- Lagergren, A. (1999). Uptake of chlorinated benzoic acids by *Salix* sp. (willow): Do willow roots remove intermediate products of PCB-metabolism from nutrient solution? M.Sc. thesis, accepted 12 Nov. 1999, University of Kalmar. Supervisor: U. Karlson, DMU Roskilde.

Others

- Christensen, J., Hansen, A.G., Mortensen, J., Karlson, U., Fugl, K. & Andersen, O. (2002). Nedbrydning af komplekse forureninger i miljøet eksemplificeret ved ilanddrevet olie. *Miljøforskning*, 53: 42-44.
- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., Andersen, O. & Jacobsen, C.S. (2002). Field scale bioremediation of tar contaminated soils with commercial mushroom *Pleurotus ostreatus* refuse (Hvidmuldssvampe på tjeneste i forureningsbekæmpelse). ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. Marts.
- Jacobsen, C.S., Christensen, M., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Ekelund, F., Binderup, M-L., Bender, M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P., Elmhold, S. & Andersen, O. (2002). Biologisk oprensning af tjæreforurenet jord med spiselig østershat - et fælles feltforsøg. *Miljøforskning*, 53: 5-7.
- Willumsen, P.A. (2002). Forekomst og mikrobiologisk nedbrydning af de vandopløselige N-heterocycliske aromatiske hydrocarboner (azaarener). ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. marts.

Bidrag fra Roskilde Universitetscenter ved Professor Ole Andersen.

Publications in international journals with peer review

- Christensen, M., Banta, G. & Andersen, O. (2002). Metabolism of pyrene by the Polychaetes *Nereis diversicolor* and *Arenicola marina*. *Aquatic Toxicology*, 58: 15-25.
- Christensen, M., Banta, G. & Andersen, O. (2002). Effects of the polychaetes *Nereis diversicolor* and *Arenicola marina* on the fate and distribution of pyrene in sediment. *Marine Ecology Progress Series*, 237: 159-172.
- Timmermann, K. & Andersen, O. (2003) Bioavailability of pyrene to the deposit feeding polychaete *Arenicola marina*. Importance of sediment versus porewater uptake routes. *Marine Ecology Progress Series* 246: 163-172
- Timmerman, K., Christensen J. & Banta, G.T. (2002). Modeling of advective solute transport in sandy sediments inhabited by the lugworm *Arenicola marina*. *J. Mar. Res.*, 60: 151-169.

Book chapters

- Andersen, O., Rasmussen, A.D., Timmermann, K., Christensen, M. & Banta, G.T. (2001) Effect of polychaete bioturbation on sediment-water fluxes of pyrene or cadmium. In: Brebbia, CA Ed. *Water Pollution VI. Modelling, measuring and prediction*. Southampton: WIT Press pp. 357-366.
- Christensen, J.H., Hansen, A.B., Andersen, O. & Mortensen J. (2000). Development of a hyphenated analytical and chemometric method used in petroleum characterization and degradation studies. In: Rodriguez GR, Brebbia CA. *Oil and hydrocarbon spills II. Modelling, analysis and control*. Southampton: WIT Press 2000 pp 189-198.
- Christensen, J.H., Hansen, A.B., Mortens, J. & Andersen, O. (2002). A preliminary study on fate of oil in marine sediments inhabited by the polychaete *Nereis diversicolor*. In: Brebbia CA, ed. *Oil and hydrocarbon spills III. Modelling, analysis and control*. Southampton: WIT Press 2002 pp. 289-300.
- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., Andersen, O. & Jacobsen, C.S. (2002). Field Scale Bioremediation of Tar contaminated Soil with commercial Mushroom *Pleurotus ostreatus* refuse. In: Brebbia, C.A. (ed.) *Oil and hydrocarbon spills III. Modelling, analysis and control*. Southampton: WIT Press pp 231-239.
- Timmermann, K., Christensen, M., Banta, G. & Andersen, O. (2000). Bioavailability and metabolism of pyrene in sediments with polychaetes *Nereis diversicolor* and *Arenicola marina*. In: Rodriguez GR, Brebbia CA. *Oil and hydrocarbon spills II. Modelling, analysis and control*. Southampton: WIT Press 2000 pp 85-94.

Abstracts of poster presentations not published in proceedings

- Andersen, O., Clausen, G., Banta, G., Rasmussen, A.D., Klinge, L. & Hansen, R. (2000). Population and allometric analyses of *Arenicola marina* inhabiting a sandflat in Roskilde Fjord: A preliminary attempt to quantify bioturbation. Poster, 11. Danske Havforsker møde, januar 2000, Roskilde, Danmark.
- Andersen, O., Rasmussen, A.D., Timmermann, K., Christensen, M. & Banta, G. (2001). Effect of polychaete bioturbation on sediment-water fluxes of pyrene or cadmium. Oral presentation at Water Pollution, International Conference, Rhodes, Greece, September 17-19, 2001
- Andersen, O., Timmermann, K., Christensen, M. & Banta, G. (2000). Bioavailability and metabolism of pyrene in sediments with polychaetes *Nereis diversicolor* and *Arenicola marina*. Oral presentation, Oil Spill 2000, Las Palmas, September 2000.
- Andersen, O., Timmermann, K., Christensen, M., Hansen, R. & Banta, G. (2000). Risk Assessment of Marine PAH Pollution: Sediment Quality Criteria Based on Equilibrium Partitioning or on Bioavailability from ingested Sediment. Oral presentation, BIOPRO International Workshop, Copenhagen, December 2000.
- Banta, G.T., Andersen, O., Holmer, M., Rasmussen, A.D., Forbes, T.L. & Frederiksen, L. (2000). Gensidige interaktioner mellem bioturberende infauna og olieforurening - Et sediment forsøg med sandormen *Arenicola marina*. Foredrag, 11. Danske Havforsker møde, januar 2000, Roskilde, Danmark.
- Banta, G.T., Conley, D.J., Rasmussen, A.D., Timmermann, K., Christensen, J. & Andersen, O. (1998). Bioturbation by the lugworm *Arenicola marina* - Implications for transport and distribution of materials in tidal flats. *Organism-Sediment Interactions Symposium/workshop*. October 23-25, Georgetown, SC.
- Banta, G.T., Forbes, T.L., Holmer, M., Lund, T., Kure, L., Rasmussen, A.D., Timmermann, K. & Andersen, O. (1999). A contribution to reducing uncertainty in risk assessments of polluted sediments? 9th Annual Meeting of SETAC- Europe. May 25-29, Leipzig, Germany.

- Banta, G.T., Timmerman, K., Rasmussen, A.D., Frederiksen, L. & Andersen, O. (1999). Pollutant effects on bioturbation - an added wrinkle in interactions between geochemistry and the benthos. American Society of Limnology and Oceanography (ASLO) Aquatic Sciences Meeting. February 1-5, Santa Fe, NM. p. 19.
- Christensen, M., Andersen, O. & Nielsen, T. (2001). Bioremediation of polycyclic aromatic compounds in soils - a field experiment. Proc. SETAC meeting september 2001.
- Christensen, M., Andersen, O. & Banta, G. (2000). Metabolisme og fordeling af pyren i sediment mikrokosmos; effekter af *Arenicola marina* og *Nereis diversicolor*. Poster, 11. Danske Havforsker møde, januar 2000, Roskilde, Danmark.
- Christensen, M., Banta, G. & Andersen, O. (1999). Fate and removal of pyrene from sediment inhabited by the polychaete *Nereis diversicolor*. Poster, 17th international symposium on polycyclic aromatic compounds, October 1999, Bordeaux, France.
- Christensen, J.H., Hansen, A.B., Andersen, O. & Mortensen, J. (2001). Development of a hyphenated analytical and chemometric method used in petroleum characterization and degradation studies. Poster, 11. Danske Havforsker møde, januar, Roskilde, Danmark.
- Christensen, J.H., Hansen, A.B., Andersen, O. & Mortensen, J. (2000). Development of a hyphenated analytical and chemometric method used in petroleum characterization and degradation studies. Oral presentation, Oil Spill 2000, Las Palmas, September 2000.
- Hansen, R., Giessing, A., Banta, G. & Andersen, O. (2000). Pyrene uptake and elimination in deposit feeders and microbial mineralization upon gut passage - the importance of the gut environment. Poster, ASLO 2000, Copenhagen June 2000.
- Hansen, R., Banta, G.T. & Andersen, O. (2000). Uptake and elimination of pyrene in deposit feeding polychaete *Arenicola marina*. ASLO 2000, København.
- Timmermann, K., Banta, G.T. & Andersen, O. (1999). Bioavailability of pyrene to the lugworm *Arenicola marina*. Poster, 17th International Symposium On Polycyclic Aromatic Compounds, Bordeaux, Frankrig, 1999
- Timmermann, K., Banta, G. & Andersen, O. (2000). Bioavailability of pyrene to the lugworm *Arenicola marina*. The importance of sediment versus porewater uptake routes. Poster, 11. Danske Havforsker møde, januar, 2000 Roskilde, Danmark.

Thesis'

- Fabricius, N. (2000). Bacterial degradation of mixtures of PAHs - a study of the degradation of fluoranthene, pyrene and benzo(a)pyrene. M.Sc. thesis, RUC, Denmark.

Others

- Andersen, O., Christensen, M., Timmermann, K. & Banta, G. (2002). Børsteorm påvirker forureninger i havbunden - modelstudier med pyren. Miljøforskning, 53: 35-37.
- Andersen, O., Timmermann, K., Christensen, M. & Banta, G. (2002). Effect of polychaete bioturbation on sediment-water flux of pyrene. ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. marts.
- Banta, G. & Andersen, O. (2002). Baltic Carrier olieudslippet 29 marts 2001 - toksisk påvirkning af marin biota i Grønsund. Miljøforskning, 53: 38-41.
- Christensen, J., Hansen, A.G., Mortensen, J., Karlson, U., Fugl, K. & Andersen, O. (2002). Nedbrydning af komplekse forureninger i miljøet eksemplificeret ved ilanddrevet olie. Miljøforskning, 53: 42-44.
- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., Andersen, O. & Jacobsen, C.S. (2002). Field scale bioremediation of tar contaminated soils with commercial mushroom *Pleurotus ostreatus* refuse (Hvidmuldssvampe på tjeneste i forureningsbekæmpelse). ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. Marts.
- Jacobsen, C.S., Christensen, M., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Ekelund, F., Binderup, M-L., Bender, M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P., Elmhold, S. & Andersen, O. (2002). Biologisk oprensning af tjæreforurenet jord med spiselig østershat - et fælles feltforsøg. Miljøforskning, 53: 5-7.
- Timmermann, K., Banta, G. & Andersen, O. (2002). Modellerig af transport og omsætning af pyren i bioturberet sediment. Miljøforskning, 53: 45-46.

Bidrag fra RISØ ved forhenværende seniorforsker Torben Nielsen:

Publications in international journals with peer review

- Kollist-Siigur, K., Nielsen, T., Grøn, C., Hansen, P.E., Helweg, C., Jonassen, K.E.N., Jørgensen, O. & Kirso, U. (2001). Sorption of Polycyclic Aromatic Compounds to Humic and Fulvic Acid HPLC Column Materials. *J. Environ. Qual.* 30, 526-537.
- Sverdrup, L.E., Ekelund, F., Krogh, P.H., Nielsen, T. & Johnsen, K. Soil microbial toxicity of eight polycyclic aromatic compounds: effects on nitrification, the genetic diversity of bacteria and the total number of protozoans. *Environmental Toxicology and Chemistry* 21:1644-1650
- Sverdrup L.E., Kelley, A.E., Krogh, P.H., Nielsen, T., Jensen, J., Scott-Fordsmand, J.J. & Stenersen, J. (2001). Effects of eight polycyclic aromatic compounds on the survival and reproduction of the springtail *Folsomia fimetaria* (Collembola, Isotomidae). *Environ. Toxicol. Chem.* 20, 1332-1338.
- Sverdrup, L.E., Nielsen, T. & Krogh, P.H. (2002). Soil ecotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in relation to soil sorption, lipophilicity and water solubility. *Environmental Science and Technology* 36(11):2429-2435.
- Sverdrup, L.E., Nielsen, T. & Krogh, P.H. (in press). Toxicity of eight polycyclic aromatic compounds to the earthworm *Eisenia veneta*, and comparison with springtail (*Folsomia fimetaria*) and enchytraeid (*Enchytraeus crypticus*) sensitivity. *Environmental Toxicology and Chemistry*.

Book chapters

- Ziechmann, W., Hübner, M., Jonassen, K.E.N., Batsberg, W., Nielsen, T., Hahner, S., Hansen, P.E. & Gudmundson, A.-L. (2000). Humic substances and humification. In: E.A. Ghabbour and G. Davies, Eds., *Humic Substances Versatile Components of Plants, Soil and water*. Royal Soc. Chem. Cambridge, 2000. ISBN: 0 85404 855 3.

Abstracts of poster presentations not published in proceedings

- Andersen, M.P., Nielsen, T., Brinch, U.C., Hestbjerg, H., Hansen, H.C.B. & Jacobsen, C.S. (2001). Optimizing pyrene degradation using refuse from *Pleurotus ostreatus* production. 6th International Symp. On In Situ and On-Site Bioremediation. Battelle, San Diego, California 4-7th June 2001.
- Jacobsen, C.S., Andersen, M.P., Nielsen, T., Brinch, U.C., Hestbjerg, H. & Hansen, H.C.B. (2001). Optimizing pyrene degradation using refuse from *Pleurotus ostreatus*. Poster abstract, SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark, p. 24. 2001 B
- Jonassen, K.E.N., Nielsen, T. & Hansen, P.E. (1999). Sorption of 42 different Polycyclic Aromatic Compounds to Humic Acid HPLC Column materials using wide-pore Silica. An improvement of the Method. Poster presentation at "Environmental science day" at Roskilde University, November 1999.
- Jonassen, K.E.N., Nielsen, T. & Hansen, P.E. (2001). Direct determination of PAC sorption to organic soil material by use of humic acid HPLC columns. Proc. First Baltic Symposium on Environmental Chemistry. Tartu, Estonia. September 2001.
- Jonassen, K.E.N., Nielsen, T. & Hansen, P.E. (2000). Sorption of PAH and other PAC to humic acid. Proc. BIOPRO Workshop - Bioremediation and risk assessment of tar-contaminated soil
- Jonassen, K.E.N., Nielsen, T. & Hansen, P.E. (2001). Predicting the sorption of Polycyclic Aromatic Compounds (PAC) to organic material by HPLC Humic Acid columns. Proc. SETAC meeting september 2001. Jonassen, K.E.N., Nielsen, T. & Hansen, P.E. (2000). The influence of structural factors on the partitioning of Polycyclic Aromatic Compounds (PAC) in soils. Oral presentation at "1st French Meeting on Environmental Chemistry" in Nancy, December 2000
- Jonassen, K.E.N., Nielsen, T. & Hansen, P.E. (1999). Sorption of 55 different Polycyclic Aromatic Compounds to Humic Acid HPLC Column materials using wide-pore Silica. Poster presentation at "the 17th. International Symposium On Polycyclic Aromatic Compounds", Bordeaux, October 1999
- Nielsen, T., Hansen, T.M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P. & Jonassen, K.E.N. (2001). The lactone 5H-phenanthro[4,5-bcd]pyran-5-one. A new type of metabolite from degradation of pyrene by *Pleurotus ostreatus*. Poster abstract, SETAC Europe: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark.
- Stenby, C. & Nielsen, T. (2001). Determination of PAC's in earthworms by SPE and GC/MS. Proc. SETAC meeting september 2001.

- Ziechmann, W., Hübner, M., Jonassen, K. E. N., Batsberg, W., Nielsen, T., Hahner, S., Hansen, P. E. & Gudmundson, A.-L. (2000). Humic substances and Humification. Proc. Humic Substances Seminar V. Egan Research Center, Northeastern University, Boston, Mass., USA, 21-23 March 2000.
- Ziechmann, W., Hübner, M., Jonassen, K.E.N., Pedersen, W.B. & Nielsen, T. (2000). The structure of humic substances - limits and potential. Humic Substances Seminar V. Egan Research Center, Northeastern University, Boston, Mass., USA, 21-23. March 2000.

Bidrag fra Fødevaredirektoratet ved seniorforsker Mona Lise Binderup:

Abstracts of poster/platform presentations not published in proceedings

- Binderup ML, Christensen M, and Scott-Fordsmand JJ (2003). Risk assessment of PAC polluted and bioremediated soils, 7th International Symposium on In situ and on-situ Bioremediation, June 2-5, Orlando Florida.
- Binderup ML, Christensen M, and Scott-Fordsmand JJ (2002). Earthworms (*Eisenia veneta*) used in biomonitoring studies of soil pollution. NordEMS workshop. 18-20 June. Finnhamn, Sweden.
- Binderup ML, Christensen M, and Scott-Fordsmand JJ (2002). Earthworms (*Eisenia veneta*) used in biomonitoring studies of soil pollution. Setac Europe 12th Annual Meeting. 12-16 May. Vienna. Austria.
- Binderup, M-L., Christensen, M. & Svendsen, G.W. (2001). Genotoxicity testing and chemical analyses of PAC contaminated and bioremediated soils. ISPAC 18, Cincinnati, Ohio, September 2001
- Binderup, M-L., Jørgensen, V. & Scott-Fordsmand, J.J. (2001). Earthworms (*Eisenia veneta*) used in biomonitoring studies of soil pollution. International Comet-assay workshop, Ulm, Germany, 22. - 24. July 2001
- Binderup, M-L., Jørgensen, V. & Scott-Fordsmand, J.J. (2001). The usage of the Comet-assay on coelomocytes from earthworms (*Eisenia veneta*) as an in situ assay of polluted soil. Setac Europe, Copenhagen, Denmark, 2-5 september 2001.
- Scott-Fordsmand, J.J. & Binderup, M-L. (2001). Toxicity of PAC's to *Eisenia veneta* and DNA damage. Setac Europe, Copenhagen, Denmark, 2-5 september 2001.

Others

- Jacobsen, C.S., Christensen, M., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Ekelund, F., Binderup, M-L., Bender, M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P., Elmhold, S. & Andersen, O. (2002). Biologisk oprensning af tjæreforurenet jord med spiselig østershat - et fælles feltforsøg. Miljøforskning, 53: 5-7.

Bidrag fra Danmarks Jordbrugsforskning, ved seniorforsker Susanne Elmholt:

Publications in international journals with peer review

- Cortet, J., Joffre, R., Elmholt, S. & Krogh, P.H. (in press) Effects of increasing species and trophic diversity of mesofauna on fungal biomass, mesofauna structure community and organic matter decomposition processes. *Biology and Fertility of Soils*
- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M. & Jacobsen, C.S. (2003). Influence of *Pleurotus ostreatus* and bacteria on bioremediation during field application of commercial mushroom refuse. *Environ. Toxicol. Chem.* volume 22(4):692-698.

Book chapters

- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., Andersen, O. & Jacobsen, C.S. (2002). Field Scale Bioremediation of Tar contaminated Soil with commercial Mushroom *Pleurotus ostreatus* refuse. In: Brebbia, C.A. (ed.) *Oil and hydrocarbon spills III. Modelling, analysis and control.* Southampton: WIT Press pp 231-239.

Abstracts of poster presentations not published in proceedings

- Andersen, M.P., Nielsen, T., Brinch, U.C., Hestbjerg, H., Hansen, H.C.B. & Jacobsen, C.S. (2001). Optimizing pyrene degradation using refuse from *Pleurotus ostreatus* production. 6th International Symp. On In Situ and On-Site Bioremediation.
- Hestbjerg, H., Brinch, U.B. & Nielsen, T. (2001). Potential of *Pleurotus ostreatus* for bioremediation: Temperature requirements and competitiveness. Proc. SETAC meeting september 2001.
- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M. & Jacobsen, C.S. (2001). Influence of *Pleurotus ostreatus* and bacteria on bioremediation during field application of commercial mushroom refuse. Abstract, SETAC Europe: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark.
- Jørgensen, H.B. & Hestbjerg, H., 2000. Do Collembolans Feed on Toxic Fungi? Abstract of the 13th Int. Colloquium on Soil Zoology. 14-18 August 2000, Praha, Czech Republic. p. 123.
- Jacobsen, C.S., Andersen, M.P., Nielsen, T., Brinch, U.C., Hestbjerg, H. & Hansen, H.C.B. (2001). Optimizing pyrene degradation using refuse from *Pleurotus ostreatus*. Poster abstract, SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark, p. 24. 2001 B
- Jacobsen, C.S., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Hestbjerg, H. & Ekelund, F. (2001). Field application of commercial mushroom refuser containing biodegrading *Pleurotus ostreatus*: Population dynamics of bacteria, protozoa, fungi, springtails & mites. Poster abstract, SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark, p. 12. 2001 B
- Nielsen, T., Hansen, T.M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P. & Jonassen, K.E.N. (2001). The lactone 5H-phenanthro[4,5-bcd]pyran-5-one. A new type of metabolite from degradation of pyrene by *Pleurotus ostreatus*. Poster abstract, SETAC Europe: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark.

Others

- Hestbjerg, H., Willumsen, P.A., Christensen, M., Andersen, O. & Jacobsen, C.S. (2002). Field scale bioremediation of tar contaminated soils with commercial mushroom *Pleurotus ostreatus* refuse (Hvidmuldssvampe på tjeneste i foreningsbekæmpelse). ATV Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingstedcenteret, 5.-6. Marts.
- Jacobsen, C.S., Christensen, M., Willumsen, P.A., Krogh, P.H., Ekelund, F., Binderup, M-L., Bender, M., Hestbjerg, H., Andersen, M.P., Elmholt, S. & Andersen, O. (2002). Biologisk oprensning af tjæreforurenet jord med spiselig østershat - et fælles feltforsøg. *Miljøforskning*, 53: 5-7.

Bidrag fra Århus Universitet ved forhenværende professor Ellen Margrethe Basse:

Publications in international journals with peer review

Olsen, B.E. (2001). Voluntary Standards as an Instrument in Environmental Regulations: The Problem of Contaminated Soil. *Environmental Liability*, Volume 9, issue 2, April 2001, pp. 53-64.

Book chapters

Basse, E.M. (2001). Miljøretten I "Almindelige emner" kapitel 7 "Internationale aktører og retskilder", pp. 243-258, Jurist- og Økonomforbundets Forlag.

Basse, E.M. & Larsen, F. (2001). Miljøretten III "Affald, jord, råstoffer og undergrund", kapitel 1 "Ressourcer og kortlægning", pp. 17-43, Jurist- og Økonomforbundets Forlag.

Basse, E.M. & Olsen, B.E. (2001). Miljørette I Almindelige emner, kapitel 8 "Danske myndigheder og kompetencer", pp. 259-294.

Basse, E.M. & Olsen, B.E. (2001). Miljørette I Almindelige emner, kapitel 9 "Virkemidler", pp. 295-396, Jurist- og Økonomforbundets Forlag.

Olsen, B.E. (2001). Miljøretten III "Affald, jord, råstoffer og undergrund", kapitel 4 "Flytning, bortskaffelse og anvendelse af jord", pp. 227-258, Jurist- og Økonomforbundets Forlag.

Abstracts of poster presentations not published in proceedings

Basse, E.M. (2000). Development of Soil Quality Standards as Part of the EU Harmonisation and National Traditions. Paper præsenteret ved "Environmental Law & Policy Conference", Århus, September 2000

Others

Olsen, B.E. (2001). Standardbaserede virkemidler - i et miljøretligt perspektiv Nyhedsbrev for Det Strategiske Miljøforskningsprogram. Nr. 46, februar 2001, pp. 15-16