

**CENTER FOR BÆREDYGTIG AREALANVENDELSE OG
FORVALTNING AF MILJØFREMMEDE STOFFER, KULSTOF OG KVÆLSTOF**

DET STRATEGISKE MILJØFORSKNINGSPROGRAM 1997-2000

SLUTRAPPORT



AALBORG UNIVERSITET, AALBORG

1. MARTS 2002

INDHOLDSFORTEGNELSE

INDLEDNING	7
HOVEDKONKLUSIONER	7
HOVEDRESULTATER	9
ØKONOMISK STATUS	15
SAMARBEJDE OG FORSKERUDDANNELSE	16
FORMIDLING	19
PROJEKT 1	21
PROJEKT 2	28
PROJEKT 3	36
PROJEKT 4	46
PROJEKT 5	56
PROJEKT 6	70
PROJEKT 7	75
PROJEKT 8	82
PROJEKT 9	92
PROJEKT 10	106
BILAG 1 – Organisering af centret	112
BILAG 2 - Deltagere i centret	118

FORORD

En gruppe af forskningsinstitutioner har under Det Strategiske Miljøforskningsprogram 1997-2000, delprogrammet "Bæredygtig arealanvendelse", etableret et:

*"Center for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning
af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof"*

Denne slutrapport beskriver Centrets aktiviteter i hele perioden 1997-2001 med særlig vægt på forskningsresultater opnået i perioden 2000-2001 i relation til forskningskvalitet, målopfyldelse, formidling, forskningsorganisering, finansiering og samarbejde med relateret forskning.

Kaj Henriksen og Iris Jacobsen

1 INDLEDNING

Centret for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof er etableret under Det Strategiske Miljøforskningsprogram 1997-2000, delprogrammet "Bæredygtig arealanvendelse" som et "center uden mure" omfattende i alt 12 forskningsinstitutioner. Centrets aktiviteter er fastlagt i kontrakt imellem centerlederen og Ledelsesgruppen for Det Strategiske Miljøforskningsprogram (SMP) underskrevet d. 30. juni, 1997 og nærmere i centerbeskrivelse med projektkatalog dateret 15. juli, 1997. Igangsættelsen af Centret er beskrevet i statusredegørelsen for 1997 dateret 28. november 1997, og centrets forskning, formidling, procesforløb og målopfyldelse for perioden 1997-2000 er beskrevet i evalueringsrapporten af 10. februar 2000.

En del af centrets aktiviteter blev forlænget ind i 2001 og denne slutrapport lægger hovedvægten på forskningsresultater og formidling for perioden 2000-2001.

Centrets forskning er rettet mod recirkulering af organisk affald som strategi for opretholdelsen af jordens frugtbarhed og produktivitet på langt sigt, herunder opstilling af stofbalancer for kulstof og kvælstof i landbrugs- og skovøkosystemer. Miljøfremmede stoffer i affaldet og jordens kvalitet med hensyn til organisk stof og næringsstoffer er i fokus. Hovedemnerne er behandling af affaldet for indholdet af miljøfremmede stoffer, jordforbedringsværdi af affaldet, de miljøfremmede stoffers skæbne og effekter i landbrugsøkosystemet, samt effekten af affaldsudbringning og vegetation på jordens kvælstof- og kulstofbalancer.

Centrets forskning er organiseret i 9 projekter:

1. Bioprocessering af organisk affald
2. Effekter af organisk affald på jordens frugtbarhed
3. Nedbrydelighed og udvaskning af miljøfremmede stoffer
4. Optag og omsætning af miljøfremmede stoffer i planter
5. Økologiske effekter på dyrkningsjorden af miljøfremmede stoffer
6. Risikovurdering for miljøfremmede stoffer i slam ved anvendelse i jordbruget
7. Drift af feltforsøg
8. Forekomst og miljømæssige egenskaber af antibiotika i organisk affald
9. Transport af kulstof- og kvælstofforbindelser i skov og på landbrugsarealer med og uden slamudbringning.

2 HOVEDKONKLUSION

Et væsentligt strategisk mål for centrets forskning har været at tilvejebringe et tilstrækkeligt vidensniveau og datagrundlag for en vurdering af skæbne og effekt af miljøfremmede stoffer ved anvendelse af slam og kompost på landbrugsjord. Miljømæssigt kan der stilles tre primære krav til

kvaliteten af det organiske affald, der ender på landbrugsjorden.

- Slammet bør ikke indeholde stoffer, der ved normal dosering har alvorlig giftvirkning på nyttedyr og planter
- Slammet bør ikke indeholde stoffer, der ved normal dosering leder til en akkumulering af stoffer i jord eller fødekæder
- Slammet bør ikke indeholde stoffer, der ved normal dosering forurener grund eller overfladevand

Ud fra de resultater, der er opnået i centrets forskningsperiode kan det overordnet konkluderes, at de organiske affaldsprodukter ved overholdelse af gældende afskæringsværdier opfylder ovenstående krav.

I det følgende opsummeres hovedkonklusionerne fra de delelementer, der indgår i centrets forskningsprogram.

Efterbehandling af slam ved kompostering er vist at være en effektiv teknik til at nedbringe indholdet af alle de undersøgte miljøfremmede stoffer.

LAS og nogle PAH'er kan nedbrydes under anaerobe forhold, men biotilgængeligheden af stofferne er stærkt begrænsende for nedbrydningen under metanogene forhold. Anaerob udrådning af slam i fuldskala er p.t. ingen praktisk farbar vej for generel reduktion af de miljøfremmede stoffer.

I en række laboratorie- og feltforsøg er planteoptag, omsætning og udvaskning undersøgt. En række planter har i laboratorieforsøg vist sig i stand til at optage de miljøfremmede stoffer, der findes i spildevandsslam, men det sker ikke i måleligt omfang under realistiske mark forhold.

Nedbrydningen af LAS, NP og DEHP er forsinket under markforhold som følge af iltbegrænsning i slamklumperne. Dog nedbrydes mere end 90% af stofferne inden for 1 år. Tildeling af slam efter gældende grænseværdier vurderes ud fra korttidforsøg (3 år) ikke at medføre en akkumulering af miljøfremmede stoffer i jorden.

Et højt indhold af LAS i slam hæmmer temporært væksten af enkytræer. Dyrene genetablerer deres normale antal efter, at LAS er omsat ved biologisk nedbrydning.

Det organiske organisk affald stimulerer jordens mikroorganismer samtidigt med, at der kan være negative effekter af miljøfremmede stoffer. Individuelle grupper af mikroorganismer kan være særlig følsomme overfor stofferne, men netto effekter på jordens funktioner er begrænsede. Modelberegninger viser, at de undersøgte organiske miljøfremmede stoffer i affaldsprodukter ikke udgør en risiko for miljøet, hvis de gældende afskæringsværdier er overholdt.

Dyrkningsjordens kvalitet vurderes bl.a. på grundlag af jordens evne til at opretholde produktivitet, som i høj grad er forbundet med næringsstofforsyning. Det vurderes, at mængden af næringsstoffer i de undersøgte organiske affaldsprodukter (slam og kompost) på landsplan er beskedne og uden overordnet betydning for dansk landbrug. Resultater fra markforsøgene vedrørende det organiske affalds gødningsværdi viser, at tilførsel af affaldsprodukterne i den tilladte årlige rate ikke kan dække afgrødernes næringsstofbehov, og typisk vil der være behov for tilførsel af supplerende mineralsk kvælstof. Ved tilførsel af den tilladte rate hvert tredje år kan der for visse slamtyper opnås et udbytte på niveau med anvendelse af handelsgødning. Kvælstofvirkningen af komposteret husholdningsaffald er derimod yderst beskedne.

En anden gruppe af miljøfremmede stoffer, som forekommer i husdyrgødning og slam er rester af antibiotika, som anvendes til bekæmpelse af sygdomme hos dyr og mennesker, eller som gives til svin for at fremme væksten. Ved Centrets etablering var der meget begrænset viden om disse stoffers forekomst og om de kunne udgøre en trussel mod miljøet. Resultaterne viser, at 10 til 25% af den antibiotika, der anvendes til grise, kan genfindes i gyllen. Her nedbrydes en del af stofferne, mens andre overføres til landbrugsjorden. For udvalgte veterinære antibiotika er der udført en risikovurdering på screeningsniveau. Ud fra disse beregninger kan det ikke umiddelbart udelukkes, at nogle af disse stoffer kan have effekter på jordens organismer.

Sammenlignende studier af kulstof og kvælstofbalancer i skov og på landbrugsarealer med og uden slamudbringning har vist, at der sker en nettobinding af kulstof på 1-2 tons/ha pr. år for alle de undersøgte økosystemer. Den lave nettokulstofbinding i skovøkosystemet er overraskende, og respirationsprocessernes bidrag til kulstofbalancen må i fremtiden tilskrives større vægt, især i skovens foryngelsesfase, hvor de over en længere årrække formodentlig kan overstige kulstofbindingen.

Slamudbringning på markerne har kun vist kortvarig effekt på emissionen af CO₂, CH₄, NO og N₂O og kun bidraget med nogle få kg C og N til de samlede økosystem-fluxe for kulstof- og kvælstofforbindelser.

Udvaskningen af kvælstof i form af nitrat var i skoven under 1 kg N pr. ha pr. år, mens den på marken var 50-100 kg N/ha pr. år. Der var en ikke signifikant tendens til større N udvaskning fra slambehandlede parceller.

3 HOVEDRESULTATER

Bioprocessering af organisk affald

DEHP, LAS, NPE og PAH'er ophobet i spildevandsslam kan fjernes ved kompostering. DEHP, LAS, NPE og forskellige PAH'er bliver nedbrudt ved kompostering i løbet af 25 til 90 døgn. Kompostering fjernede op til 99% af de oprindelige mængder af DEHP og LAS, op til 97% af den oprindelige mængde NPE og op til 74% af den oprindelige mængde af de ni undersøgte PAH'er (Møller & Reeh, submitted; Møller et al., 1999; Reeh & Møller, 2001; Møller & Reeh, 2001)

Biotilgængeligheden af miljøfremmede stoffer er afgørende for omsætningen i rensningsanlæg. Lineær alkylbenzen sulfonat fjernes ikke i den anaerobe slambehandling pga. manglende biotilgængelighed (Haagensen et al., submitted; Mogensen et al., 2002)

Lineær alkylbenzen sulfonat kan nedbrydes under anaerobe forhold og benzensulfonsyre og benzaldehyd er identificerede som nedbrydningsprodukter. (Mogensen et al., submitted).

Effekter af organisk affald på jordens frugtbarhed

Effekter af affaldstilsætning på biologiske aktivitetsparametre er generelt positive, men forbigående (1-3 mdr.) (Debosz et al., 2002). Dette blev bekræftet af monitoringsundersøgelsen i efteråret 2000, som kun viste begrænsede effekter af 3 års tilførsel af affald (3 × normaldosering). Monite-

ringen viste, at affaldstilsætning fører til en akkumulering af organisk bundet N og P, som dog er specifik for affaldstype og jordtype.

Vekselvirkninger mellem jord og affald er ved udbringningen knyttet til grænsefladen mellem de to miljøer (Petersen et al., 2000). De effekter, der observeres i homogeniserede systemer må derfor betragtes som potentielle effekter, som i praksis vil have en anden tidsmæssig udstrækning og muligvis også være kvalitativt forskellig fra en mere realistisk fordeling (Petersen et al., accepted).

Den mikrobielle dynamik i/omkring slamklumper og slamstreng er belyst vha. PLFA-analyser, som viste at det mikrobielle samfund i slamklumperne over en periode på flere måneder gradvist ændrer sig i retning af jordens mikroflora. Mekanismen kan være kolonisering via planterødder og/eller preferentiel overlevelse af organismetyper, som også er repræsenteret i jorden.

Frigivelsen af plantetilgængeligt N og P fra organisk affald er knyttet til affaldstype og forbehandling, men kan være betydelig. Målinger i feltforsøget ved Askov indicerede en netto-frigivelse af N på 40-50 kg ved tilførsel af udrådnet og aktivt slam, og ved skridning en signifikant større N-optagelse fra aktivt slam end fra handelsgødning (Petersen et al., in prep.a). Denne forskel er i overensstemmelse med N-indholdet i høstudbytter fra feltforsøget, som viste en markant højere N-udnyttelse end forventet for denne slamtype (Petersen & Petersen, 2000).

I feltforsøg ved Risø (med Askov jord) blev det vist, at brutto N-mineraliseringen i jorden øgedes med 0.3 – 4 kg N ha⁻¹ d⁻¹ i starten af vækstsæsonen (april-maj) efter behandling med udrådnet slam, mens husholdnings kompost øgede brutto N-mineralisering med 1.4 – 3 kg N ha⁻¹ d⁻¹ gennem hele vækstsæsonen (Ambus et al. in prep.). Høstudbyttet blev hhv. 12.5% og 26% højere i jord behandlet med udrådnet slam og kompost (Kure & Ambus, in prep.).

Bioforgasning af organiske affaldsprodukter medfører signifikante ændringer i sammensætning og kvalitet af restproduktet hvilket er betydende for stabiliteten i jorden. I inkubationsforsøg blev det således vist, at bioforgasset fåregødning medførte 11%-46% lavere C-mineralisering end fåregødning som ikke var forbehandlet; i pottforsøg var planteudbyttet tilsvarende 15% højere med bioforgasset fåregødning end i ubehandlet kontroljord mens ubehandlet fåregødning medførte 10% reduktion i planteudbyttet (Ambus & Kure, in prep.).

Nedbrydelighed og udvaskning af miljøfremmede stoffer

Effekter af slamfordeling, slam/jord-ratio og vandindhold på mineralisering af slam-bundne organiske stoffer (LAS, nonylphenol, nonylphenol-di-ethoxylat, DEHP, pyren og 1,4-dichlorbenzen) er undersøgt i velkarakteriserede laboratoriesystemer. LAS, nonylphenol og nonylphenol-di-ethoxylat nedbrydes relativt hurtigt i fuldt opblandede aerobe systemer med en halveringstid for fuld mineralisering på 7-8 dage, medens halveringstiden for de svært nedbrydelige stærkt hydrofobe stoffer DEHP og Pyren er i størrelsesordenen 60-100 dage. (Klinge et al. 2001; Gejlsbjerg et al. 2001).

Effekten af forskellige redox betingelser (aerobe, denitrificerende eller methanogene forhold) på de miljøfremmede stoffers nedbrydning er undersøgt. LAS, nonylphenol, nonylphenol-di-ethoxylat og pyren mineraliseres ikke under iltfrie forhold. DEHP mineraliseres under denitrificerende forhold, men omsætnings hastigheden reduceres markant (Gejlsbjerg et al., submitted).

En respirometrisk metode til bestemmelse af aerob bionedbrydelighed af organiske stoffer i slam/jord-systemer er udviklet og valideret (Gejlsbjerg et al., submitted).

Laboratorieforsøg med forskellige størrelser slamklumper viser, at nedbrydning af modelstofferne DEHP, LAS og Nonylphenol foregår inde i klumperne og hæmmes markant (10-30 dage) p.g.a.

temporært anaerobe forhold i slamklumperne sammenlignet med fuldt opblandede jord/slam systemer (Hesselsøe et al., 2001)

Markforsøg med nedlagte slamstrengte af forskellig klumpstørrelse viste tilsvarende, at nedbrydningen af LAS, NP og DEHP er hæmmet i 2-4 uger sammenlignet med fuldt opblandede systemer. Dog forløb nedbrydningen af LAS, NP og DEHP i marken til meget lave koncentrationer inden for et tidsrum på 6-12 måneder.

Resultaterne indikerer, at der ikke er risiko for akkumulering af de pågældende stoffer i jordsøjlen inden for gældende afskæringsværdier for de miljøfremmede stoffer i slam. Dette valideres af, at der i de 3-årige markforsøg ikke kunne måles forhøjede koncentrationer af LAS, NP, DEHP eller PAH'er i pløjelaget efter 3 års tildeling af slam og kompost svarende til 3 gange det maksimalt tilladte doseringsniveau (Henriksen et al. 2001, Petersen et al., 2002).

Udvaskningsforsøg med uforstyrrede jordsøjler i forskellige jordtyper viste, at de maksimale koncentrationer af DEHP og LAS i udløbsvandet generelt var lave, ca. $0.4-10 \mu\text{g L}^{-1}$ for DEHP og ca. $5 \mu\text{g L}^{-1}$ for LAS. Udvaskning af LAS og DEHP skyldtes hovedsageligt kolloid-båren transport (makromolekylære komplekser) og transporten af DEHP og LAS var stærkt påvirket af makroporestruktur (De Jonge et al., 2001a; de Jonge et al., 2001b)

Optag og omsætning af miljøfremmede stoffer i planter

Flere nye teknikker blandt andet baseret på anvendelse af C14- mærkede stoffer er udviklet til belysning af organiske miljøfremmede stoffers omsætning og optag i planter. Således supplerer anvendelsen af vandkulturforsøg, adsorptionsforsøg og dyrkningsforsøg i jord ny viden vedrørende de miljøfremmede stoffer: LAS, DEHP, pyren, nonylphenol og udvalgte chlorbenzener.

Bestemmelse af optag af 14C-mærkede forbindelser i planter i vandkultur er udviklet og afprøvet på LAS, DEHP, pyren, NPEO2, nonylphenol og 1,4 dichlorbenzen i forskellige plantearter: byg, raps, tomat og gulerødder. Der er fundet arts og sorts specifikke forskelle i akkumulering i rødder (beregnete RCF-værdier) og translokering til blade (TSCF-værdier). Forsøgene viste, at nogle arter - specielt raps - har en betydelig evne til at nedbryde stofferne i rødderne.

Metode baseret på kemisk ekstraktion af plantematerialet fra vandkulturforsøgene, efterfulgt af separation ved tyndtlagskromatografi (TLC) og aktivitetsmåling er udviklet til bestemmelse af metabolitdannelsen. Specielt for LAS ses en stor omsætning og dannelse af metabolitter.

Der er ligeledes udviklet en ny metode baseret på anvendelse af 14C-mærkede stoffer, autoradiografi og scintillationsteknik. Metoden gør det muligt at følge optagelsen og fordelingen i planten af de mærkede stoffer. Ved snit af forskellige dele af roden følges således stoffets placering i rodvævet.

Forskellige adsorptions- og desorptionsforsøg belyser stoffernes biotilgængelighed. og sammenlignelige studier over tilgængeligheden af stofferne i forskellige matricer såsom vand, jord og slam kan således sammenholdes med optagelsesforsøgene.

Udvikling og dokumentation af kemiske analysemetoder for DEHP, LAS, chlorbenzener og nonylphenoler med mono- og diethoxylater, der kan anvendes i studier af stoffernes nedbrydning i jord samt planteoptag fra slam og jord, er foretaget. Når slamtilførslen svarer til normal landbrugspraksis ses der ikke planteoptag af de miljøfremmede stoffer, men plantevækst kan øge nedbrydningen af LAS og DEHP i jord (Mortensen et al., 2000; Grøn et al., 2001 Hesselsøe et al., 200; Mortensen et al., 2001a; Mortensen et al., 2001b)

Modelberegningerne har vist, at for DEHP udgør optaget fra luften den største del af det samlede planteoptag. Modelberegningerne viser endvidere, at forudsigelse af planteoptaget fra jorden kræver, at biotilgængeligheden af stoffet i jorden kan forudsiges/bestemmes med god nøjagtighed.

Modelberegningerne antyder endvidere, at metabolisme af stofferne i planterne er betydningsfuld (Winther-Nielsen et al., 2001).

Økologiske effekter på dyrkningsjorden

Mesokosmostestsystemer med slamklumper er afprøvet. Resultatet af afprøvningen viste at systemet kan efterligne feltsituationen med den klumpvise fordeling af slam med en biologisk opblomstring. I denne situation fås en realistisk eksponering både via jordbundsdyrs direkte kontakt med slam og ved deres konsumering af slam med eks. nonylphenol. Denne testmetode er endvidere mere realistisk sammenlignet med et stofs giftighed i jord.

Et nyt bioassay baseret på en lux-transformeret *N. europaea* stamme til bestemmelse af biotilgængelig LAS i rene jordsystemer er udviklet.

En metode, som anvender kompetitiv PCR og fluorescens in situ hybridisering af mikrokoloni-dannende bakterier til kvantitativ detektion af ammonium-oxiderende bakterier i jord er valideret.

Aspekter af slams giftighed er undersøgt i specifikke laboratorieforsøgsdesigns for at gøre en risikovurdering mere realistisk. Det gælder slammets fordeling i jorden over for antallet af bakterier og protozoer og slam-bundne organiske stoffer over for jordlevende invertebrater og mikrobielle processer. Bioakkumulering og intern effektkoncentration er undersøgt for pyren og esfenvalerat og ændringer i biotilgængelighed af LAS anionen som følge af fældning med Mg og Ca og aldrig undersøgt. I disse eksperimenter er der ikke konstateret væsentlige elementer, som bør tages med i en realistisk risikovurdering (Holmstrup et al. 2001).

Gennemtestning af LAS er foretaget på et bredt spektrum af relevante jordbundsvertebrater og mikrobielle processer. Resultaterne viste forskel mellem orme, som er i nær kontakt med jordvæsken, og leddyr som i mindre grad er i kontakt med porevandet (Holmstrup & Krogh 2001). DBP er nærmest ugiftig mens DBP og nonylphenol er relativt giftige overfor springhaler (halvering af reproduktionen under 50 mg/kg).

Det blev påvist, at visse stammer af autotrofe ammonium-oxiderende bakterier er i stand til at nedbryde LAS. Såvel toxicitet af LAS overfor ammonium-oxiderende bakterier som nedbrydning af LAS er positivt korreleret til jordens fugtighed. Af 4 testede surfaktanter (LAS, SDS, LAE og NPE) udviste kun LAS og i lidt mindre omfang SDS toksiske effekter overfor jordens ammonium-oxiderende bakterier. Der blev ikke observeret langtidseffekter efter op til 1.5 år af slam beriget med op til 50 g LAS kg⁻¹ på hverken mikrobielle aktiviteter (potentielt ammonium oxidation samt basal og substrat-induceret respiration) eller den "funktionelle" mikrobielle samfundsstruktur, idet såvel ammonium-oxiderende som heterotrofe mikroorganismer udviste samme LAS tolerance uanset tidligere eksponering for LAS. Kortvarige (op til 2 måneder) effekter på jordens mikroorganismer var begrænset til de inderste 30 mm omkring slamklumperne.

EC50 var ca. 5 g LAS kg⁻¹ for enkytræer og nogle mikroleddyr i løbet af de første måneder i feltforsøg med LAS (Brandt et al. 2000). Efter 4 måneder var de genetablerede. Nogle porespringhaler og mider var stimulerede. I jorden omkring slamklumper var effekter sporadiske.

Risikovurdering af LAS ud fra et stort laboratorie datasæt ændrer ikke på den nuværende danske grænseværdi på 5 mg kg⁻¹ jord (Jensen et al. 2001).

Risikovurdering af miljøfremmede stoffer i slam ved anvendelse på landbrugsjord

Der er opstillet en model til beregning af skæbnen af stofferne i jordmiljøet. Følgende delmiljøer er blevet taget i betragtning: jordmiljøet, grundvandet og overfladevand.

Der er udført risikovurdering for stofferne LAS, DEHP, NP, NPEO og pyren. Til vurdering af om stoffernes udvaskes i uacceptable mængder er gældende drikkevandskriterier for de udvalgte stoffer primært anvendt. Det blev fundet, at ingen af de undersøgte stoffer udvaskes i koncentrationer, som overstiger drikkevandskriteriet, samt at kun en meget lille del af stofferne forventes at blive udvasket til grundvandet.

De udvalgte stoffers tendens til at akkumulere i jordmiljøet blev vurderet ved at beregne de forventede koncentrationer ved steady-state, d.v.s. den koncentration, der opnås i miljøet efter et meget stort antal gentagne udbringninger af slam på landbrugsjorden. Her blev det beregnet, at en del af stofferne (f.eks. LAS) ikke akkumulerer i jordsøjlen i nævneværdig grad, hvorimod koncentrationen af stoffer som nonylphenol, pyren og DEHP vil være flere gange højere end den koncentration, der opnås efter den første udbringning af slam.

Til vurdering af om jordens miljø påvirkes, anvendes de såkaldte PNEC-værdier (Predicted No Effect Concentrations), som er den højeste koncentration i jordmiljøet, hvor der ikke forventes økotoksiske effekter. Det blev fundet, at hvis stoffernes koncentrationer i slam ikke overstiger de gældende afskæringsværdier, forventes der ingen negative effekter på jordmiljøet.

Der er udført risikovurdering på screeningsniveau for udvalgte veterinære antibiotikastoffer (i samarbejde med Bent Halling-Sørensen, Danmarks Farmaceutiske Højskole). Ud fra disse beregninger kunne det ikke umiddelbart kan udelukkes, at nogle af disse stoffer kan have effekter på jordens organismer.

Gødningsværdi af organisk affald

I markforsøg tilførtes fire affaldsprodukter i rater, der er sammenlignelige med nuværende dansk landbrugspraksis. Det anvendte aerobe slam gav udbytter på niveau med fast staldgødning, mens det anvendte anaerobe slam gav lavere udbytter og det anvendte kompost de laveste udbytter (Petersen, 2002). De fundne effekter i udbytteparameteren stemmer overens med de foretagne reflektansmålinger i vækstperioden, hvor det anaerobe slam og kompost klart gav anledning til en mindre biomasseproduktion end både fast staldgødning og aerobt slam.

Gødningsværdien af kvælstof i affaldsprodukterne er beregnet (Petersen, 2002). På totalkvælstofbasis var gødningsværdien af kvælstof i aerobt slam 0.68, mens den var lidt lavere i fast staldgødning (0.55) og anaerobt slam (0.49). I kompost var gødningsværdien imidlertid kun 0.12 (Petersen, 2001, 2002). På basis af indholdet af ammonium-kvælstof var gødningsværdien omkring 1 for kompost og fast staldgødning (hvilket er normalt), men for begge slamtyper var gødningsværdien omkring 1.6, hvilket er overraskende højt (Petersen, 2001, 2002). Dette skyldes formentlig, at slam fra moderne kommunale rensningsanlæg i høj grad består af let omsættelige rester fra mikroorganismer dannet under rensningen af spildevandet.

Affaldsprodukter vil i forskellig udstrækning kunne bidrage til afgrødens kvælstofforsyning, men uanset driftsform vil der ved anvendelse af slam eller kompost efter gældende regler være behov for tilførsel af supplerende mineralsk kvælstof og, afhængig af jordens næringsstofstatus, også af kalium (Petersen, 1999).

Forekomst og miljømæssige egenskaber af antibiotika i organisk affald

En række kemiske analysemetoder herunder opkoncentreringsteknikker (SPE og SPME) er udviklet til analyse af antibiotika i følgende matricer: vand, jord, gylle og jordvand (Loke et al. 2002; Holten Lützhøft et al. 2000; Tjørnelund et al., Submitted; Holten Lützhøft et al. 2000).

Nedbrydning af 4 modelstoffer er fulgt i gylle. Tetracykliner fandtes at bindes kraftigt til gylle og at persistere i form af nedbrydningsproduktet beta-apo-OTC. Samme nedbrydningsprodukt er ligeledes fundet som et af hovednedbrydningsprodukterne i jordvand (Loke et al. 2002, Halling-Sørensen et al., submitted).

Den aerobe såvel som anaerobe primære nedbrydning er undersøgt. Tylosin nedbrydes hurtigt hvorimod tetracykliner er meget persistente. Flere hovedmetabolitter af eksempelvis tetracykliner er påvist i forskellige matricer (Loke et al., 2000; Ingerslev et al., 2001a; Ingerslev et al., 2001b; Halling-Sørensen et al., submitted).

Akkumulering og mobilitet i jordmiljøet for 4 udvalgte modelantibiotika er undersøgt. Projektet viser at mobiliteten af de fire undersøgte stoffer strækker sig fra meget mobile stoffer (metronidazole og olaquinox) til meget lidt mobile stoffer (tylosin og tetracykliner) (Rabølle et al., 2000).

Antibiotika og nedbrydningsprodukter er meget potent overfor mikroalger og til dels jordbakterier. Et overraskende resultat var at visse tetracyklin nedbrydningsprodukter har effekter på tetracyklin-resistente jordbakterier. Det viser at disse nedbrydningsprodukter har en virkningsmekanisme forskellig fra moderstofferne.

(Holten-Lützhøft et al., 2000; Halling-Sørensen, 2000; Halling-Sørensen et al., 2002; Sengeløv et al., in press; Sengeløv et al., Submitted)

Toksicitetsstudier på krebsdyr viste at antibiotika i akuttox test kun var meget lidt potent. I kroniske toksicitettest på krebsdyr fandtes stofferne dog langt mere potente. Studierne blev gennemført på 8 stoffer (Wollenberger et al., 2000).

Toksicitetsstudier på regnorme og springhaler viste at antibiotika i akuttox test kun var meget lidt potent. I kroniske toksicitettest på krebsdyr fandtes stofferne dog lidt mere potente. Indirekte effekter blev ikke undersøgt (Bager et al., 2000; Jensen et al., accepted).

Med de i projektet opnåede data (toksdata, fordelingskoefficienter, nedbrydningsdata (abiotisk og biotisk) samt farmakologisk viden om stofferne), er der for et par udvalgte veterinære antibiotika udført en risikovurdering på screeningsniveau. Ud fra disse beregninger kunne det ikke umiddelbart udelukkes, at nogle af disse stoffer kan have effekter på jordens organismer. Jørgensen & Halling-Sørensen, 2000; Halling-Sørensen et al., 2001).

Transport af kulstof- og kvælstofforbindelser i skov og på landbrugsarealer med og uden slamudbringning

De udførte fluxmålinger af transporten af kulstof- og kvælstofforbindelser i skov og på landbrugsarealer med og uden slamudbringning har foreløbig vist, at de overordnede CO₂ fluxe til og fra økosystemerne resulterer i en nettobinding af kulstof på 1-2 tons/ha pr. år for alle de undersøgte økosystemer i perioden. For skovøkosystemet er det overraskende, at nettokulstofbindingen ikke har været større, da en beregning ud fra træernes stammetilvækst giver et noget større tal. Respirationsprocessernes bidrag til kulstofbalancen må således i fremtiden tilskrives større vægt, især i

skovens foryngelsesfase, hvor de over en længere årrække formodentlig kan overstige kulstofbindingen.

Slamudbringning på markerne har kun haft en kortvarig effekt på emissionen af CO₂, CH₄, NO og N₂O i de første par måneder efter udbringning. Fluxene af CH₄, NO og N₂O har kun bidraget med nogle få kg C og N til de samlede økosystem-fluxe for kulstof- og kvælstofforbindelser.

Kvælstofdepositionen fra atmosfæren er ca. 24 kg N/ha pr. for skoven og 16 kg N/ha pr. for marken. Tørdepositionen i skoven udgør minimum 9 kg N/ha pr. år.

Slamtilførslen har det første år øget biomassetilvæksten med 20% og kærneudbyttet med 10%, mens der det andet år efter udbringning ikke var nogen effekt. Forsøg med tilførsel af gylle til vårbyg i projektets tredje år viste et merudbytte på ca. 30% for både kærner og biomasse.

Udvaskningen af kvælstof i form af nitrat var i skoven under 1 kg N pr. ha pr. år, mens den på marken var 50-100 kg N/ha pr. år. Der var en ikke signifikant tendens til større N udvaskning fra de slambehandlede parceller.

4 ØKONOMISK STATUS

Alle projekter havde med udgangen af 1999 modtaget den samlede bevilling for 1997-99, sådan som den er opgjort for regnskabet 1998 og godkendt af SMP pr. 28.6.99. I år 2000 og 2001 har projekterne fået udbetalt kvartalsvise rater svarende til 25% af bevillingen for år 2000, således som de modtages fra SMP.

Der blev i August 2000 søgt om forlængelse af projektperioden for 6 projekter og overførsel af samlet bevilling på 954.000 kr. til 2001. Denne ansøgning blev godkendt af SMP med reviderede bevillinger for 2000 og 2001 i September 2000.

Der var yderligere begrundede ønsker om overførsel af i alt 215.000 kr. til 2001 fordelt med 140.000 kr. inkl. overhead på delprojekt 4.3 (DHI) og 75.000 kr. på administrationsprojekt 10 (AAU). Faglig begrundelse og fordeling på løn og driftskonti fremgår af bilag 1 i årsrapport 2000 for de berørte projekter .

Der er endvidere fremsendt ansøgning til SMP97 om fagligt begrundet ekstrabevilling på 110.000 kr. inkl. overhead til dækning af 3 måneders løn for Post.Doc. Liv Kure (projekt 4 Risø) i første kvartal af 2001. Denne ansøgning blev bevilget i December 2000.

Centrets samlede forbrug i 2000, og forventede forbrug i 2001, er vist i tabel 1.

Tabel 1: Projekttopdelt oversigt over forbrug i 2000 og forventet forbrug 2001

	Forbrug 2000	Rådighedsbeløb 2001	Forventet forbrug 2001
Projekt 1	1.153.722	370.091	370.091
Projekt 2	551.938	0	0
Projekt 3	1.277.731	(239)	(239)
Projekt 4	866.175	268.237	268.237
Projekt 5	919.309	354.613	354.613
Projekt 6	74.778	51.579	51.579
Projekt 7	507.601	93.437	93.437
Projekt 8	703.315	0	0
Projekt 9	1.774.524	24.006	24.006
Projekt 10	174.725	288.930	288.930
	8.003.818	1.451.132	1.451.132

Regnskab for størsteparten af delprojekterne i centret blev afsluttet pr. 14 april 2001. Slutregnskab for projekt/delprojekt 1.1, 5.2, 6,7,9.5 og 10 og for centret som helhed afsluttes pr. 14 april 2002.

Det samlede forventede forbrug i centret for 2001 og for den samlede centerperiode forventes at være lig bevillingen.

5 SAMARBEJDE OG FORSKERUD-DANNELSE

Internt samarbejde

De almindelige samarbejdsrelationer for Centrets deltagere har været aktiveret også i forbindelse med centerprojekterne. En række særlige samarbejdsrelationer skal dog fremhæves.

- Samarbejde på tværs af projekterne i Centret er sikret først og fremmest i arbejdsgrupper, hvoraf der ved Centrets start oprettedes 6. Arbejdsgrupperne varetager planlægning og koordinering af fælles aktiviteter. I arbejdsgrupperne er fastlagt en række fælles rammer for projekterne:
- der er udvalgt fælles affaldstyper og etableret aftaler med leverandører af spildevandsslam (Renseanlæg Lundtofte) og komposteret husholdnings-affald (Komposteringsanlæg Århus Nord).
- DEHP, LAS og nonylphenol diethoxylater er udvalgt som Centrets gennemgående modelstoffer, hvortil kommer 2-dimethylnaphthalen og pyren (begge PAH forbindelser), nonylphenoler og udvalgte chlorbenzener, der er undersøgt i enkelte projekter. Til en fælles "stofbank" er indkøbt eller fremstillet radioaktivt mærkede stoffer og rene stoffer.

- jorder fra Askov og Lundgård er udvalgt som fælles modeljorder i Centret. Derudover er udvekslet undersøgelsesmetoder og etableret metodemæssigt samarbejde, primært vedrørende nedbrydelighedstests for miljøfremmede stoffer.
- der er opstillet et fælles monitoringsprogram for Centrets to koordinerede feltlokaliteter, der gennemføres i Centrets sidste år og der er etableret et samarbejde mellem projekterne 2, 3 og 5 vedrørende etablering og udnyttelse af specialplots i marken med forskellig størrelse slamklumper i 1999 og 2000.
- generering af data til Centrets sammenfattende risikovurdering i de enkelte projekter og specielt i markforsøgene er koordineret.

Udveksling af resultater og erfaringer imellem projekterne er sikret ved afholdelse af 3 fagsymposier over årene 1999 til 2000. Fagsymposierne er et supplement til DAKOFA møderne, der også har karakter af resultatformidling på tværs af projekterne.

Nationalt samarbejde

Projekt 1 har samarbejdet med Lemvig Biogasanlæg i forbindelse med undersøgelse af anaerob nedbrydning af LAS i fuldskala biogasreaktor. Projektet har også samarbejdet med EFP Projekt (j.nr. 1383/99-0009) med titlen "Anaerobic Degradation og the Organic Fraction of Municipal Waste in Co-digestion with Manure".

Projekt 2 har samarbejdet med Afd. for Terrestrisk Økologi, DMU, Silkeborg vedr. en undersøgelse af økotoksikologiske effekter af LAS, Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi, DMU vedr. en undersøgelse af vekselvirkninger mellem slam, samt Afd. for Miljøkemi, DMU angående karakterisering af slam og slambehandlet jord.

Projekt 4 har samarbejdet med DHI og DMU om afprøvning af analysemetoder for LAS i jord og med S. Trapp, DTU, vedrørende modelvalidering og revision.

Projekt 5 har samarbejdet med Miljøkemi på DMU om analyser af DBP og med lektor Niels Birger Ramsing fra Afdeling for Mikrobiel Økologi på Aarhus Universitet og med associated professor Per-Eric Lindgren fra Department of Physics and Measurement Technology på Linköping Universitet i Sverige om udvikling og validering af forskellige former for kvantitativ PCR til detektion af ammonium-oxiderende bakterier i jord.

Projekt 8 har samarbejdet med seniorforsker, ph.d. Lars Bogø Jensen, Statens Veterinære Serum-institut (SVS) og forsker, ph.d. Gitte Sengeløv, Statens Veterinære Serum-institut (SVS)

Internt i projekt 9 har der foregået et udtalt samarbejde mellem de enkelte delprojekter. Seniorforsker Henrik Skov; ATMI, DMU Roskilde, samarbejde med Poul Hummelshøj og Niels Otto Jensen om udvikling af REA-systemet. (uformelt samarbejde). Ambus, P. Samarbejde med seniorforsker Søren O. Petersen, Danmarks JordbrugsForskning, Foulum. Uformelt samarbejde om måling af sporgasser fra landbrug. Der er endvidere etableret samarbejde med lektor B.L. Andersen, Institut for Anvendt Kemi, DTU, angående modellering af metan-flux mellem jord og atmosfære.

På nationalt plan er der et samarbejde med forskere fra DMU (Helle Vibeke Andersen, M. Hovmand), Botanisk Institut (H. Ro-Poulsen), Geografisk Institut (H. Søgaaard), begge Københavns Universitet, med agrometeorologerne på Forskningscenter Foulum (eks. Kirsten Schelde) og med ISVA, DTU (K. Høgh Jensen).

Der er i samarbejde med *Centret for biologiske processer i forurennet jord og sediment* finansieret af Det Strategiske Miljøforskningsprogram 1998-2001 afholdt en international konference (Soil organic Contaminants 2001) i SETAC regi med formidling af centrene forskning i september 2001.

Internationalt samarbejde

En række internationale samarbejdsrelationer har i perioden 1997-2001 været aktiveret i relation til Centret:

- University of California, Los Angeles (UCLA).
- Dr. Ann C. Kennedy, USDA-ARS, Pullman, WA og Virginia Gewin, Dept. Crop and Soil Science, Corvallis, OR.
- Dr. Dana Elhottova, Inst. of Soil Biology, Budejovice, Tjekkiet.
- Dr. Sylvie Recous, INRA, Laon, France.
- M.C. Mittelmeijer-Hazeleger, Amsterdam Universitet.
- T. Feijtel (Procter & Gamble), K. Fox (Unilever), J. Berna (Petresa), L. Cavalli (CONDEA).
- Unilever, Port Sunlight, England.
- Prof. D.E. Rolston, University of California, Davis, California, USA.
- Dr. T. Yamaguchi, Hiroshima University, Japan.
- Prof. Donald Mackay, Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto.
- Coral Verge, Petresa, Spanien.
- Giorgio Cassani og Luciano Cavalli, Condea Agusta, Italien.
- Ricardo Valentini, University of Tuscia.
- Associate Professor, Evert Ljungström, Chalmers University of Technology, Göteborg.
- GRAMINAE (Biosphere-atmosphere interactions of ammonia with grasslands across Europe), finansieret af EU-Environment .
- EUROTRAC-2 subprojektet BIATEX-2.
- Jan Duyzer, TNO, Apeldoorn, NL.
- Dr. G.P. Robertson, Michigan State University, USA.
- Dr. Klaus Butterbach-Bahl, Fraunhofer Institut für Atmosphärische Chemie, Tyskland.
- M. Indira Venkatesan, Inst. Geophysics & Planetary Physics, University of California Los Angeles, CA.
- J. Dolfing, Wageningen University, The Netherlands.
- Dr. A. Boxall, Cranfield University, UK
- Dr. M. Montforts, RIVM, Holland
- Dr. Johannes Tolls, RIVM, Holland
- Jensen, N.O., Hummelshøj, P. & Pilegaard, K. Samarbejde med Ricardo Valentini, University of Tuscia, Langtids målinger af CO₂ og H₂O flukse over skov (EUROFLUX/FLUXNET EU projekt med 12 samarbejdspartnere).
- Associate Professor, Evert Ljungström, Chalmers University of Technology, Göteborg, samarbejde med Poul Hummelshøj og Niels Otto Jensen om udvikling af REA-systemet. (uformelt samarbejde).
- Schjørring, J.K. Deltagelse i projektet GRAMINAE (Biosphere-atmosphere interactions of ammonia with grasslands across Europe), finansieret af EU-Environment .
- Pilegaard, K. og Schjørring, J.K. Deltagere og styregruppemedlemmer i EUROTRAC-2 subprojektet BIATEX-2

- Pilegaard, K. Samarbejde med Jan Duyzer, TNO, Apeldoorn, NL. Måling af NO-emission fra skovbund
- Ambus, P. Uformelt samarbejde med Dr. G.P. Robertson, Michigan State University, USA og Dr. Klaus Butterbach-Bahl, Fraunhofer Institut für Atmosphärische Chemie, Tyskland om målinger af sporgasser fra skov- og landbrug.

Forskeruddannelse

Som en integreret del af centrets forskningsaktiviteter er der uddannet i alt 7 Ph.D.'er, hvoraf center for Bæredygtig Arealanvendelse helt eller delvis har finansieret de 6. Der er endvidere i centerregi uddannet 14 M. Sc. Kandidater.

6 FORMIDLING

Centrets publikation af forskningsorienterede og formidlende artikler samt møde og konferenceaktiviteter fremgår af tabel 1. De enkelte projekters formidling fremgår af projektoversigterne. Artikler mærket med * er centerrelaterede og ikke direkte støttet af centermidler.

Tabel 1: Centrets formidlingsaktiviteter

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998-2002	70	75	40	33	177	21

Artikler trykt eller indsendt til internationale tidsskrifter med censur udgør 110, hvoraf 16 artikler er centerrelaterede publikationer. Formidlende artikler udgør 40, hvoraf 6 er centerrelaterede.

Centrets formidling til danske brugere indenfor fagområdet recirkulering af affald er sket i samarbejde med DAKOFA, hvor Centret på møder den 16. november 1998 og 15. maj 2000 præsenterede foredrag for godt 120 deltagere. Endvidere er hovedkonklusionen fra centrets arbejde formidlet ved DAKOFA konference i september 2001.

Formidling til brugere indenfor fagområdet landbrug er sket ved fremlæggelse af 3 foredrag og 2 posters fra Centrets deltagere på Nordiske Jordbrugsforskeres Forenings seminar nummer 292 om jordbrugsmæssig anvendelse af affaldsprodukter den 23.-25. november 1998. Jens Petersen, DJF (projekt 7) var medarrangør af seminaret. Til det plantebiologiske forum formidles Centrets forskning ved deltagelse i 10th Nitrogen Workshop den 23.-26. august 1999, som Jan Schjørring fra KVL og Kim Pilegård fra RISØ (begge projekt 9) er medarrangører af.

Udvalgte resultater af forskningen i Centret er fremlagt løbende i en serie artikler i 1998, 1999 og 2000 i tidsskriftet Vand & Jord.

Der er afholdt 3 tværfaglige temadage i centerregi.

Der er i samarbejde med SMP 98 Centret BIOPRO afholdt en international konference *Organic Soil Contaminants* i SETAC regi den 2-5 september 2001. Her blev centrets forskningsresultater præsenteret og en stor del af disse publiceres i et særnummer af *Environmental Toxicology and Chemistry*.

Oplysninger om Centrets arbejde har derudover kunnet findes på vor hjemmeside: <http://www.risoe.dk/landuse>, hvor der også på en intern del kan findes arbejdsgruppenotater, dagsordner og referater for møder i bestyrelse og centerkomité, skemaer, skabeloner for rapporter med videre til brug i Centret. Hjemmesiden er lukket ned 01.03.02.

PROJEKT 1: BIOPROCESSERING AF ORGANISK AFFALD.

Projektgruppe

Projekt leder:	Birgitte Ahring, Professor, (DTU)
Projekt medarbejdere:	Rena Angelidaki, Lektor, (DTU)
	Gert Jungersen, forsker, (TI)
	Ulrik Reeh, forsker, (DFLRI)
	Pia Mai, forsker, (TI)
Ph.D. studerende:	Anders S. Mogensen (DTU, finansieret af Centret for Bæredygtig Arealanvendelse)

Budget 1997 - 2001

Løn	Kr. 2.235.876,00
Drift	Kr. 754.124,00
Overhead	Kr. 598.000,00
Total	Kr. 3.588.000,00

Projektets mål og strategiske sigte

Projektets overordnede mål har været at undersøge aerobe og anaerobe mikrobiologiske metoder til at bioprocessere miljøfremmede stoffer som findes i små koncentrationer i organisk affald.

Målene for 1998 har været at designe en komposteringsreaktor til aerob behandling af organisk affald, behandle organisk affald anaerobt vha. CSTR reaktorer samt at udvikle analytiske metoder til bestemmelse af miljøfremmede stoffer i organisk affald. Yderligere har det været målet at undersøge den biologiske nedbrydningen af specifikke stoffer samt isolere mikroorganismer ansvarlig for bionedbrydningen.

Målene for 1999 har været at undersøge aerob nedbrydning af organisk affald i en komposteringsreaktor, behandle organisk affald anaerobt vha. CSTR reaktorer samt at udvikle berigelseskulturer der kan nedbryde specifikke miljøfremmede stoffer.

Målene for 2000 har været at optimere omsætningen af organisk affald vha. aerobe og anaerobe metoder, således at koncentrationen af miljøfremmede stoffer minimeres. Samtidig isoleres bakterier der er i stand til at nedbryde visse miljøfremmede stoffer med det sigte, at anaerobe fuldskala reaktorer kan beriges, hvorved der indføres en mikrobiel aktivitet, således at fjernelsen af miljøfremmede stoffer øges.

Målene for 2001 har været at optimere den anaerobe nedbrydning af LAS mht temperatur og reaktorbelastning. Samtidig hermed har det været målet at belyse nedbrydningsvejen for det overfladeaktive stof LAS under anaerobe forhold.

Videnskabelige resultater

Optimering af anaerob nedbrydning i UASB reaktorer viste, at nedbrydningen var mest effektiv ved termofile forhold (55°C) og pH mellem 7,2 og 8. Berigelseskulturer opnået med slam fra CSTR reaktorer og granulære anaerobe bakterier viste at nedbrydningen af LAS var stabil over 140 dage. Ændringer i temperatur og pH gav kun forbigående negative effekter af nedbrydningen. Nedbrydningen går ikke via LAB, men ved at molekylets alkylkæde forkortes sekventielt med dannelse af benzensulfonsyre og benzaldehyd.

Forsøg med en laboratorieskala komposteringsreaktor viste, at DEHP, LAS, NPE og forskellige PAH'er bliver nedbrudt ved kompostering i løbet af 25 til 90 døgn. Kompostering fjernede op til 99% af de oprindelige mængder af DEHP og LAS, op til 97% af den oprindelige mængde NPE og op til 74% af den oprindelige mængde af de ni undersøgte PAH'er.

Nedbrydning af DEHP var hurtig og næsten fuldstændig ved kompostering af organisk dagrenovation ved alle undersøgte temperaturer. Ved startkoncentrationer på tre gange over den skærpede afskæringsværdi på 50 mg/kg tørstof observeredes effektiv fjernelse af DEHP. I spildevandsslam med lavere startkoncentrationer af DEHP var der ligeledes en væsentlig nedbrydning ved alle temperaturer med et maksimum på 91% ved 65°C.

Nedbrydning af NPE ved forskellige procestemperaturer udviste et komplekst mønster. Der blev fundet en maksimal nedbrydning på 97% i spildevandsslam (35°C, 90 døgn) og på 80% i organisk dagrenovation

(55°C, 90 døgn). NPE blev ikke nedbrudt ved kompostering af organisk dagrenovation ved 70°C over 34 døgn. Ved kompostering af spildevandsslam ved 65°C skete der en akkumulering af mellemproduktet NP. Disse resultater indikerer, at ekstremt termofile temperatur (65-70°C) er hæmmende for NPE-nedbrydning.

Samarbejde og Forskeruddannelse

Nationalt samarbejde:

Samarbejde med Lemvig Biogasanlæg i forbindelse med undersøgelse af anaerob nedbrydning af LAS i fuldskala biogasreaktor.

Samarbejde med EFP Projekt (j.nr.1383/99-0009). Anaerobic Degradation of the Organic Fraction of Municipal Waste in Co-digestion with Manure.

Internationalt samarbejde:

M. Indira Venkatesan, Inst. Geophysics & Planetary Physics, University of California Los Angeles, CA.

Civil & Environmental Engineering Department, University of California Los Angeles, CA.

J. Dolfing, Wageningen University, The Netherlands.

Uddannelse:

Anders Skibsted Mogensen, Ph.D., 2001

Frank Haagensen, M.Sc., 2000

4 PUBLIKATIONER

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998-2002	2	7	2	7	11	2

Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur

Angelidaki, I., Mogensen, A.S., Ahring, B.K., 2000. Degradation of organic contaminants found in organic waste. *Biodegradation*. **11**: 377-383.

Mogensen, A.S., Ahring, B.K., 2002. Formation of metabolites during biodegradation of linear alkylbenzene sulfonate in an Upflow Anaerobic Sludge Bed Reactor under thermophilic conditions. *Biotechnol. Bioeng.* **77**, 483-488.

Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger

Angelidaki, I., Mogensen, A.S. og Ahring, B.K., 1999. Degradation of organic contaminants found in organic waste. Conference abstract. African International Environmental Protection Symposium, AiEPS '99, Pietermaritzburg, South Africa.

Møller, J., Wagner Jørgensen, L., Halkjær, L. and Reeh, U., 1999. A fully computerised laboratory system for investigating degradation of xenobiotic organic compounds during composting of msw and sludge. Poster and conference abstract. International Composting Symposium, September 19-23, 1999, Halifax, Canada.

Angelidaki, I. and Ahring, B.K., 1999. Anaerobic digestion of sludge: focusing on degradation of the contained organic contaminants. Stresa, Italien, 18-19 November, arrangeret af Langenkamp, H., European Commission, JRC, Soil and Waste Unit, Environmental Institute.

Christensen N., and Ahring B.K., 1999. Improving the capability of granular sludge for degradation of chlorinated compounds. Sonderforschungsbereich 193 der DFG "Biologische Behandlung industrieller und gewerblicher Abwässer" 9. Kolloquium. Behandlung von Abwässern mit halogenorganischen Verbindungen Technische November 15-16, 1999, Universität Berlin, Germany.

Møller, J., Wagner Jørgensen, L., Tristante, D, Halkjær, L. and Reeh, U. (1999) An air-cooled laboratory composting system with independent control of temperature and oxygen status. In: J. Petersen and S.O. Petersen (eds.) Use of municipal organic waste. Proceedings of NJF-Seminar no. 292, 23-25 November 1998, Agricultural Research Centre, Jokioinen, Finland.

U. Reeh and Møller, J. Evaluation of different biological waste treatment strategies. Proceedings of NJF Seminar No. 327, Urban areas - rural areas and recycling - the organic way forward? The Royal Veterinary and Agricultural University of Denmark. Aug. 20-21, 2001. (in press).

Møller, J. and Reeh, U. (2001) Degradation of DEHP and PAH's in MSW and sewage sludge during composting. Poster and conference ab-

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

Formidlende artikler

Mogensen, A.S., Angelidaki, R. og Ahring, B.K. 1999. Biogasanlæg nedbryder de miljøfremmede stoffer. Dansk Bioenergi, April (44), 6-7.

Møller, J., Reeh, U., Mai, P. og Jungersen, G. 1999. Nedbrydning af miljøfremmede stoffer ved kompostering. Stads- og Havneingeniøren, Feb. (2), s. 36-38

Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur

Haagensen, F., Mogensen, A.S., Ahring, B.K. Anaerobic transformation of LAS in Continuous stirred tank reactors treating sewage sludge. Under revision til Water Research.

Mogensen, A.S., Dolfing, J., Haagensen, F., Ahring, B.K. Potential for anaerobic conversion of xenobiotics. Antaget til trykning i Biomethanation, i Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology, Springer Verlag. Udkommer i juni 2002.

Mogensen, A.S., Angelidaki, I., Ahring, B.K. Biodegradation of linear alkylbenzene sulfonate, nonylphenoethoxylate, phthalate esters, and polycyclic aromatic hydrocarbons by samples from different environments. Under revision til Applied Microbiology and Biotechnology.

Mogensen, A.S., Haagensen, F., Ahring, B.K., Anaerobic degradation of linear dodecylbenzene sulfonate. Indsendt til Env. Toxicol. & Chem.

Mogensen, A.S., Venkatesan, M.I., Ahring, B.K., Transformation of dodecylbenzene sulfonate in Upflow Anaerobic Sludge Bed Reactors under meso- and thermophilic conditions. Indsendt til Water Research.

Møller, J. and U. Reeh. Degradation of DEHP, PAH's and LAS in source separated municipal solid waste and sewage sludge under bench-scale composting conditions. Under revision til Compost Science & Utilization.

Møller, J. and U. Reeh. Degradation of Nonylphenol Ethoxylates (NPE) in Source Separated MSW and Sewage Sludge under Bench-Scale Composting Conditions. Indsendt til Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.

Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer

Angelidaki, I., 2000. 5th World Surfactant Congress – CESIO 2000. Indlæg af Angelidaki, I., Haagensen, F., Ahring, B.K. med titlen: An-

aerobic transformation of LAS in continuous tank reactors treating sewage sludge.

Angelidaki, I., 2000. IWA, 4th International Symposium on Environmental Biotechnology, Noordwijkerhout, The Netherlands, April 10-12. Indlæg af Angelidaki, I., Ahring, B.K. med titlen: Degradation of organic contaminants found in sewage sludge.

Angelidaki, I., Mogensen, A.S. og Ahring, B.K. 1999. Degradation of organic contaminants found in organic waste. Oral contribution. African International Environmental Protection Symposium, Pietermaritzburg, South Africa, 4-7 juli 1999.

Angelidaki, I. Mundtlig indlæg på Workshop: Problems around sludge, Stresa, Italien, 18-19 November, arrangeret af Langenkamp, H., European Commission, JRC, Soil and Waste Unit, Environmental Institute.

Gavala, H.N., Haagensen, F., Mogensen, A.S., Angelidaki, I., Ahring, B.K., 2000. IWA, 4th International Symposium on Environmental Biotechnology, Noordwijkerhout, The Netherlands, April 10-12. Poster med titlen: Linear alkylbenzene sulfonates: inhibition effect on acetate and propionate degradation during anaerobic digestion.

Mai, P. 2001. SETAC, Organic Soil Contaminants, Copenhagen, September 2001. Poster af Mai, P., Møller, J., med titlen: Mineralisation of DEHP during anaerobic/aerobic treatment of sewage sludge.

Mogensen A. S. 2001. SETAC, Organic Soil Contaminants, Copenhagen, September 2001. Poster af: Mogensen A.S., Mai P., Angelidaki I., Ahring B. K. Biotransformation of organic contaminants by samples from different environments.

Mogensen A. S. 2001. SETAC, Organic Soil Contaminants, Copenhagen, September 2001. Poster af: Mogensen A.S., Venkatesan M.I., Ahring B. K. Effect of operational parameters on anaerobic degradation of linear alkylbenzene sulfonate.

Mogensen A. S. 2001. SETAC, Organic Soil Contaminants, Copenhagen, September 2001. Mundtligt indlæg af: Mogensen A.S., Haagensen, F., Ahring B. K. med titlen Anaerobic degradation of linear alkylbenzene sulfonate.

Møller, J. 2001. SETAC, Organic Soil Contaminants, Copenhagen, September 2001. Poster af: Møller, J., Reeh, U. med titlen: Degradation of xenobiotic compounds during composting of sewage sludge.

Møller, J., Wagner Jørgensen, L., Halkjær, L. and Reeh, U. A fully computerised laboratory system for investigating degradation of xenobiotic organic compounds during composting of msw and sludge. (1999) Poster and conference abstract. International Composting Symposium, September 19-23, 1999, Halifax, Canada.

Afholdte møder og konferencer

Dakofa-konference, Ingeniørhuset, 15. Maj, 2000. Arrangeret af I. Angelidaki

Møde om LAS-bionedbrydning, Institut for Bioteknologi, DTU, 11. November 1999, med følgende deltagere: Cavalli, L (CONDEA Augusta, Regulatory & Environm Affairs Dept, Milan, Italy), Rena Angelidaki (DTU), Anders Skibsted Mørgensen (DTU), Ha.

PROJEKT 2: EFFEKTER AF ORGANISK AFFALD PÅ JORDENS FRUGTBARHED

Projektgruppe

Projektleder: Søren O. Petersen, seniorforsker (Danmarks Jordbrugs-Forskning.)

Projekt medarbejdere: Per Ambus, seniorforsker (Forskningscenter Risø)

Erik Steen Jensen, seniorforsker (Forskningscenter Risø)

Liv Kirstin Kure, post doc (Forskningscenter Risø)

Kasia Debosz, forsker (Danmarks Jordbrugs-Forskning)

Gitte Rubæk, forsker (Danmarks Jordbrugs-Forskning)

Budget 1997 - 2001

Løn	Kr. 1.322.667,00
Drift	Kr. 254.000,00
Overhead	Kr. 315.333,00
Total	Kr. 1.892.000,00

Projektets mål og strategiske sigte

Recirkuleringen af næringsstoffer i organisk affald er et vigtigt element i udviklingen af en bæredygtig landbrugsproduktion. Projekt 2 har med-

virket til at forbedre grundlaget for en kvantitativ såvel som kvalitativ vurdering af affaldsprodukters positive og negative effekter på jordens frugtbarhed og biologiske funktioner. Mere specifikt har dette projekt haft som mål at undersøge omsætningen af organiske affaldsprodukter og mekanismerne bag deres vekselvirkning med jorden, hvilket er sket gennem processtudier med henblik på at:

- bestemme bruttorater for N-immobilisering og -mineralisering under omsætningen af organisk affald (3.1.1)
- gennemføre en kemisk karakterisering af udvalgte affaldsprodukter (3.1.2)
- udvikle ^{13}C - og ^{15}N -isotopmærkningsmetoder mhp. at spore C og N fra affaldet i jord-plante-atmosfæremiljøet (3.1.3)
- undersøge potentialet for at udnytte affaldsprodukters isotopsammensætning til at spore C og N i jordmiljøet (3.1.7)
- bestemme effekten af affaldsprodukter på udvalgte fysiske, kemiske og mikrobiologiske jord-egenskaber (3.1.1, 3.1.4, 3.1.6), og
- undersøge omsætning og planteoptagelse af N og P i organiske affaldsprodukter (3.1.5)

Videnskabelige resultater

I Akt. 3.1.1 undersøgte vi tidsmæssige dynamik for en række fysisk-kemiske og biologiske parametre under konstante forhold i klimakammer, hhv. i marken under realistiske klimavariationer. Effekter af affaldstilsætning på biologiske aktivitetsparametre var generelt positive, men forbigående (1-3 mdr.). Klimarelaterede effekter optrådte henover vinteren. Specielt mht. N-dynamikken var der forskel på inkubationsbehandlingerne, idet netto-mineraliseringen af N ophobedes i laboratorie-inkubationerne, mens overskydende N blev tabt via udvaskning ved inkubation i marken.

Projekt 2 har i efteråret 2000 analyseret en række parametre (vådstabile aggregater, resin-ekstraherbart P, mineraliserbart N, polysaccharider, FDA-hydrolyse, jordrespiration samt biomasse C) i 6 behandlinger i tilknytning til feltforsøgene ved Askov og Lundgaard. Resultaterne af 3 års tildeling af affald (3× normal-dosering) tyder på en begrænset stimulation af den mikrobielle aktivitet, som altså bekræfter erfaringerne fra Akt. 3.1.1, at effekter på mikrobiologiske parametre er dynamiske og forbigående. Monitoringsforsøget viste endvidere en ophobning af plantetilgængeligt N og P, som dog var afhængig af affaldstype og jordtype. Der er ikke konstateret nogen negative effekter af affaldstilsætning sammenlignet med ugødet eller handelsgødet jord.

Affaldets fordeling i jorden, og dermed kontakten mellem jord og affald, kan have betydning for nedbrydningsforløbet og for effekter på jordens frugtbarhed. Dette er dels belyst i et 4 mdr. forsøg med 2 jordtyper, 3 affaldstyper, 2 fordelinger, og inkubation i klimakammer, hhv. i marken (Akt. 3.1.4) samt i forsøg til beskrivelse af den mikrobiologiske sam-

mensætning i slam og den omkringliggende jord. De foreliggende resultater tyder på en forsinket omsætning ved klumpvis fordeling sammenlignet med fuld opblanding, og at den rumlige udstrækning af effekter på jordens mikroflora er begrænset til ganske få mm. Under markforhold (samarbejde med Projekt 4) er persistensen af DEHP og slammets mikroflora undersøgt i/omkring slamstrengene igennem en 5 mdr. periode fra udbringning til høst; foreløbige resultater viser en succession for slammets mikroflora, beskrevet gennem PLFA-analyser, som gradvist får en sammensætning svarende til jordens mikroflora. Mekanismen bag dette skift kan være kolonisering via gennemvoksende rødder, eller selektivt henfald af den oprindelige slam-mikroflora.

Isotop-sammensætningen af en række affaldsprodukter er undersøgt med henblik på at belyse muligheden for at spore affaldet i jordmiljøet. For indholdet af N viser resultaterne en isotopforskydning i området 8-19‰, afhængig af affaldstype og indsamlingsår, hvilket er højere end de forskydninger på 2-4‰ som typisk måles i rester af f.eks. byg og ært. De foreliggende resultater tyder dog ikke på forskelle i isotopforskydningen i det organiske N efter 3 års behandling med forskellige affaldstyper i Askov. For indholdet af C er det ikke muligt at skelne mellem isotopforskydningen i de undersøgt affaldsprodukter ($\delta^{13}\text{C}$ -25‰ til -30‰) og planterester af f.eks. byg og ært ($\delta^{13}\text{C}$ -26‰ til -29‰). Det har uden held været forsøgt at fremstille isotop-mærket slam med det formål at studere nedbrydningskinetikken og sekvesteringen af N og C til jordmiljøet. Som alternativ anvendes ^{15}N isotopmærket fåregødning, der i samarbejde med DTI er stabiliseret ved bioforgasning. Nedbrydning af det stabiliserede affald studeredes i laboratorieforsøg (Akt. 3.1.3), som viste et lavere tab af mineraliseret C fra bioforgasset fåregødning (30.9% ved lavt N hhv. 11.7% ved højt N) end fra ubehandlet fåregødning (34.9% ved lavt N og 21.7% ved højt N). Bioforgasset fåregødning medførte 15% øget plantevækst i pottforsøg i modsætning til ubehandlet fåregødning som gav 10% lavere udbytte end ubehandlet kontroljord.

På forsøgslokaliteten ved Askov blev optagelsen af N og P i afgrøden, såvel som puljerne af N og P i den mikrobielle biomasse og i jordens plantetilgængelig puljer, fulgt (Akt. 3.1.5 og 3.1.6). Behandlingerne omfattede handelsgødning, anaerobt udrådnat slam og aerobt (aktiv) slam. I alle behandlinger blev der konstateret en netto-frigivelse af N på 40-50 kg N fra jordens mikrobielle biomasse i forsøgsperioden, og ved skridning var planteoptagelsen af både N og P signifikant højere ved tilførsel af aerobt slam end i de to andre behandlinger. På forsøgslokaliteten ved Risø blev der målt høstudbytter og planteoptag af N vha. reverselabelling i mikro-plots behandlet med mineralsk gødning, udrådnat slam, aerobt slam, kompost (1X og 3X normal) samt svinemøg (1X og 3X normal). Samtlige behandlinger medførte et øget høstudbytte i forhold til behandlet kontrol, mindst for aerobt slam (7% stigning) og størst for 1X svinemøg (69% stigning). Det har dog på baggrund af de foreliggende resultater ikke været muligt at identificere kvantitative forskelle i plantetilgængeligheden af N fra de forskellige affaldstyper anvendt i Risø-forsøgene, formodentlig delvis som resultat af isotop substitution.

Isotop-forsøg har vist en kortvarig (<14 d), men særdeles høj (3.7 kg N ha⁻¹ d⁻¹) stimulering af brutto mineraliseringen af N i jord med anaerobt

slam; ved tilførsel af kompost var stigningen i bruttomineraliseringen mere langvarig (ca. 100 d) om end af mere moderat størrelse (1.4-3 kg N ha⁻¹ d⁻¹). Den mikrobielle immobilisering af N var mindre med slam (1.4 kg N ha⁻¹ d⁻¹) end med kompost (3 kg N ha⁻¹ d⁻¹) gennem de første 14 d efter behandlingen, senere udlignedes forskellen. Samlet viste forsøgene en netto-N mineralisering fra slam på ca. 2 kg N d⁻¹ jævnt fordelt gennem vækstsæsonen; med kompost kunne en signifikant netto-N frigivelse først observeres efter ca. 50 d inkubation, stigende til ca. 6 kg N d⁻¹. Mikroplots med kompost gav dog et 11% større høstudbytte end plots med anaerob slam hvilket antyder, at planterne har været i stand til signifikant at konkurrere om N frigivet ved bruttomineraliseringen.

I samarbejde med Projekt 4 er der endvidere gennemført et væksthussøg med målinger af N-optagelse fra slam i gulerødder som viste, at meget høje slamdoseringer hæmmede plantevæksten; denne effekt formodes primært betinget af ændringer i jordfysiske forhold. Lave til moderate doseringer gav en stigning i udbyttet af gulerødder, og det kunne fastslås, at ca. 20% af plante N-optaget var betinget af N fra slam og/eller jord.

Samarbejde og forskeruddannelse

Projekt 2 har samarbejdet med Afd. for Terrestrisk Økologi, DMU, vedr. en undersøgelse af økotoxikologiske effekter af LAS, med Afd. for Mikrobiel Økologi og Bioteknologi, DMU, vedr. effekter af slam og LAS på rhizosfærens mikroflora. Desuden er samarbejdet med Afd. for Miljøkemi, DMU, vedr. karakterisering af slam og slambehandlet jord og DTI vedr. effekt af bioforgasning på stabilitet og nedbrydningskinetik af organisk affald. Indenfor Centeret har der været samarbejdet med Projekt 3, 4, 5 og 7 vedr. planteoptagelse af miljøfremmede stoffer og omsætning af DEHP i slambehandlet jord og slamstrenge under markforhold, og Projekt 9 vedr. effekter af slambehandling på N-dynamik og frigivelse af drivhusgasser i dyrket jord. Endelig ha SOP gennemført et studieophold ved Washington State University, hvor nye metoder blev taget i brug, som senere er anvendt i projektet.

Publikationer

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998 - 2002	12	9	4	2+4 in prep.	17	

Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur

Jensen, E.S. & P. Ambus 1998. Plant litter particle size — Effects on decomposition and nitrogen dynamics in soil. In: Proceedings of 16th World Congress of Soil Science, 20 — 26 August, Montpellier, France.

Sinsabaugh, R.L., Klug, M.J., Collins, H.P., Yeager, P.E. and Petersen, S.O. 1999. Characterizing soil microbial communities. In : Robertson, G.P., C.S. Bledsoe, D.C. Coleman, and P. Sollins (Eds.) *Standard Soil Methods for Long Term Ecological Research*. Oxford University Press, NY, pp 318-348.*

Elhottová, D., T íska, J., Petersen, S.O. and Šantr ková, H. 2000. Application of GC-MS/MS for analysis of the bacterial storage compound poly- β -hydroxybutyrate (PHB) in environmental samples. *Fresenius J. Anal. Chem.* 367, 157-164.*

Nielsen, P. and Petersen, S.O. 2000. Ester-linked polar lipid fatty acid profiles of soil microbial communities: A comparison of extraction methods and evaluation of interference from humic acids. *Soil Biol. Biochem.* 32, 1241-1249.*

Petersen, S.O. and Holmstrup, M. 2000. Temperature effects on lipid composition of the earthworms Lumbricus rubellus and Eisenia Norden-skioeldi. *Soil Biol. Biochem.* 32, 1787-1791.*

Ambus, P. and Jensen, E.S. 2001. Crop residue management strategies to reduce N-losses – Interaction with crop N supply. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 32(7&8).981-996.

Ambus, P., J.M. Jensen, A. Priemé, K. Pilegaard and A. Kjøller. 2001 Assessment of CH₄ and N₂O fluxes in a Danish beech (*Fagus sylvatica*) forest and an adjacent N-fertilised barley (*Hordeum vulgare*) field: effects of sewage sludge amendments. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 60(1/3): 15-21.

Elsgaard L., Petersen S.O. & Deboz K. 2001. Concentration effects of LAS in agricultural soil. 1. Short-term effects on soil microbiology. *Environ. Toxicol. Chem.* 20, 1656-1663.*

Elsgaard L., Petersen S.O. & Deboz K. 2001. Concentration effects of LAS in agricultural soil. 2. Effects on soil microbiology as influenced by sewage sludge and exposure time. *Environ. Toxicol. Chem.* 20, 1664-1672*

Elsgaard, L., Petersen, S.O., Deboz, K. and Kristiansen, I.B. 2001. Effects of linear alkylbenzene sulfonates (LAS) on soil microbiology. *Tensides, Surfactants and Detergents* 38, 94-97. *

Deboz, K., Petersen, S.O., Kure, L.K. and Ambus, P. 2002. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. *Applied Soil Ecology* 19, 237-248.

Petersen, S.O., Frohne, P.S. and Kennedy, A.C. 2002. Microbial community dynamics under wheat as influenced by tillage and residue management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66 (In press).

Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger

Ambus P., Grøn C. & Jensen E.S. 1999. Sewage sludge promotes growth of carrots and maintain a reduction of the inorganic N pool. Extended abstract from 10th Nitrogen Workshop, 23-25 Aug in Copenhagen, Denmark, The Royal Veterinary and Agricultural University, 3 pp.

Ambus P., Milandt J., Pilegaard K., Prieme, A., Kjølner A. & Struwe S. 1999. Trace gas fluxes from agricultural soil amended with sewage sludge. Extended abstract from 10th Nitrogen Workshop, 23-25 Aug in Copenhagen, Denmark, The Royal Veterinary and Agricultural University, 4 pp.

Petersen S.O., Deboz K., Elsgaard L. & Krogh P.H. 1999. Effects of organic wastes on microbiological aspects of soil quality. In: J. Petersen & S.O. Petersen (eds.) Use of municipal organic waste. Proc. NJF Seminar no. 292, 23-25 Nov in Jokioinen, Finland. DIAS Report no. 13, pp. 59-64.

Petersen S.O., Frohne P.S. & Kennedy A.C. 1999. Effects of tillage practice and residue management on microbial biomass-N and -P and community structure during growth of spring wheat. Abstract til: *Microbial Functions and Soil Quality* arrangeret af EU-COST action 831 'Biotechnology of Soil: Monitoring, Conservation, Remediation', Working Group 2, Neuherberg 6-7 May.

Ambus, P., Kure, L.K. and Jensen, E.S. 2000 A ¹⁵N pool dilution approach to measure field gross N transformations following applications of domestic sludge and compost onto soils. In books of extended synopses of FAO/IAEA International symposium on Nuclear Techniques in Integrated Plant Nutrient, Water and Soil Management. 16-20 October, Vienna, Austria.

Kure, L.K., Ambus, P. and Jensen, E.S. 2000 A ¹⁵N pool dilution approach to measure field gross N transformations following applications of domestic sludge and compost onto soils. In: Abstracts for FEMS International Meeting on Microbiology of Composting and Other Biodegradation Processes. 18-20 October, Innsbruck, Austria

Petersen, S.O., Deboz, K. & Laturus, F. 2000. Organic wastes and soil quality. Proc. NJF Seminar No. 310: Soil Stresses, Quality and Care, 10-12 April 2000 in Ås, Norway. DIAS Report No. 38, 123-132.

Petersen, S.O., Laturus, F., Elsgaard, L. & Grøn, C. 2001. Distribution and persistence of DEHP and microorganisms in sewage sludge upon field application. Abstract, SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants 2001, September 2-5, Copenhagen, Denmark, p. 10.

Ambus, P., Kure, L.K. and Jensen, E.S. 2001 Gross N transformations after applications of domestic sewage sludge and household compost on agricultural soils. Books of abstract. 11th Nitrogen Workshop, September 9 – 12, Reims, France.

Formidlende artikler

Petersen S.O. & Petersen, J. 2000. Jordbrugsmæssig værdi af organisk affald. Vand og Jord 4: 140-142.

Mortensen, G.K., Kure, L., Ambus, P., Laturus, F. og Grøn, C. 2000 Miljøfremmede stoffers omstæning og optag i planter. Vand og Jord 7, 143-147.

Mortensen, G.K., Kure, L., Ambus, P., Laturus, F. and Grøn, C. 2001 Nedbrydning af miljøfremmede stoffer i jord-plantesystemer og optag i planter. Miljøforskning, Nyhedsbrev for Det Strategiske Miljøforskningsprogram. Slam på marken: risiko eller ressource? Nr 49, 9-11.

Petersen, S.O. og Rasmussen, D. 2001. Miljøeffekter af organisk affald på dyrkningsjorden. Miljøforskning nr. 49, 17-19.

Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur

Petersen, S.O., Henriksen, K., Mortensen, G.K., Krogh, P.H., Brandt, K.K., Sørensen, J., Madsen, T., Petersen, J. and Grøn, C. Recycling of sewage sludge and household compost to arable land: Fate and effects of organic contaminants, and impact on soil fertility. Soil and Tillage Research (accepted).

Ambus, P., Kure, L.K. and Jensen, E.S. 2002 Gross N transformations after applications of domestic sewage sludge and household compost on agricultural soils. Agronomie (submitted).

Petersen, S.O., Rubæk, G.H. & Petersen, J. (in prep.) Microbial uptake and plant availability of nitrogen and phosphorus in sewage sludge (forventes indsendt i april 2002)

Petersen, S.O., Deboz, K. & Elhottova, D. (in prep.) Effects of soil type, waste, and waste distribution on soil fertility indicators (forventes indsendt i august 2002).

Ambus, P. and Kure, L. (in prep.) Availability of nitrogen in organic waste materials determined by N-15 reverse-labelling (forventes indsendt april 2002).

Ambus, P. and Kure, L. (in prep.) Effects of bio-processing on fertilizer value and stability of sheep manure (forventes indsendt september 2002).

Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer

Ambus, P and E.S. Jensen. NJF-Seminar No 286: Soil Tillage and Biology, Ås, Norway, June 8-10, 1998. Mundtlig præsentation med titlen: Soil N Dynamics as Influenced by the Spatial Distribution of Straw.

Jensen, E.S. and P. Ambus. 16th World Congress of Soil Science, Montpellier, France, 20 — 26 August, 1998. Mundtlig præsentation med titlen: Plant litter particle size — Effects on decomposition and nitrogen dynamics in soil.

Petersen, S.O. NJF-seminar nr. 292: Use of Municipal Organic Waste, Jokioinen, Finland, 23-25 november 1998. Mundtlig præsentation med titlen: Effects of organic wastes on microbiological aspects of soil quality.

Debosz, K., Vognsen, L., Munkholm, L.J. and Schjøning, P. NJF-Seminar No 286: Soil Tillage and Biology, Ås, Norway, June 8-10, 1998. Poster-præsentation med titlen: Impact of soil management on distribution of carbohydrate C and clay dispersibility in different sized soil aggregates.

Petersen, S.O. 1998. Inviteret seminar 30.8. ved Dept. Crop and Soil Science, Oregon State University, Corvallis med titlen: Microbial community dynamics and N turnover in agricultural systems.

Petersen, S.O. 1998. Inviteret seminar 22. september ved Dept. Land Management and Water Conservation, Washington State University, Pullman med titlen: Effects of tillage practice and residue management on soil microbial dynamics across a growth season of spring wheat.

DAKOFA-møde 16. november 1998. P. Ambus og L.K. Kure deltog uden indlæg.

Petersen S.O., Frohne P.S. & Kennedy A.C. 1999. Effects of tillage practice and residue management on microbial biomass-N and -P and community structure during growth of spring wheat. Mundtligt indlæg ved workshop *Microbial Functions and Soil Quality* arrangeret af EU-

PROJEKT 3. OMSÆTNING OG TRANSPORT AF MILJØFREMMEDE ORGANISKE STOFFER I JORD/SLAMSYSTEMER

Projektgruppe

Projektleder:	Kaj Henriksen lektor (AAU)
Projektmedarbejdere:	Per Møldrup lektor
	Peter Roslev lektor (AAU)
	Martin Hesselsøe, AAU (finansieret af Center for bæredygtig arealanvendelse)
	Torben Madsen, seniorforsker (DHI – Institut for Vand og Miljø)
	Margrethe Winther-Nielsen, seniorforsker (DHI – Institut for Vand og Miljø)
	Lis W. de Jonge, Hubert de Jonge, DIAS
Ph.D. studerende:	Bo Gejlsbjerg, Cand. Scient.

Budget 1997 - 2001

Løn	2.568.000
Drift	682.000
Overhead	650.000
Total	3.900.000

Projektets mål og strategiske sigte

Projektets overordnede mål er at opnå en dybere procesforståelse af nedbrydning og transport af miljøfremmede organiske stoffer i slam udbragt

på landbrugsjord m.h.p. en forbedret risikovurdering af stofferne og udvikling af relevante test-systemer til screening og klassificering af disse. Projektets delmål er følgende:

Processtudier af udvalgte modelstoffer m.h.t

- biotilgængelighed og nedbrydning under forskellige redox-betingelser
- effekt af klumpstørrelse og fysisk/kemiske jordparametre på omsætning og transport
- populationsdynamik af substratspecifik aktiv mikrobiel biomasse
- mobilitet af stofferne i den umættede zone med fokus på kolloid-faciliteret transport i makroporer.
- Udvikling af omsætnings-transportmodel til simulering af miljø-fremmede stoffers skæbne m.h.t.
- mikrobiel nedbrydning ved forskellige udbringnings-strategier for slam
- kolloid faciliteret og matrix transport i den umættede zone.
- udvikling af testsystemer for klassificering af miljøfremmede organiske stoffer i slam udbragt på landbrugsjord m.h.t.
- bionedbrydelighed under forskellige redox betingelser
- mobilitet i den umættede zone.

Videnskabelige resultater

Undersøgelser af bionedbrydning og tilgængelighed, DHI – Institut for Vand og Miljø

Mineraliseringen af slambundne stoffer (LAS, nonylphenol, nonylphenol-di-ethoxylat, DEHP, pyren og 1,4-dichlorbenzen) er undersøgt i jord-slamsystemer, hvor slam- og vandindholdet blev varieret for at opnå forskelligt forhold mellem aerobe og anaerobe zoner. Udbredelsen af aerobe og anaerobe zoner blev bestemt ved anvendelse af mikroiltektroder (Gejlsbjerg et al., 2001; Klinge et al., 2001).

Mineraliseringen af de ovenfor nævnte modelstoffer er undersøgt i jord-slamsystemer under denitrificerende og methanogene forhold.

En respirometrisk metode, hvor bionedbrydeligheden af organiske slambundne stoffer bestemmes ved måling af iltforbrug, er udviklet og valideret ved parallelle undersøgelser med anvendelse af ¹⁴C-mærkede modelstoffer.

Omsætning og transport af miljøfremmede stoffer i modelgradient-systemer, AAU

Med fokus på modelstoffet DEHP er mineralisering, indbygning i mikrobiel biomasse og mulig irreversibel binding/indbygning i jordens humuspulje undersøgt i slam og slam:jord systemer v.h.a. ^{14}C radioaktiv substratmærkning. Den stofspecifikke aktive mikrobielle biomasse er karakteriseret ud fra ^{14}C -fingerprints af biomassens fosforlipidsammensætning og viste, at DEHP nedbrydende bakterier fra spildevandsslammet også er de aktive nedbrydere ved opblanding i jord (Roslev et al., 1998)

Substratnedbrydningskinetik er undersøgt og en 2 fase model for DEHP nedbrydning i fuldt opblandede jord:slam systemer er beskrevet. Nedbrydningshastighedens afhængighed af temperatur og ilttilgængelighed er undersøgt. Renkulturer af DEHP nedbrydende bakterier er isoleret fra aktivt slam og stimulering af nedbrydningshastigheden i jord:slam systemer ved tilsætning af specifikke DEHP nedbrydende bakterier er undersøgt (Madsen et al. 1999)

Det rumlige og tidsmæssige forløb af den mikrobielle mineralisering af modelstofferne DEHP, LAS og NP i og omkring slamklumper er undersøgt i jord:slam sandwich modelsystemer. I kontrollerede laboratorieforsøg uden planter blev omsætningen af LAS og NP hæmmet markant i 10-30 dage ved klumpstørrelser på 2 og 4 cm, sammenlignet med aerobe fuldt opblandede jord:slam systemer. Det blev vist, at omsætningen af de miljøfremmede stoffer skete inde i klumperne og primært var styret af ilttilgængelighed, temperatur og koncentration af det pågældende stof (Hesselsøe et al., 2001, Henriksen et al. 2001).

Resultater fra markforsøgene med nedlagte slamstrengte af samme klumpstørrelse (2 og 4 cm) i 1999 og 2000 viste, at nedbrydningen af LAS, NP og DEHP var hæmmet i 2-4 uger sammenlignet med fuldt opblandede systemer. Planterødder havde ingen effekt på nedbrydningen af LAS og NP. Det skyldtes primært, at mere end 80% af initial koncentration LAS og NP var nedbrudt før planterødderne nåede at vokse ind i slamklumperne. Planterødderne kan ikke udelukkes at have stimulerende effekt på nedbrydningen af de mere langsomt omsættelige stoffer som DEHP og PAH'er. Der er således i pottforsøg med fuldt opblandede jord:slam systemer vist stimulering af LAS og DEHP nedbrydning (se projekt 4).

Nedbrydningen af LAS, NP og DEHP i marken fortsatte til meget lave koncentrationer inden for et tidsrum på 6-12 måneder og indikerer, at der ikke er risiko for akkumulering af de pågældende stoffer i jordsøjlen.

I de 3-årige markforsøg med udspreddning af slam (to slamtyper), kompost og svinemøg kunne der ikke måles forhøjede koncentrationer af LAS, NP, DEHP og PAH'er i pløjelaget efter 3 års tildeling af de organiske affaldsprodukter svarende til 3 gange det maksimalt tilladte niveau (Henriksen et al. 2001, Petersen et al., 2002).

Colloidfaciliteret stoftransport i uforstyrrede jordsøjler (DIAS)

Der er foretaget desorptionseksperimenter med DEHP og LAS fra henholdsvis slam, jord og en kombination af de to. Forsøget med DEHP viste, at DEHP-slam bindingen er meget kraftigt, og at den målte desorption hovedsageligt skyldes løsrivelse af DEHP komplekseret med organiske slam makromolekyler. LAS udviser ligeledes en binding til slam, der er meget stærkere end bindingen i jorden.

Forsøgene med LAS viste, at sorptionsmekanismen i jorden er kooperativ (stærkere binding med stigende koncentrationer) og at LAS præferentielt binder sig til amorfe jernoxider i jorden.

Det blev vist, at den mikrobielle jernreduktion påvirkes af denne sorptionsmekanisme. Det formodes at LAS påvirker mikroorganismernes evne til at fasthæfte sig til jernoxiderne og elektron overførslen til reduktion af jern (De Jonge et. Al, 2001a; de Jonge et al., 2001c)

Der er foretaget udvaskningseksperimenter af DEHP og LAS i uforstyrrede jordsøjler, med henblik på at belyse 1) de forventede porevandskoncentrationer under rodzonen, 2) effekten af kolloid-båren transport (herunder ler- og DOC kolloider), 3) effekten af forskellige slamtilførsler, samt 4) effekten af makropore struktur for vertikal transport. De maksimale koncentrationer af DEHP og LAS i udløbsvandet var generelt lavt, ca. 0.4-10 mg L⁻¹ for DEHP og ca. 5 mg L⁻¹ for LAS. Udvasning af LAS og DEHP skyldtes hovedsageligt kolloid-båren transport (makromolekylære komplekser) og transporten af DEHP og LAS var stærkt påvirket af makroporestruktur (De Jonge et. Al, 2001a; de Jonge et al., 2001b)

Samarbejde og forskeruddannelse

Nationalt samarbejde

Københavns Universitet, Zoologisk Institut, Afdeling for Terrestrisk Økologi (Søren Christensen og Flemming Ekelund).

Der er samarbejde mellem projekterne 1-7 vedrørende valg og fremstilling af 14-C mærkede modelstoffer, valg og levering af affalds- og jordtyper og valg af laboratoriemodelsystemer til simulering af klumpvis fordeling af slam ved udbringning af landbrugsjord.

Der er samarbejde mellem projekterne 2, 3 og 5 vedrørende etablering og udnyttelse af markforsøg med forskellig størrelse slamklumper.

Internationalt samarbejde

DIAS: Der har været samarbejde mellem Hubert og Lis de Jonge, DIAS og M.C. Mittelmeijer-Hazeleger, Amsterdam Universitet omkring måling af overflader og mikroporeheterogenitet i jord.

VKI: ECOSOL, samarbejde med T. Feijtel (Procter & Gamble), K. Fox (Unilever), J. Berna (Petresa), L. Cavalli (CONDEA) om undersøgelser af bionedbrydning af LAS i slam, kompost og slambehandlet jord.

Samarbejde med Unilever om aerob bionedbrydning af slambundne stoffer i jord og udvikling af respirometrisk screeningsmetode. Gæstophold (Bo Gejlsbjerg) hos Unilever, Port Sunlight, England.

AAU: Der er samarbejde med University of California, Davis, California, USA. (Prof. D.E. Rolston og Hiroshima University, Japan. (Dr. T. Yamaguchi) omkring modellering af diffusiv og konvektiv transport og stofomsætning i jord.

Hiroshima University, Japan. Dr. T. Yamaguchi) omkring modellering af diffusive og konvektiv transport og stofomsætning i jord.

Uddannelse

Ph.D. og M.Sc. uddannet i hele projektperioden.

Peter L. Madsen og Jesper Thyme,. Biologisk Nedbrydning af Di(2-ethylhexyl)phtalat, DEHP – Med fokus på slamberigede jordmiljøer. Afgangprojekt, 1997, Aalborg Universitet, Civilingeniørlinien i Miljøteknik.

Birgitte Weber Blicher og Anette Gerlif, 1999: Kolloidfaciliteret transport af DEHP i intakte jordkolonner. Afgangprojekt fra Laboratoriet for Miljøteknik, AAU.

Charlotte Klinge, 1999: Biodegradation and toxicity of organic contaminants in sludge-amended soil. Speciale rapport,. Afd. for Populationsbiologi, Københavns Universitet.

Trine Thorup Andersen, M.Sc., Cand. Scient., 2001. Biodegradation and bioaccumulation of organic soil contaminants in sludge-amended soil. Specialerapport,. Afd. for Populationsbiologi, Københavns Universitet.

Bo Gejlsbjerg, Ph.D., 2001. Degradation and toxicity of organic contaminants in sludge-amended soil. Det naturvidenskabelige fakultet, Afd. for Populationsbiologi, Københavns Universitet.

Publikationer

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998-2002	6	11	3	4	21	1

Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur

Gejlsbjerg, B., C. Klinge & T. Madsen, 2001. Mineralization of organic contaminants in sludge-soil mixtures. *Environ. Toxicol. Chem.* 20: 698-705.

Hesselsøe, M., Jensen, D., Skals, K., Olesen, T., Møldrup, P., Roslev, P., Mortensen, G.K., Henriksen, K., 2001b. Degradation of 4-nonylphenol in homogenous and nonhomogeneous mixtures of soil and sewage sludge. *Environ. Sci. Technol.* 35, 3695-3700.

Jonge, H. de; L.W. de Jonge; M.C. Mittelmeijer-Hazeleger, The microporous structure of organic and mineral soil materials. *Soil Sci.*, in press.

Klinge, C., B. Gejlsbjerg, F. Ekelund & T. Madsen, 2001. Effects of sludge-amendment on mineralization of pyrene and microorganisms in sludge and soil. *Chemosphere*.

Madsen, L.P, Thyme J.B; Henriksen, K.; Møldrup, P. and P. Roslev (1999). Kinetics of di-(2-ethylhexyl)phtalate mineralization in sludge amended soil. *Environ, Sci. Technol.*, vol 33, 2601-2606.

Roslev, P., Madsen, L.P, Thyme J.B. and K. Henriksen, 1998. Degradation of Phtalate and Di-(2-ethylhexyl)phtalate (DEHP) by indigenous and inoculated microorganisms in sludge-amended soil. *Applied and Environmental Microbiology*, vol 46, p.4711-4719.

Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur

Gejlsbjerg, B., R. Sheppard, K. Fox & T. Madsen. Biodegradation of dodecyl benzene sulphonate, nonylphenol-di-ethoxylate and tridecyl-tetra-ethoxylate in soils and sludge-soil mixtures. Indsendt til *Environ. Sci. Technol.*

Gejlsbjerg, B., T.T. Andersen & T. Madsen. Mineralization of organic contaminants under aerobic and anaerobic conditions in sludge-soil mixtures. Indsendt til *Environ. Toxicol. Chem.*

De Jonge, H., L.W. de Jonge, B.W. Blicher, and P. Moldrup (2001). Transport of di (2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) applied with sewage sludge to undisturbed and repacked soil columns. *J. Environm. Qual.*, submitted.

S.O. Petersen, K. Henriksen, G. K. Mortensen, P.H. Krogh, K.K. Brandt, J. Sørensen, T. Madsen, J. Petersen and C. Grøn, 2002. Recycling of sewage sludge and household compost to arable land: Fate and effects of organic micropollutants, and importance for soil fertility. Accepted for *Soil and Tillage Research*, special issue on *Soil Agroecosystems: Impacts of Management on Soil Health and Crop Diseases*.

Kristiansen, I.B., H. de Jonge, L. Elsgaard, P. Nørnberg, and Ole M.Christensen, 2001. Sorption of linear alkylbenzene sulfonates to soil components and effects on microbial iron reduction. In preparation.

Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger

Henriksen, K, Roslev P. and Møldrup, P.,1999. Biodegradation of DEHP in sludge amended agricultural soil. In: Use of Municipal Organic Waste (Ed. Petersen J.) Proceedings of NJF seminar no 292; DIAS report no.13.

Madsen, T., M. Winther-Nielsen & Dorte Rasmussen (1999). Studies on the fate of linear alkylbenzene sulfonates (LAS) in sludge and sludge-amended soil. LAS Risk Assessment for Sludge-Amended Soils, organized by SPT - The association of Danish Cosmetics, Toiletries, Soap and Detergent Industries in coordination with the Danish EPA, Eigtved Pakhus, Copenhagen, Denmark, April 19-20, 1999.

Madsen, T., M. Winther-Nielsen & D. Rasmussen. 1999. Studies on the fate of linear alkylbenzene sulphonates (LAS) in sludge and sludge-amended soil. The CLER Review 5: 14-19

Madsen, T., M. Winther-Nielsen & Dorte Rasmussen (2000). Studies on the fate of linear alkylbenzene sulfonates (LAS) in sludge and sludge-amended soil., p. 1428-1432. Proceedings 5th World Surfactants Congress, May 29-June 2, 2000, Firenze.

Henriksen, K., Martin Hesselsøe, Jens Tanggaard, Birgitte B. Weber, Bo Gejlsberg, Charlotte Klinge, Torben Madsen,Hubert og Lis de Jonge, DAKOFA konference, København 15 Maj, 2000. Nedbrydelighed og udvaskning af Miljøfremmede organiske stoffer i slamgødsket markjord.

Henriksen K., DAKOFA konference, København 15 Maj, 2000. Præsentation af og status for Centret for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof.

Madsen, T., M. Winther-Nielsen & D. Rasmussen. 2000. Studies on the fate of linear alkylbenzene sulphonates (LAS) in sludge and sludge-amended soil. Proceedings, CESIO 5th World Surfactant Congress, Firenze, Italien, 29. maj – 2. juni, 2000, p. 1428-1432 (denne artikel er også nævnt under projekt 6).

Kristiansen, I.B., H. de Jonge, L. Elsgaard, P. Nørnberg. 2001. Sorption of LAS to soil components and the effect of LAS on microbial iron reduction. SETAC Europe Conference, Copenhagen, September 2-5, Book of Abstracts: 31. de Jonge, H., L.W. de Jonge, Moldrup, P. 2001. Transport of di(2-ethylhexyl)phtalate (DEHP) applied with sewage sludge to undisturbed and repacked soil columns. SETAC Europe Conference, Copenhagen, September 2-5, Book of Abstracts: 65.

Henriksen K, Hesselsøe M, Krogh P.H. 2001. Field degradation of LAS, NP and DEHP in sewage sludge applied to agricultural soil. SETAC Europe Conference, Organic Soil Contaminants, 2001, Copenhagen, September 2-5, Book of Abstracts: p 47.

Henriksen, K. DAKOFA konference, Aarhus , September 2001. Abstract. Center for Bæredygtig Arealanvendelse – nogle hovedkonklusioner.

Henriksen, K. Researching the sludge directive – A conference on sewage sludge, Brussel, 2001. Contribution: Recycling of sewage sludge and household compost on arable land – Fate and effects of organic micropollutants, and importance for soil fertility.

Formidlende artikler

Henriksen, K, Roslev P. and P. Møldrup, 1999. Mikrobiel nedbrydning af DEHP i slamberiget landbrugsjord. Vand & Jord, nr.4, 6 årgang

Klinge, C., B. Gejlsbjerg & T. Madsen (1999). Nedbrydning af pyren i slam-jordblandinger. Vand & Jord, 6 (3), 105-108.

Henriksen, K., Hesselsøe, M., Madsen T., de Jonge, H. og de Jonge L., 2001. Nedbrydning af miljøfremmede organiske stoffer i slamgødsket markjord. Miljøforskning nr 49, s. 12-14.

Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer

Gejlsbjerg, B & T. Madsen. DAKOFA konference, København, 16. november 1998. Indlæg: Nedbrydning af miljøfremmede stoffer i slamklumper i jord.

Henriksen, K, Roslev, P. og P. L. Madsen, DAKOFA konference, København, 16. november 1998. Indlæg: Mikrobiel nedbrydning af DEHP i slamberiget landbrugsjord.

Henriksen, K., Roslev, P. og P. L. Madsen, NJF Seminar, Use of Municipal Organic Waste, Finland 23-25 Nov 1998. Indlæg: Biodegradation of DEHP in sludge amended agricultural soil

Madsen, T. IDA møde, Odense, 17. februar 1998. Indlæg: Principper for risikovurdering af kemiske forureninger i slam anvendt på landbrugsjord.

Madsen, T. Tema-dag om risikovurdering af slam, Rungsted, 19. marts 1998. Indlæg: Bionedbrydning.

Henriksen, K. Tema-dag om risikovurdering af slam, Rungsted, 19. marts 1998.

Henriksen, K. Temamøde: Omsætning og transport af miljøfremmede stoffer i jord; Aalborg Universitet, 18. august 1999; indlæg med titlen DEHP nedbrydning i slamklumper af forskellig størrelse

Henriksen, K. Temamøde: Risikovurdering af enkeltstoffer i jordsystemet. VKI; Forskningscentret Hørsholm, 27 oktober 1999; indlæg med titlen: Nedbrydningsstudier af enkeltstoffer.

Gejlsberg, B. Temamøde: Omsætning og transport af miljøfremmede stoffer i jord; Aalborg Universitet, 18. august 1999; indlæg med titlen Nedbrydning af modelstoffer under forskellige redox-betingelser.

Jonge, H. de; Temamøde: Omsætning og transport af miljøfremmede stoffer i jord; Aalborg Universitet, 18. august 1999; indlæg med titlen Transport af DEHP og LAS i Lundgaard, Askov og Røgen kolonner.

Møldrup, M. Temamøde: Omsætning og transport af miljøfremmede stoffer i jord; Aalborg Universitet, 18. august 1999; indlæg med titlen Modellering af transport og tilbageholdelse i jord.

Madsen, T., L. Samsøe-Petersen & M. Winther-Nielsen (1999). LAS Risk Assessment for Sludge-Amended Soils, organized by SPT - The association of Danish Cosmetics, Toiletries, Soap and Detergent Industries in coordination with the Danish EPA, Eigtved Pakhus, Copenhagen, Denmark, April 19-20, 1999.

Madsen, T. SPT Workshop, København, 19-20 april, 1999. Indlæg: T. Madsen, M. Winther-Nielsen og D. Rasmussen. Studies on the fate of linear alkylbenzene sulphonates (LAS) in sludge and sludge-amended soil.

Madsen, T., M. Winther-Nielsen & Dorte Rasmussen (2000). Studies on the fate of linear alkylbenzene sulfonates (LAS) in sludge and sludge-amended soil., p. 1428-1432. Proceedings 5th World Surfactants Congress, May 29-June 2, 2000, Firenze.

Kaj Henriksen, Martin Hesselsøe, Jens Tanggaard, Birgitte B. Weber, Bo Gejlsberg, Charlotte Klinge, Torben Madsen, Hubert og Lis de Jonge, DAKOFA konference, København 15 Maj, 2000. Indlæg. Præsentation af og status for Centret for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof.

Henriksen K., DAKOFA konference, København 15 Maj, 2000. Indlæg. Nedbrydelighed og udvaskning af Miljøfremmede organiske stoffer i slamgødsket markjord.

Henriksen K. og Jensen J. Temadag – Efterlevelse af den nye slambe-kendtgørelse, Ferskvandscentret Silkeborg 6 juni og Spildevandscenter Avedøre 8 juni 2000. Indlæg . Nedbrydningen af de miljøfremmede stoffer i slammet ved anvendelse på landbrugsjord og effekten af de miljøfremmede stoffer og deres nedbrydningsprodukter på naturen.

Madsen, T. CESIO 5th World Surfactant Congress, Firenze, Italien, 29. maj – 2. juni, 2000. Indlæg: Madsen, T, Winther-Nielsen, M. og D. Rasmussen. Studies on the fate of linear alkylbenzene sulphonates (LAS) in sludge and sludge-amended soil.

Henriksen, K. DAKOFA konference, Aarhus , September 2001. Indlæg. Center for Bæredygtig Arealanvendelse – nogle hovedkonklusioner.

Henriksen, K. Researching the sludge directive – A conference on sewage sludge, Brussel, 2001. Contribution: Recycling of sewage sludge and household compost on arable land – Fate and effects of organic micropollutants, and importance for soil fertility.

Afholdte møder og konferencer

Temamøde: Omsætning og transport af miljøfremmede stoffer i jord; Aalborg Universitet, 18. august 1999, 29 deltagere, arrangeret af K. Henriksen, Aalborg Universitet.

PROJEKT 4: OPTAG OG OMSÆTNING AF MILJØFREMMEDE STOFFER I PLANTER

Projektgruppe

Projekt leder:	Christian Grøn, seniorforsker (RISØ)
	Gerda Krog Mortensen, forsker (RISØ)
Projekt medarbejdere:	Frank Laturmus, forsker (RISØ)
	Gerda K. Mortensen, forsker (RISØ)
	Per Ambus, seniorforsker (RISØ)
	Liv Kirstin Kure, post doc (RISØ)
	Lise Samsøe-Petersen, seniorsagsbehandler (DHI)
	Dorte Rasmussen, seniorsagsbehandler (DHI)

Budget 1997 - 2001

Løn	Kr. 2.835.650,00
Drift	Kr. 480.000,00
Overhead	Kr. 663.350,00
Total	Kr. 3.979.000,00

Projektets mål og strategiske sigte

Projektet har haft til formål at undersøge, om udvalgte miljøfremmede stoffer optages i planter, samt om der i planterne efterfølgende kan påvises delvist nedbrudte rester af stofferne (metabolisering). Ved at følge desorptionsprocesser, nedbrydningen i jorden og adsorption til/optagelse i rødder samt udføre analyser på plantemateriale vil der blive etableret en større viden vedrørende miljøfremmede stoffers skæbne i miljøet.

Gennem processtudier opnås en beskrivelse af:

- sammenhængen imellem biotilgængelighed af stofferne og adsorption til/optag i planters rødder.
- betydningen af jord karakteristika og plante art på optag og metabolismering af forskellige miljøfremmede stoffer.

Ud fra erfaringer opnået under processtudierne udarbejdes en testprotokol for gennemførelse af kontrollerede forsøg i væksthhus med optag af miljøfremmede stoffer i planter. Og ud fra en sammenligning af to matematiske modeller for planters optag af miljøfremmede stoffer skal den bedst egnede model revideres og valideres under inddragelse af data opnået under processtudierne.

Videnskabelige resultater

Biotilgængelighed af stoffer i jord og adsorption til/optag i planter-rødder

Metoden baseret på vandkulturforsøg og autoradiografisk bestemmelse af placeringen af mærkede stoffer i gulerødder er anvendt i forbindelse med undersøgelser af optag af ^{14}C -mærket pyren, DEHP og LAS i gulerødder ved scintillationstælling af snit fra forskellige dele af roden.

Resultater fra scintillationsforsøgene viser, at stofferne opkoncentreres i spidsen samt i de yderste lag af roden. For pyren fås således en BCF på op mod 300, beregnet ud fra DPM/mg i henholdsvis opløsning og rodvæv (friskvægt). Resultatet er ikke overraskende, da et stof med pyrens egenskaber ($\log K_{ow} = 4,9$) må forventes at sorbere til røddernes overflade. Endvidere tyder resultaterne på, at der er større koncentration af stof i den nederste del af roden end højere oppe.

Undersøgelser af biotilgængeligheden af stoffer ved desorptionsforsøg fra spildevandsslam er fortsat i 2001 med desorption med spikede stoffer fra prøver af jord og slam, der havde været "ældet" i perioder fra 1 til 29 dage i jord og 1 dag til 76 uger i slam. Ud fra resultaterne kunne det ikke påvises, at de organiske stoffer i forsøgsopstillingen blev bundet stærkere til hverken slam eller jord med tiden.

Relationen mellem tilgængelighed i vand, jord og slam er søgt belyst gennem forsøg med karse, hvor stoffernes placering kan bestemmes til "rod" eller "kim". Sammenligning af tilgængelighed af stofferne i vand og jord viste stærkt nedsat tilgængelighed, når stofferne var tilsat jord. . BCF-værdierne efter jord-eksponering var således en faktor 10 til 2000 lavere end efter vand-eksponering med de laveste værdier for DCP, LAS og nonylphenol. Biotilgængeligheden, beregnet ud fra stoffernes fordelingskoefficienter, kunne forklare forskellen mellem de målte BCF-værdier efter jord- henholdsvis vandeksponering.

Effekter af stof, jord og plante karakteristika på optag og metabolisme (RISØ)

Metode til bestemmelse af optag af ^{14}C -mærkede forbindelser i planter i vandkultur er dokumenteret og anvendt til forsøg med stofferne LAS, DEHP, NPEO2, nonylphenol og pyren i forsøg med byg, raps, tomat og gulerødder. Plantemateriale med tilstrækkelig høj aktivitet blev ekstraheret, og stofferne og deres metabolitter blev adskilt på TLC.

Forsøgene har vist, at af de undersøgte plantearter, har raps det største potentiale til at nedbryde de miljøfremmede stoffer. Dog er der ikke for DEHP og pyren set nogen betydelig metabolisme. I forsøg med raps metaboliseres LAS i rødderne på blot 24 timer, hvilket bevirker, at mindst 96 % af aktiviteten i bladmaterialet var knyttet til mere polære metabolitter. Samtidig ses også en øgning af metabolitaktiviteten i vækstmediet gennem forsøgsperioden. Det ser altså ikke ud til, at de undersøgte stoffer translokteres fra rødder til blade. En betydelig mængde metabolitter af LAS er dog fundet i blade, men stofferne er ikke identificeret og deres toxicitet er ukendt.

De nødvendige metoder til analyse af jord, planter og slam for LAS, DEHP, chlorbenzener, og nonylphenol med mono- og diethoxylater er udviklet og anvendt til analysering af jord- og plantemateriale fra forskellige væksthushorsøg, hvor jord er tilsat forskellige mængder af anaerob og aerob slam, svinemøg og kompost kombineret med forskellige tilsætninger af rene stoffer. Forsøg er udført for byg, gulerødder og raps.

Der kunne ikke påvises et optag af LAS hverken i de grønne dele af byg, raps eller i gulerødder. Dog er der ved tilsætning af store mængder LAS i opløst form set indhold i blade fra byg men ikke i kerner. Gulerodsskræl indeholdt de højeste koncentrationer af DEHP, men kun ved urealistisk høje slamdoseringer kunne der vises et optag fra slammet i gulerødder. DEHP kunne ikke påvises optaget i unge bygplanter.

For både LAS, DEHP samt nonylphenol og udvalgte chlorbenzener ses ikke planteoptag, når slamtilsætningerne er sammenlignelige med de mængder, der anvendes i landbruget ved normal praksis og efter de gældende regler.

Nedbrydningen af LAS i jorden og ændringer i homologfordelingen er fulgt og viser en væsentlig større nedbrydning af C10 og C11 i forhold til C12 og C13, idet disse i højere grad adsorberes i jorden og bliver dermed mindre tilgængelige for nedbrydning. Homologfordelingen forskydes således væsentligt gennem nedbrydningsforløbet.

Nedbrydningen af LAS er hurtigere end nedbrydningen af DEHP. Efter en vækstperiode på ca. 20 dage med byg er der 20-30 % af LAS tilbage i jorden, mens stadig 60-80 % af DEHP er tilbage i jorden. I forsøget med gulerødder har der været en vækstperiode på 3 måneder, hvor nedbrydningen er fortsat, men der er dog stadig 3-5 % af LAS og 20-30 % af DEHP tilbage i jorden og dermed stadig indhold over baggrundsværdien.

Nedbrydningen af nonylphenol i jord tilsat slam er som LAS hurtig og omkring 20 % er tilbage efter en vækstperiode med raps på 30 dage. Der-

imod ses ingen nedbrydning af penta- og hexachlorbenzen i forskellige spike-forsøg med dyrkning af raps i 30 dage.

I de gennemførte dyrkningsforsøg i pletter, hvor jord og slam er homogeniseret, bevirker plantevækst en hurtigere nedbrydning af LAS og DEHP men den samme effekt ses ikke for nonylphenol og chlorbenzener.

Modellering (DHI – Institut for Vand og Miljø)

Der er formuleret en ny model, der kan beskrive planteoptaget både for dissocierende og ikke-dissocierende stoffer. Der blev taget udgangspunkt i Plant-X-modellen, hvor roden er opdelt i en "tynd" del, der er aktiv i optagelse af vand og stoffer, og en "tyk" del, der ikke er aktiv i optagelsen. Endvidere er tilgængelighed i vand og jord samt planternes vækst i forsøgsperioden integreret. Verificeringen af de matematiske modeller fortsætter på basis af indsamlede litteraturdata, som er lagt ind i en database, der er udviklet til formålet. Også dataene fra de seneste eksperimentelle forsøg i 2001 indgår i databasen, der løbende anvendes til verificering og revision af modellerne. Foreløbige beregninger har vist begrænset overensstemmelse mellem resultater af forsøg og modelberegninger, og der arbejdes på revision af modellen.

Der er endvidere udviklet scenarier, til beskrivelse af planteoptaget under realistiske forhold. Resultatet af beregningerne, hvori disse scenarier indgår, vil blive sammenlignet med målte indhold i de planter, som er dyrket i feltforsøgene. Hittidige resultater indikerer, at de beregnede koncentrationer er højere end de målte koncentrationer i feltforsøgene, hvilket både kan skyldes forsimplinger i modellerne men også, at stofferne metaboliseres hurtigt i planterne.

Samarbejde og forskeruddannelse

Dr. Stefan Trapp fra University of Osnabrück, nu ansat på DTU, uformelt samarbejde vedrørende modelvalidering og revision.

Susan Bennetzen, DHI og Mai-Britt Volfing, DMU om afprøvning af analysemetoder for LAS i jord (uformelt).

Prof. Donald Mackay, Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto, uformelt samarbejde vedrørende modelvalidering og revision.

Coral Verge (Petresa, Spanien), samt Giorgio Cassani og Luciano Cavalli (Condea Augusta, Italien) fra de samarbejdende tensid fabrikker om afprøvning af analysemetoder for LAS i jord, samarbejdsaftale.

Inden for centeret har der været samarbejdet med Projekt 2 vedrørende effekter af affald på jordens frugtbarhed.

Uddannelse

M.Sc.

Schultz, Peter. Nonylphenols miljøkemi: Undersøgelse af toxiciteten over for salatfrø (*Lactuca sativa*) og sorption til to veldefinerede jordtyper. November 2001.

Jacobsen, Anne-Marie. Udvasning af LAS og nonylphenol fra slambehandlede jorde – et lysimeterforsøg. August 2001.

Holmegaard, Anne. Adsorption af LAS-homologer til syntetisk goethit – batchstudie af C8, C12 og C15 –LAS i vandig opløsning – bestemt ved TOC og HPLC. Juni 2000.

Møller, Carsten Worsøe. Undersøgelse af LAS-optag i planter – herunder udvikling af isomerspecifikke analysemetoder ved HPLC og flash pyrolyse-GC/MS. Januar 1999.

Publikationer

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998-2001	4	16	2	5	20	1

Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur

Grøn, C., Laturus, F., Mortensen, G.K., Egsgaard, H., Bennetzen, S., Ambus, P. and E.S.Jensen..2001. Plant Uptake of LAS and DEHP from Sludge Amended Soil. In: Persistent, Bioaccumulative, and toxic chemicals I. Fate and Exposure. Eds.: L. Lipnick, Hermens, J.L.M., Jones, K.C. & Muir, D.C.G. American Chemical Society, ACS Symposium Series 772, p. 99-111.

Hesselsøe, M., Jensen, D., Skals, K., Olesen, T., Møldrup, P., Roslev, P., Mortensen, G.K. and Henriksen, K. 2001. Degradation of 4-nonylphenol in homogeneous and non-homogeneous mixtures of soil and sewage sludge. Environ Sci Technol. 35, 3695-3700.

Mortensen, G.K., Egsgaard, H., Ambus, P. Jensen, E.S. and Grøn, C. 2001. Influence of plant growth on degradation of LAS in sludge amended soil. *Journal of Environmental Quality*, 30, 1266-1270.

*M. Winther-Nielsen, D. Rasmussen & Samsøe-Petersen, L. (2001): Environmental risk assessment of a complex solid waste product from a pesticide factory, *European Water Management*, 4, 1, 71-76.

Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger

Egsgaard, H. & C. Grøn. 1998. Flash Pyrolysis GC/MS of Linear Alkylbenzene Sulphonates (LAS). *Proceedings of the 46th American Society for Mass Spectrometry Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics*, Orlando, Florida, May 31 – June 4, 1998.

Grøn, C., Vejrup, K. Mortensen, G.K. & Egsgaard, H. 1998. Determination of linear alkylbenzenesulfonates (LAS) in plant and soil samples. 1998. Abstractsamling, 5. danske symposium i analytisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, 19.-20. august 1998.

Grøn, C., Laturus, F., Mortensen, G.K., Egsgaard, H., Bennetzen, S., Samsøe Petersen, L., Ambus, P. and Jensen, E.S. 1999. Plant uptake and soil degradation of organic contaminants in sludge amended soil. *Preprints of extended abstracts*, vol 39, 217th ACS National Meeting of the American Chemical Society. Washington. pp 69-72.

Jacobsen, A.-M.; Mortensen, G.K. 2001. Leaching of LAS and nonylphenol from sludge-amended soil. A lysimeter study. *Organic soil contaminants 2001. SETAC Europe conference*, Copenhagen (DK), 2-5 Sep 2001.

Jacobsen, A.M and Mortensen, G.K. 2001. Leaching of LAS and nonylphenol from sludge amended soil. *First European Bioremediation Conference*, Crete, Greece, July 2-5. *Conference proceedings*, 254-257.

Kure, L.; Mortensen, G.K.; Ambus, P. 2001. Uptake and metabolization of sewage sludge associated organic contaminants in crop plants. *Organic soil contaminants 2001. SETAC Europe conference*, Copenhagen (DK), 2-5 Sep 2001.

Kure, L.K.; Mortensen, G.K.; Laturus, F.; Ambus, P., 2000 Uptake of sewage sludge associated organic contaminants in crop plants. In: *Cost Action 837. 1. Scientific workshop: Phytoremediation 2000. State of the art in Europe*, Hersonissos (GR), 6-8 Apr 2000. Kaltsikes, P.J. (ed.), (Agricultural University of Athens, Athens, 2000). Abstract p. 84

Kure, L.K., Mortensen, G.K. and Ambus, P. 2000. Uptake of sewage sludge associated organic contaminants in crop plants. Poster presented at: *Third SETAC World Congress*. 21-25 May 2000, Brighton United Kingdom. Abstract p. 155

Kure, L.K., Ambus, P. Jensen, E.S. and Grøn, C. 1999. Uptake of organic contaminants in plants. Poster presented at the 9th Annual Meeting of SETAC-Europe, 25-29 May 1999, Leipzig, Germany.

Laternus, F., Grøn, C., Mortensen, G.K. Ambus, P., Bennetzen, S. and Jensen, E.S. 1999. Degradation of organic components in sludge-amended agricultural soil. In Alleman B.C. and Leeson, A. (Eds) Phytoremediation and innovative strategies for specialized remedial applications, Batelle Press, Columbus, pp 15-20.

Mortensen, G.K. 1999. Uptake and degradation of LAS in sludge amended and spiked soil – the importance of vegetation. 9th Annual Meeting of SETAC-Europe, 25-29 May 1999, Leipzig, Germany, Abstracts p. 84.

Mortensen, G.K., G. Cassani, C. Verge, M. Volfing and S. Bennetzen. 2000. LAS in soil samples – results from an interlaboratory study. In Proceedings of the Cesio Congress, Firenze, 29. May - 02. June, 2000. pp. 1558-1565.

Mortensen, G.K.; Kure, L.; Ambus, P.; Laturnus, F.; Grøn, C. 2001. Degradation and plant uptake of organic contaminants in spiked soils and in soils treated with organic waste products. Organic soil contaminants 2001. SETAC Europe conference, Copenhagen (DK), 2-5 Sep 2001.

Møller, C.W., Egsgaard, H., Grøn, C. & Svensmark, B., 1998. HPLC og flash pyrolyse GC/MS analyse af lineære alkylbenzenesulfonater (LAS) isomerer. Abstractsamling, 5. danske symposium i analytisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, 19.-20. august 1998.

Samsøe-Petersen, L. & Rasmussen, D., 1998. Optag af forureninger i spiselige afgrøder. Manuskriptsamling fra mødet Diffuse forureninger på landbrugs- og byjord, arrangeret af ATV Komitéen for jord- og grundvandsforurening under Akademiet for de Tekniske Videnskaber, Schäfergården, København, 14. maj 1998.

L. Samsøe-Petersen & Rasmussen, D. (2001): Plant uptake of organic contaminants from sludge amended soil - experiments and model improvements. Proceedings, SETAC Europe Conference, Organic Soil Contaminants 2001,

Formidlende artikler

Mortensen, G.K., Kure, L., Ambus, P., Laturnus, F and Grøn, C. 2001. Nedbrydning af miljøfremmede stoffer i jord-plantesystemer og optag i planter. Miljøforskning, Slam på marken: risiko eller ressource?. Tema ved Centret for bæredygtig arealanvendelse 49, 9-14.

Mortensen, G.K., Kure, L., Ambus, P., Laturnus, F. og Grøn, C. 2000. Miljøfremmede stoffers omsætning og optag i planter. Vand & Jord, vol 7, nr. 4, 143-147.

Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur

Petersen, S.O., Henriksen, K., Mortensen, G.K., Krogh, P.H., Brandt, K., Madsen, T.; Petersen, J and Grøn, C. 2001. Recycling of sewage sludge and household compost to arable land: Fate and effects of organic contaminants and impact on soil quality. Submitted nov 2001.

Mortensen, G.K. and Kure, L 2001. Degradation and plant uptake of nonylphenol in spiked soil and in soils treated with organic waste products . Environmental Toxicology and Chemistry, Submitted oct. 2001.

*L. Samsøe-Petersen, Larsen, E. H., Larsen, P.B., Andersen, N.L. & Bruun, P. (2001): Uptake of trace elements and PAHs by fruit and vegetables from contaminated soil. Environmental Science and Technology. Submitted Oct. 2001.

L. Samsøe-Petersen, Rasmussen, D. & Helweg C. (2002): Plant uptake of organic contaminants from sludge amended soil - experiments and modelling. Environmental Toxicology and Chemistry. In prep.

D. Rasmussen, Samsøe-Petersen, L. & Grøn, C. (2002): Comparison of modelled and measured plant uptake of LAS and DEHP. Env.Sci.Technol. In prep.

Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer

Grøn, C., foredrag om Determination of linear alkylbenzenesulfonates (LAS) in plant and soil samples, 5. danske symposium i analytisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, 19.-20. august 1998.

Grøn, C. Foredrag om Danish Environmental Research Programme. SPT workshop: LAS risk assesment for sludge amended soil, 19-20 April 1999. København.

Grøn, C. Foredrag om Plant uptake and soil degradation of organic contaminants in sludge amended soil. National Meeting of the American Chemical Society March 21-25 1999, Anaheim, California.

Kure, L. Uptake of organic components in plants. Poster presented at the 9th Annual Meeting of SETAC-Europe, 25-29 May 1999, Leipzig, Germany.

Kure, L.K.; Mortensen, G.K.; Laturus, F.; Ambus, P., 2000 Uptake of sewage sludge associated organic contaminants in crop plants. In: Cost Action 837. 1. Scientific workshop: Phytoremediation 2000. State of the art in Europe, Hersonissos (GR), 6-8 Apr 2000. Kaltsikes, P.J. (ed.), (Agricultural University of Athens, Athens, 2000). Abstract p. 84.

Kure, L.K., Mortensen, G.K. and Ambus, P., (2000). Uptake of sewage sludge associated organic contaminants in crop plants. Poster presented

at: Third SETAC World Congress. 21-25 May 2000, Brighton United Kingdom. Abstract p. 155.

Laternus, F. Foredrag om Degradation of organic components in sludge-amended agricultural soil. The 5th Symposium on In Situ and On-site Bioremediation, April 1999, San Diego, USA.

Mortensen, G.K. Foredrag om Uptake and degradation of LAS in sludge amended and spiked soil – the importance of vegetation. 9th Annual Meeting of SETAC-Europe, 25-29 May 1999, Leipzig, Germany.

Mortensen, G.K. Deltagelse i fagsymposium om feltaktiviteterne, uden indlæg, Askov, 17.06.99.

Mortensen, G.K. Foredrag om nedbrydning af LAS i jord og optag i planter – resultater fra væksthushorsøg på Temamødet på Aalborg Universitet 18.08.99 vedrørende Omsætning og transport af miljøfremmede stoffer i jord. Per Ambus, Liv Kure og Frank Laturnus deltagere uden indlæg.

Mortensen, G.K. Foredrag om planteoptag af organiske stoffer på Temamødet på VKI 27.10.99 vedrørende Risikovurdering af enkeltstoffer i jordsystemet. Liv Kure deltager uden indlæg.

Mortensen, G.K. Foredrag om Miljøfremmede stoffers omsætning og optag i planter. DAKOFA-konference om genanvendelse af organiske restprodukter i jordbrug. København, 15.05.2000.

Mortensen, G.K. Foredrag om LAS in soil samples – results from an interlaboratory study. Cesio Congress, Firenze, 29. May - 02. June, 2000.

Mortensen, G.K.; Kure, L.; Ambus, P.; Laturnus, F.; Grøn, C., Degradation and plant uptake of organic contaminants in spiked soils and in soils treated with organic waste products. Organic soil contaminants 2001. SETAC Europe conference, Copenhagen (DK), 2-5 Sep 2001.

Møller, C. W., Foredrag om flash pyrolyse GC/MC af lineære alkylbensulfonater (LAS) på årsmødet for Dansk Selskab for Massespektrometri, Odense, 15. oktober 1998, samt på møde for kemikere på Miljø- og Levnedsmiddelkontrolenheder i Københavnsområdet, Miljø- og Levnedsmiddelkontrollen Glostrup, 17. september 1998.

Rasmussen, D. Foredrag om principper for økotoksikologisk risikovurdering, gennemgang af et stofeksempel (LAS) på Temamødet på VKI 27.10.99 vedrørende Risikovurdering af enkeltstoffer i jordsystemet. Lise Samsøe Petersen deltager uden indlæg.

Samsøe-Petersen, L., Foredrag om optag af forureninger i de spiselige afgrøder på mødet Diffuse forureninger på landbrugs- og byjord, arrangeret af ATV Komitéen for jord- og grundvandsforurening under Akademiet for de Tekniske Videnskaber, Schäffergården, København, 14. maj 1998.

Samsøe-Petersen, L. Foredrag om Validation of Bioassays for Risk Assessment of Soils på møde i den tyske arbejdsgruppe under DECHEMA (Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, Chemische Technik und Biotechnologie), december 1997 og juni 1998.

Samsøe-Petersen, L. Deltagelse i European Workshop on Environmental Technologies (EU-forskningsseminar i Darmstadt), juni 1998.

Samsøe-Petersen, L. Foredrag om Danish research on uptake of LAS and plant results and ongoing projects. SPT workshop: LAS risk assesment for sludge amended soil, 19-20 April 1999. København. Dorte Rasmussen deltager uden indlæg.

Afholdte møder og konferencer

Temamøde på VKI (Dorte Rasmussen): Risikovurdering af enkeltstoffer i jordsystemet, 27.10.1999.

PROJEKT 5: ØKOLOGISKE EFFEKTER AF ORGANISKE MILJØFREMMEDE STOFFER I JORDBUNDS-ØKOSYSTEMET

Projektgruppe

Projektleder:	Paul Henning Krogh, seniorforsker (DMU)
Projektmedarbejdere:	Jan Sørensen, Professor (KVL)
	Kristian K. Brandt, post doc (KVL)
	Torben Madsen, seniorforsker (DHI)
	Lise Samsøe-Petersen, seniorforsker (DHI)
	Janick Scott-Fordsmand, seniorforsker (DMU)
	John Jensen, seniorrådgiver (DMU)
	Hanne Lakkenborg Kristensen, post doc (DMU)
	Martin Holmstrup, seniorforsker
Ph.D. studerende:	Bo Gejlsbjerg (Kbh. Universitet)
	Line E. Sverdrup, gæsteforsker og Ph.D.

Budget 1997 - 2001

Løn	Kr. 1.412.920,00
Drift	Kr. 94.000,00
Overhead	Kr. 300.304,00
Total	Kr. 1.807.224,00

Projektets mål og strategiske sigte

Projektet har som overordnet mål at udvikle relevante redskaber til at vurdere økologiske skader, samt konkret lave økologisk risikovurdering af aktuelle stoffer, som mistænkes for at kunne have miljømæssige effekter.

Projektet har følgende oprindelige delmål:

1. Undersøge effekter på bakteriel aktivitet og vækst
2. Udvikle et bioassay med mikrobielle samfund baseret på udvalgte indikator bakterier på membran filtre.
3. Validere bioassays i mikro- og mesokosmer og i felten.
4. Undersøge effekter i enkeltartstests med invertebrater.
5. Anvende interne doser som mål for eksponering af jordbundsvertebrater.
6. Undersøge effekten af bionedbrydning på slams toksicitet.
7. Designe et mesokosmos test system, som kan forudsige effekter i felten.
8. Kombinere nøgleorganismer blandt nedbrydere og processer til et økologisk bioindikator system.
9. Følge tidsserier af forandringer i mineraliseringsprocesser under kemisk stress i heterogene systemer i felten og laboratoriet.
10. Validere laboratorie test systemer i felten gennem monitoring af samme endpoints, som anvendes i mikro- and mesokosmer.
11. Definere operationelle endpoints som omfatter de vigtigste trin i nedbryder samfundet og dets funktion.

Pkt. 1, 2 og 3 er gennemført ved KVL

Pkt. 4. DMU og DHI har undersøgt invertebrater under indflydelse af modelstofferne.

Pkt. 7. Ved DMU er afprøvet tre typer mesokosmer: 25 cm jordsøjle med plante og både euedafiske og hemiedafiske collemboler, 10 cm jordsøjle med plante og euedafiske collemboler og 10 cm jordsøjle uden plante og med euedafiske collemboler.

Pkt. 8. Økologiske indikatorer er udvalgt i felt- og mesokosmosforsøg, disse er endnu ikke evalueret som bioindikatorer.

Pkt. 9. Tidsserier af både dyr og mikroorganismer er fulgt i felten og i mesokosmosforsøgene.

Pkt. 10. I feltforsøg har vi monitoreret mikroorganismer, mikrolededyr, enkytræer og regnorme samt forsvinding af LAS.

Videnskabelige resultater

Projektaktivitet 1, Effekter på mikroorganismer, Sektion f. Genetik og Mikrobiologi/KVL/Kristian Brandt

Prøvetagning i forbindelse med markforsøg (startet i maj 1999 med nedlagte slamstrengede indeholdende forskellige LAS koncentrationer) er afsluttet med prøvetagninger i maj og oktober 2000. Et år efter forsøgets start var de observerede effekter af LAS på potentiel ammoniumoxidation og generel mikrobiel aktivitet i jorden stort set neutraliseret, og der blev ikke påvist nogen øget LAS tolerance for hverken heterotrofe eller ammonium-oxiderende mikroorganismer i behandlinger med tilsætninger af LAS. Det er derfor meget usandsynligt, at LAS forårsagede et signifikant selektionstryk i løbet af forsøget, hvorfor bestræbelserne på at undersøge ændringer i mikrobiel samfundsstruktur ikke blev undersøgt yderligere. Detaljeret dataanalyse af felddata påviste, at LAS tilsat via slam stort set kun havde en signifikant forstyrrende effekt på jordens mikroorganismer i jordprøver taget i løbet af de første 2 måneder efter slamudbringning og kun i jordprøver taget under 30 mm fra slammet. Da forsøget var designet udfra et "worst case" scenario, konkluderer vi derfor, at det er højst usandsynligt, at LAS repræsenterer en betydelig trussel overfor jordens mikroorganismer under realistiske forhold i jord beriget med spildevandsslam.

Effekten af nonylphenol i slam (mesokosmosforsøg udført af DMU i Silkeborg) på den bioluminescerende *Nitrosomonas europaea* test-bakterie er afsluttet på nær manuskriptudarbejdelse. Der sås ca. 25% hæmning af testorganismen i slam en uge efter tilsætning af henholdsvis 100 og 1000 mg/kg nonylphenol i forhold til kontrolslam uden tilsætning af nonylphenol. Efter henholdsvis 28 og 56 dage sås ingen effekter på testorganismens aktivitet. Der sås heller ikke nogen forskelle mellem slam med/uden tilsætning af dyr til slammet. Resultaterne peger på en lav biotilgængelighed og toxicitet af nonylphenol overfor mikroorganismer i slam.

Analysearbejde i forbindelse med modelsystemforsøg med slam/jord interfasesystemer er stort set afsluttet. LAS analyser foretaget af Martin Hesselsøe og Kaj Henriksen i Ålborg påviste LAS koncentrationer på op til 40 mg kg⁻¹ i jord pakket direkte op af slam beriget med høje LAS koncentrationer (20000 mg kg⁻¹), hvilket stemmer godt overens med de beskudne toksiske effekter observeret ved brug af den bioluminescerende *Nitrosomonas europaea* test-bakterie. For både Lundgaard og Askov jord blev brugen af *Nitrosomonas europaea* test-bakterien til kvantitativ bestemmelse af jordens LAS-indhold valideret ved at sammenholde kemiske LAS analyse resultater (HPLC) med den relative hæmning af lysudsendelsen fra bakterien.

Der er udført detaljerede laboratorieforsøg med Askov jord til belysning af den toksiske effekt af LAS på ammonium-oxiderende bakterier ved

forskellige vandindhold i jorden. Studierne har bl.a. vist, at tør jord kan øve en vis beskyttelse mod LAS toxicitet, men at LAS ikke nedbrydes selv efter 120 dage i tør jord. I fugtige jorder, hvor LAS nedbrydes relativt hurtigt, er det vist, at den potentielle ammonium oxidation i de fleste tilfælde forbliver reduceret selv flere måneder efter, at LAS er nedbrudt. Den eksperimentelle del af dette arbejde er afsluttet i marts 2001, og artikel er under udarbejdelse. Der er blevet udført supplerende LAS analyser, som understøtter ovenstående konklusioner. Manuskript er under udarbejdelse og vil blive indsendt Environmental Toxicology and Chemistry i løbet af 2002.

Studiet af effekter af LAS og nonylphenol på udvalgte repræsentative stammer af ammonium-oxiderende bakterier er afsluttet, og et manuskript er indsendt til tidsskrift. Arbejdet med nonylphenol er ikke inddraget i manuskriptet p.g.a. problemer med at karakterisere den faktiske koncentration af opløst nonylphenol. Af samme årsag blev studier af kombinationseffekter mellem LAS og nonylphenol opgivet. I dette arbejde indgik detaljerede beskrivelser af stress respons i de valgte bakteriestammer, som blev beskrevet m.h.t. generationstid/vækstrate, viabilitet (celledelingsevne), metabolsk aktivitet (kulstof inkorporering og ammonium oxidation) og overlevelse efter eksponering for forskellige LAS niveauer. Studiet viste desuden, at nogle ammonium-oxiderende bakterier kunne nedbryde LAS.

Der er udført simple laboratorieforsøg med Askov jord for at undersøge toxiciteten af LAS og andre kommercielt vigtige surfaktanter på den potentielle ammonium oxidation. De foreløbige resultater tyder det på, at LAS havde samme akutte giftighed som SDS, men at LAS var toksisk over en længere periode end SDS. To testede non-ioniske surfaktanter (en liniær alkoholethoxylat, LAE, og en nonylphenolpolyethoxylat, NPE) havde ikke nogen effekt på den potentielle ammonium oxidationen. Ingen af de 4 testede surfaktanter havde nogle markante toksiske effekter på den generelle mikrobielle aktivitet i jorden.

LAS nedbrydningen i den autotrofe ammonium-oxiderende bakterie *Nitrosospira* sp. Strain AV er blevet undersøgt nærmere og bekræftede, at denne jordbakterie er i stand til at foretage en betydelig primær nedbrydning af LAS. Nedbrydningen foregik ved koncentrationer (op til 12 ppm) over den øvre grænse LAS tærskelkoncentration for vækst (4-5 ppm) og blev ikke inhiberet af acetylen, hvorfor der sandsynligvis er tale om en ny og hidtil ukendt mekanisme for nedbrydning af fremmedstoffer i ammonium-oxiderende bakterier. Yderligere studier af LAS nedbrydningen i denne stamme er påkrævet.

Projektaktivitet 2, Effekter og bioakkumulering, DHI/Torben Madsen

Bioakkumulerings- og toksicitetsundersøgelser med springhalen *Folsomia candida* er udført ved anvendelse af enten LC50 (lethal concentration) eller LBB50 (lethal body burden) som endpoint. I eksperimenter, der blev udført med sand, jord og jord tilsat slam, blev observeret store variationer i LC50, som afspejler den forskellige biotilgængelighed af pyren og esfenvalerat i de tre testsystemer. LBB50 værdierne, der blev opnået i de tre testsystemer, var mere ensartede, og dette indikerer, at

LBB kan være hensigtsmæssig som endpoint ved sammenligninger mellem forskellige eksponeringssystemer. En ekstrapolation af resultaterne fra laboratorieforsøgene til felten viste, at realistiske koncentrationer af PAHer i slambehandlet jord næppe vil føre til negative effekter over for springhaler.

Undersøgelser af effekten af nonylphenol og LAS, sorberet til slammet i jord-slam-systemer, er gennemført med invertebraterne *Folsomia candida* og *Enchytraeus albidus*. Nonylphenol var det mest toksiske af de to stoffer med effektkoncentrationer (EC50) for reproduktion på 70 mg/kg (*F. candida*) og 490 mg/kg (*E. albidus*) og for overlevelse (LC50) på 170 mg/kg (*F. candida*) og 440 mg/kg (*E. albidus*). En sammenligning af effektkoncentrationerne viser, at *F. candida* var mere følsom over for nonylphenol med hensyn til både reproduktion og overlevelse ($p < 0,05$). Begge arter var lige følsomme over for LAS med effektkoncentrationer (EC/LC50) > 1200 mg/kg for både reproduktion og overlevelse.

Undersøgelser med slam og slam tilsat pyren i jord-slam-systemer viste ingen effekter over for det totale antal af bakterier (CFU), antallet af pyren-nedbrydende bakterier og antallet af protozoer. Pyren-nedbrydende bakterier var hovedsagelig tilstede i slammet (og i mindre grad i jorden). Der var ingen vækst i antallet af pyren-nedbrydende bakterier efter tilsætning af pyren.

Projektaktivitet 3, Succession på slamklumper, DMU, Afdeling for Terrestrisk Økologi/Paul Henning Krogh

Af de testede stoffer, DEHP, DBP, nonylphenol og LAS, havde DBP en høj giftighed. Giftigheden af LAS nedsættes ikke ved kemisk udfældning med kationer, ved stigende indhold af ler eller ved binding til slam. Derimod stiger giftigheden, når LAS inkuberes med en slamsuspension. Forløbige resultater for nonylphenol i slamklumper tyder på, at dette ikke har nogen effekt på mikrobielle processer. Som forventet aftager DBP's giftighed med inkubationstiden. DEHP synes at være næsten ugiftigt overfor springhaler, som ikke påvirkes negativt ved koncentrationer op til 5 g/kg tør jord.

Mesokosmosforsøg viser stor populationsvækst af enkytræer (*Enchytraeus crypticus*) og visse mikroledyr. Mesokosmos tests med nonylphenol opblandet i slamklumper viste kun ringe eller ingen effekt overfor invertebrater og en forbigående effekt på nitrifikationen.

I felt og mesokosmosforsøg, hvor slam er tilsat i klumper, er der ikke observeret hæmning af faunaen, mens slammet i laboratorie forsøg har vist negative effekter.

Reproduktionen ved påvirkning af LAS hos regnorme og enkytræer var omkring 3 gange mere følsom end hos springhaler og en rovmide. Dette kan skyldes, at orme generelt er i tættere kontakt med jordens porevand end leddyr. I feltforsøg var toksiciteten af 10 g LAS per kg. tørstof i slam høj overfor enkytræer og visse springhalearter gennem en periode på op til 4 måneder.

LAS fremmer ikke toksiciteten af pyren overfor *F. fimetaria*, effekten er derfor additiv.

Samarbejde og forskeruddannelse

Indenfor centret har der været samarbejde med Projekt 3 om udførelse af LAS analyser på jord- og slamprøver. KVL og DMU i Silkeborg har samarbejdet om udførelse af markforsøg med LAS og mesokosmosforsøg (nonylphenol).

DMU i Roskilde (Anne Winding og Niels Kroer) og KVL (Niels O.G. Jørgensen og Tommy H. Nielsen). Mikrokosmos forsøg til undersøgelse af effekter af LAS på mikrobielle samfund.

Lektor Niels Birger Ramsing fra Afdeling for Mikrobiel Økologi på Aarhus Universitet og associate professor Per-Eric Lindgren fra Department of Physics and Measurement Technology på Linköping Universitet i Sverige. Udvikling og validering af forskellige former for kvantitativ PCR til detektion af ammonium-oxiderende bakterier i jord.

Københavns Universitet, Zoologisk Institut, Afdeling for Terrestrisk Økologi (Søren Christensen og Flemming Ekelund)

Unilever Research, Port Sunlight, England (Kay Fox og Roy Sheppard)

Prof. Juliane Filser, University of Bremen. Udvikling af mesokosmos testdesign.

Heidi Sjursen, gæsteforsker, Oslo Universitet. Interaktioner mellem naturlig stress og kemikalier.

Uddannelse

Anders Pedersen, Cand. Agro. 1999. "Effekter af lineær alkylbensulfonat (LAS) på mikrobiel aktivitet i to danske landbrugsjorder".

Klaus Bagge Nielsen, Cand. Agro. 2001. "Effekter af lineær alkylbenzen sulfonat (LAS) på ammonium-oxiderende bakterier under forskellige fugtighedsforhold i jord".

Charlotte Klinge, M.Sc., Cand. Scient., 1999 (er også nævnt under projekt 3).

Trine Thorup Andersen, M.Sc., Cand. Scient., 2001 (er også nævnt under projekt 3).

Bo Gejlsbjerg, Ph.D., 2001 (er også nævnt under projekt 3).

Rikke Højer, M. Sc., 2000.

Publikationer

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998-2002	12	10	12	8	38	1

Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur

Brandt, K.K., M. Hesselsøe, P. Roslev, K. Henriksen, and J. Sørensen. 2001. Toxicity Effects of Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) on Metabolic Activity, Growth Rate, and Microcolony Formation of *Nitrosomonas* and *Nitrospira* Strains. *Appl Environ Microbiol* 67 (6): 2489-2498.

Hesselsøe, M., Pedersen, A., Bundgaard, K., Brandt, K.K. and Sørensen, J. 2001. Development of nitrification hot-spots around degrading red clover (*Trifolium pratense*) leaves in soil. *Biology and Fertility of Soils* 33: 238-245, 2001.

Hesselsøe, M., K.K. Brandt, J. Sørensen. 2001. Quantification of ammonia-oxidizing bacteria in soil using microcolony technique combined with fluorescence *in situ* hybridization (MCFU-FISH). *FEMS Microbiol Ecol* 38: 87-95.

Holmstrup, M., Krogh, P.H., Løkke, H., de Wolf, W., Marshall, S., and Fox, K. (2001). Effects and risk assessment of linear alkylbenzene sulphonates (LAS) in agricultural soil. 4. The influence of salt speciation, soil type, and sewage sludge on toxicity using the collembolan *Folsomia fimetaria* and the earthworm *Aporrectodea caliginosa* as test organisms. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 20(8): 1680-1689.

Holmstrup, M. and Krogh, P.H. (2001). Effects and risk assessment of linear alkylbenzene sulphonates (LAS) in agricultural soil. 3. Sub-lethal effects on soil invertebrates. *Environ. Tox. and Chem.* 20(8): 1673-1679.

Jensen, J., Løkke, H., Holmstrup, M., Krogh, P.H., and Elsgaard, L. (2001). Effect and risk assessment of Linear Alkylbenzene Sulphonates in agricultural soil. 5. Risk Assessment of LAS in sludge amended soils. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 20(8): 1690-1697.

Højer, R., Bayley, M., Damgaard, C.F. & Holmstrup, M., 2000. Stress synergy between drought and a common environmental contaminant. *Global Change Biology*. (*)

Jensen J., Løkke H., Holmstrup M., Krogh P.H., Elsgaard L. Effect and risk assessment of Linear Alkylbenzene Sulphonates (LAS) in agricultural soils. V. Risk Assessment of LAS in sludge amended soils. *Environmental Toxicology and Chemistry* .(in press).

Jensen, J., 1999. Fate and Effects of Linear Alkylbenzene Sulphonates (LAS) in the Terrestrial Environment. *The Science of the Total Environment*, 226: 93-111.*

Jensen, J., Van Langevelde, J., Pritzl, G. & Krogh, P.H., in press. Effects on the phthalate di-(2-ethyl-hexylphthalate) and di-butylphthalate on the Collembolan *Folsomia fimetaria*. *Environmental Toxicology and Chemistry*.

Klinge, C., B. Gejlsbjerg, F. Ekelund & T. Madsen, 2001. Effects of sludge-amendment on mineralization of pyrene and microorganisms in sludge and soil. *Chemosphere* (denne artikel er også nævnt under projekt 3).

Sverdrup, L.E., Kelley, A.E., Krogh, P.H., Nielsen, T., Jensen, Scott-Fordsmann, J. and Stenersen, J. (in press). Effects of eight polycyclic aromatic compounds on the survival and reproduction of the springtail *Folsomia fimetaria* L. (Collembola, Isotomidae). (*)

Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger

Brandt, K. K., P. H. Krogh, G. Cassani, and J. Sørensen. 2000. Does LAS affect the soil ecosystem in sludge-amended soil? Results from a field trial with well-defined strings of LAS-amended sludge in soil, p. 1590-1597. In *Proceedings of the 5th World Surfactants Congress*. CESIO, Florence, Italy.

Brandt, K.K., Krogh, P.H., Cassani, G., and Sørensen, J. Does LAS affect the soil ecosystem in sludge-amended soil? Results from a field trial with well-defined strings of LAS-amended sludge in soil. In *5th World Surfactants Congress*. 2000. Fortezza da Basso, Firenze: CESIO. Vol. 2, pp. 1590-1597.

Brandt, K.K., Nielsen, K.B., Hesselsøe, M., Pedersen, A., Henriksen, K., Sørensen, J. 2001. Toxicity Effects of Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) in Autotrophic Ammonia-Oxidizing Bacteria from Agricultural Soil. Abstract for the 11th Annual Meeting of SETAC-Europe. Madrid, Spain, May 6-10, 2001.

Brandt, K.K., Hesselsøe, M., Roslev, P., Henriksen, K., Sørensen, J. 2001. Toxicity Effects of Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) on Metabolic Activity, Growth Rate and Microcolony Formation of *Nitrosomonas* and *Nitrospira* strains. Abstract for the 9th International Symposium on Microbial Ecology, Amsterdam, The Netherlands, August 26-31, 2001.

Brandt, K.K., Hesselsøe, M., Pedersen, A., Henriksen, K., Krogh, P.H., Sørensen, J. 2001. Organic Pollutants in Sewage Sludge: Do They really Affect Soil Microorganisms? Abstract for SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants, Copenhagen, Denmark, September 2-5, 2001.

Elsgaard, L., Brandt, K.K. 2001. Linear Alkylbenzene Sulfonates in Soil: Overview of Effects on Microorganisms and Microbial Processes. Abstract for SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants, Copenhagen, Denmark, September 2-5, 2001.

Hesselsøe, M., Brandt, K.K., Sørensen, J. 2001. Quantification of Ammonia-Oxidizing Bacteria in Soil using a Microcolony Technique combined with Fluorescent In Situ Hybridization (FISH). 2001. Abstract for the 9th International Symposium on Microbial Ecology, Amsterdam, The Netherlands, August 26-31, 2001.

Scott-Fordsmand, J.J., Krogh, P.H., Kristensen, H.L. & Jensen, J., 1999. The influence of contaminated sewage sludge on soil invertebrate and microbial communities. Abstract for the 9th Annual Meeting of SETAC-Europe. Quality in Life and Environment in Cultured Landscapes, University of Leipzig, Germany, May 25-29, 1999.

Krogh, P.H., Jensen, J., Holmstrup, M., Scott-Fordsmand, J.J. and Kristensen, H.L. (1999): Why is sludge with toxicant load non-toxic in the field? Abstract for the 9th Annual Meeting of SETAC-Europe. Quality in Life and Environment in Cultured Landscapes, University of Leipzig, Germany, May 25-29, 1999.

Løkke H., Holmstrup M. & Jensen J., 2000. Risk Assessment of LAS in the Terrestrial Environment and Perspectives for Other Anionic Detergents. In "5th World Surfactants Congress", vol. 2, pp. 1590-1597. CE-SIO, Fortezza da Basso, Firenze.

Formidlende artikler

Holmstrup, M., P. H. Krogh, J. Jensen, and H. Løkke. 1999. Effect and Risk assessment of linear alkylbenzene sulfonates (LAS) in sludge-amended soils. *The CLER Review*, 5:20-23.

Jensen, J. & Krogh, P.H., 1999. Ecological Assessment of Sewage Sludge Application. In: Petersen, J. & Petersen, S.O. (eds.): Use of Municipal Organic Waste. Proceedings of NJF Seminar no. 292, Agricultural Research Centre, Jokioinen, Finland, November 23-25, 1998. Dan-

ish Institute of Agricultural Sciences. DIAS Report Plant Production 13(2): 98-100.

Jensen, J. & Løkke, H. 1999. Kemiske stoffer i landbruget. Tema-Rapport nr. 19 fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Jensen, J., 1999. Jordkvalitet og miljøfremmede stoffer i slam. Vand & Jord, 6(1): 5-7.

Jensen, J. (in press). Langtidsstudier af spildevandsslam i jordmiljøet. Vand & Jord.

Klinge, C., B. Gejlsbjerg & Madsen, T., 1999. Nedbrydning af pyren i slam-jordblandinger. Vand & Jord, 6 (3): 105-108.

Krogh, P.H., 1999. "Slam uskadelig for jorden". Interview til Berlingske Tidende, 19. marts 1999, side 2.

Krogh, P.H., Jensen, J., Holmstrup, M., Kristensen, H.L. & Scott-Fordsmand, J., 1999. Økologiske effekter af miljøfremmede stoffer i slam. Vand og Jord, 6(1): 13-15.

Krogh, P.H. Vaskepulver skader jorden. Interview til Berlingske Tidende mandag den 14. august 2000.

Krogh P.H., Jensen J. & Tybirk, K. 2001. Slam på marken. Natur.dk. <http://www.natur.dk/miljoeframeset.asp?nt=3>

Madsen, T., M. Winther-Nielsen & L. Samsøe-Petersen. 1998. Effects of organic chemicals in sludge applied to soil. Degradation and toxicity to organisms living in soil. Environmental Project No. 432, Danish Environmental Protection Agency, 36 pp.

Petersen, S.O., Deboz, K., Elsgaard, L. & Krogh, P.H., 1999. Effects of Organic Wastes on Microbiological Aspects of Soil Quality. In: Petersen, J. & Petersen, S.O. (eds.). Use of Municipal Organic Waste. Proceedings of NJF Seminar no. 292, Agricultural Research Centre, Jokioinen, Finland, November 23-25, 1998. Danish Institute of Agricultural Sciences. DIAS Report Plant Production 13(2): 59-64.

Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur

Brandt, K.K., A. Pedersen and J. Sørensen. Solid phase-contact assay with a *lux*-marked *Nitrosomonas europaea* reporter strain to estimate toxicity and bioavailability of linear alkylbenzene sulfonate in soil. Indsendt til Appl Environ Microbiol.

Brandt, K.K., P.H. Krogh and J. Sørensen. Activity and population dynamics of heterotrophic microorganisms and autotrophic ammonia-oxidizing bacteria in soil surrounding sludge bands spiked with linear al-

kylbenzene sulfonate: A field study. Indsendt til Environ. Toxicol. Chem.

Scott-Fordsmand, J.J. & Krogh, P.H. The toxicity of nonylphenol to *Folsomia fimetaria* - dependent on the contamination history. Indsendt til Environ. Toxicol. Chem.

Gejlsbjerg, B., C. Klinge & T. Madsen. Mineralization of organic contaminants in sludge-soil mixtures. Indsendt til Indsendt til Environ. Toxicol. Chem.

Gejlsbjerg, B., C. Klinge, L. Samsøe-Petersen & T. Madsen. Toxicity of linear alkylbenzene sulphonates and nonylphenol in sludge-amended soil. Indsendt til Environ. Toxicol. Chem.

Jensen, J. & Sverdrup, L.E., Joint Toxicity of Linear Alkylbenzene Sulphonates (LAS) and Pyrene on *Folsomia fimetaria*.

Madsen, T. Biodegradability and toxicity of surfactants. Indsendt til Marcel Dekker, Handbook of Detergents: Part F, Environmental impact. (*)

Petersen, S.O., K. Henriksen, G.K. Mortensen, P.H. Krogh, K.K. Brandt, J. Sørensen, T. Madsen, J. Petersen and C. Grøn. Recycling of sewage sludge and household compost to arable land: fate and effects of organic contaminants, and impact on soil fertility. Indsendt til Soil Tillage and Research.

Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer

Brandt, K.K. 2001. Toxicity Effects of Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) in Autotrophic Ammonia-Oxidizing Bacteria from Agricultural Soil. Poster ved SETAC Europe's 11th Annual Meeting, Madrid, Spain, May 6-10, 2001.

Brandt, K.K. 2001. Toxicity Effects of Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) on Metabolic Activity, Growth Rate and Microcolony Formation of *Nitrosomonas* and *Nitrospira* strains. Foredrag ved 9th International Symposium on Microbial Ecology, Amsterdam, The Netherlands, August 26-31, 2001.

Brandt, K.K. 2001. Organic Pollutants in Sewage Sludge: Do They really Affect Soil Microorganisms? Foredrag ved SETAC Europe Conference: Organic Soil Contaminants, Copenhagen, Denmark, September 2-5, 2001.

Brandt, K.K., 2000. 4th Nordic AMMOX-meeting, Hyttiälä, Finland. 17.-19. Juni 2000; foredrag med titlen "Effects of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) on autotrophic ammonia-oxidizing bacteria in soil".

Brandt, K.K., 2000. 5th World Surfactants Congress. CESIO, Firenze, Italien. 29.maj til 2.juni 2000; poster af K.K. Brandt, P.H. Krogh, G. Cassani og J. Sørensen med titlen "Does LAS affect the soil ecosystem?"

Brandt, K.K., 2000. DAKOFA-konference om genanvendelse af organiske restprodukter i jordbrug, Ingeniørhuset, København, 15.marts 2000; intet indlæg.

Brandt, K.K., 2000. DAKOFA-konference om genanvendelse af organiske restprodukter i jordbrug, Ingeniørhuset, København, 15.marts 2000.

Brandt, K.K., 2000. Foredrag ved 4th Nordic AMMOX-meeting, Hyytiälä, Finland. 17.-19. Juni 2000.

Brandt, K.K., 2000. Poster præsentation ved 5th World Surfactants Congress. CESIO, Firenze, Italien. 29.maj til 2.juni 2000.

Brandt, K.K., 1999. 3rd Nordic AMMOX meeting, Copenhagen, Denmark, June 11-13, 1999; foredrag med titlen: Effect of detergent stress on ammonia-oxidizing bacteria in soil and development of a *Nitrosomonas europaea* LUX-mutant based bioassay.

Brandt, K.K., 1998. Effects of microbial biotechnology on soil, National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark, March 2-3, 1998.

Brandt, K.K., 1998. Genanvendelse af organiske restprodukter i bæredygtigt jordbrug, DAKOFA-konference, Ingeniørhuset, København, 16.november, 1998.

Brandt, K.K., 1998. Use of municipal organic waste, NJF-seminar no. 292, Agricultural Research Centre, Jokioinen, Finland, November 23-25, 1998.

Filser, J. og Krogh, P.H., 1998. Do different mesofauna communities affect the N-turnover in arable soils? The 8th Nordic Workshop 'Will soil animal ecology remain traditional, or?' Lund, Sweden, 6-8 November 1998.

Gejlsberg, B. & Madsen, T., 1998. Nedbrydningen af miljøfremmede stoffer i slamklumper i jord. DAKOFA-konference, Ingeniørhuset, København, 16.november, 1998.

Holmstrup, M. & Krogh, P.H., 1999. Effects of LAS on soil fauna. LAS Risk Assessment for Sludge-Amended Soils, organized by SPT - The association of Danish Cosmetics, Toiletries, Soap and Detergent Industries in coordination with the Danish EPA, Eigtved Pakhus, Copenhagen, Denmark, April 19-20, 1999.

Jensen, J. 1999. Konference om Miljøfremmede stoffer i vand- og jordmiljøet - forekomst, virkninger, handlemuligheder, Ferskvandscentret, Silkeborg, 4.-5. marts 1999. Miljøfremmede stoffer i jord; Kilder; forekomst; grænseværdier og jordkvalitetskriterier.

Jensen, J., 2000. ATVs Vintermøde. Hvad betyder tilgængeligheden af forureningskomponenter i jord og affald i vurderingen af risikoen for dyr og planter. 7-8 Marts 2000, Vingsted,

Jensen, J., 2000. DAKOFA Konference. Genanvendelse af organiske restprodukter i jordbrug. Feltstudier af spildevandsslams langtidseffekter på jordmiljøet. 15 Maj 2000, Ingeniørhuset, København.

Jensen, J., 2000. Ferskvandscentrets TEMA-Dag. Efterlevelse af ny slambekendtgørelse. Nedbrydning af de miljøfremmede stoffer i slammet ved anvendelse på landbrugsjord og effekten af de miljøfremmede stoffer på naturen. 6 Juni 2000, Ferskvandscentret, Silkeborg

Jensen, J., 2000. Ferskvandscentrets TEMA-Dag. Efterlevelse af ny slambekendtgørelse. Nedbrydning af de miljøfremmede stoffer i slammet ved anvendelse på landbrugsjord og effekten af de miljøfremmede stoffer på naturen. 8 Juni 2000, Spildevandscenter Avedøre, København.

Jensen, J. og Krogh, P.H., 1998. Konsekvenserne for jordkvaliteten af miljøfremmede stoffer i affaldet - hvad ved vi i dag? DAKOFA-konference, Ingeniørhuset, København, 16.november, 1998.

Jensen, J., Van Langevelde, J., Pritzl, G. & Krogh, P.H., 1999. Poster præsenteret på konferencen Dansk Miljøforskning 1999, København 19.-20. august 1999. Danmarks Miljøundersøgelser. Effects of di-(2-ethylhexylphthalate) (DEHP) and di-butylphthalate (DBP) on the springtail *Folsomia fimetaria*.

Krogh, P. H., Jensen, J., Holmstrup, M. og Scott-Fordsmand, J., 1999. Økologiske effekter af miljøfremmede stoffer i slam. DAKOFA-konference, Ingeniørhuset, København, 6.november, 1998.

Krogh, P.H., Jensen, J., Holmstrup, M., Brandt, K.K., Cassani, G., Henriksen, K. 2001. Field effects of LAS enriched sludge on soil fauna. Platform presentation. SETAC Europe 11th Annual Meeting, Madrid, Spain, 6-10 May 2001.

Krogh, P.H. & Filser, J., 2000. The impact of food web complexity and collembolan leagues on nitrogen turnover during barley growth. Poster presentation at the XIII. International Colloquium on Soil Ecology. České Budejovis, Czech Republic, August 14-18, 2000.

Krogh, P.H., 1998. Applied ecotoxicological effect assessment for microarthropods. The 8th Nordic Workshop 'Will soil animal ecology remain traditional, or?' Lund, Sweden, 6-8 November 1998.

Krogh, P.H. og Filser, J., 1998. The influence of soil fauna on plant available N with special respect to collembola leagues. Indlæg ved INTECOL VII International congress of ecology Firenze 19-25 July 1998.

Krogh, P.H., 2000. Økotoksikologisk seminar "Er veistøv giftig for organismer i jord?" Workshop om risikovurdering af norsk vejstøv. Ås,

Norge d. 27 januar 2000. Foredragstitel: Valg af tests til økotoxikologisk karakterisering af kemikalier og forurenede jord - EU og Danmark.

Krogh, P.H., Jensen, J., Holmstrup, M. & Scott-Fordsmand, J., 1998. Økologiske effekter af miljøfremmede stoffer i slam, manuskriptsamling til mødet Anvendelse af affaldsprodukter i bæredygtigt jordbrug, arrangeret af Dansk Komite for Affald (DAKOFA), Ingeniørhuset, København, 16. november 1998.

Krogh, P.H., Jensen, J., Holmstrup, M., Scott-Fordsmand, J.J. & Kristensen, H.L., 1999. Why is sludge with toxicant load non-toxic in the field? Poster præsenteret på konferencen Dansk Miljøforskning 1999, København 19.-20. august 1999. Danmarks Miljøundersøgelser.

Krogh, P.H., Jensen, J., Holmstrup, M., Scott-Fordsmand, J.J. and Kristensen, H.L., 1999. Why is sludge with toxicant load non-toxic in the field? Poster presented at the 9th Annual Meeting of SETAC-Europe. Quality in Life and Environment in Cultured Landscapes, University of Leipzig, Germany, May 25-29, 1999.

Madsen, T., 1999. Principper for risikovurdering af kemiske forureninger i slam anvendt på landbrugsjord. IDA møde, Odense, 17. februar 1998.

Madsen, T., L. Samsøe-Petersen & Winther-Nielsen, M., 1999. LAS Risk Assessment for Sludge-Amended Soils, organized by SPT - The association of Danish Cosmetics, Toiletries, Soap and Detergent Industries in coordination with the Danish EPA, Eigtved Pakhus, Copenhagen, Denmark, April 19-20, 1999.

Scott-Fordsmand J.J. & Krogh, P.H., 2000. The toxicity of nonylphenol to *Folsomia fimetaria* (Collembola: Isotomidae) under different exposure regimes. Poster presentation at the XIII. International Colloquium on Soil Ecology. České Budejovis, Czech Republic, August 14-18, 2000.

Scott-Fordsmand, J. J., Lakkenborg, H.L., Vikkelsø, J., Krogh, P.H., 2000. Using mesocosm to study the impact of NP-contaminated sewage sludge on terrestrial invertebrates. Poster presentation and abstract, SETAC, Brighton, May 2000, England.

Scott-Fordsmand, J.J., Cortet, J., Krogh P.H., 2000. Development of a standardized terrestrial multispecies test system for risk assessment. Invited platform presentation at the 27th Annual Aquatic Toxicity Workshop, St. John's, Newfoundland, October 1 to 4, 2000

Afholdte møder og konferencer

II. Danske Collembol workshop, 26. Nov. 1998, v. Dansk Selskab for Jordbundsbiologi og DMU.

PROJEKT 6: RISIKOVURDERING AF ORGANISK AFFALD ANVENDT PÅ LANDBRUGSJORD.

Projektgruppe

Projektleder:	Torben Madsen, afdelingsleder (DHI Institut for Vand og Miljø)
Projekt medarbejdere:	Dorte Rasmussen, seniorsagsbehandler (DHI Institut for Vand og Miljø)
	Lise Samsøe-Petersen, seniorsagsbehandler (DHI Institut for Vand og Miljø)
	Margrethe Winther-Nielsen, seniorsagsbehandler (DHI Institut for Vand og Miljø)

Budget 1997 - 2001

Løn	Kr. 335.000,00
Drift	Kr. 45.000,00
Overhead	Kr. 80.000,00
Total	Kr. 480.000,00

Projektets mål og strategiske sigte

Det overordnede formål med projektet er at formulere en prediktiv metode til risikovurdering af anvendelsen af slam på landbrugsjord med det formål at beskytte miljøet og den humane sundhed. For at opnå dette mål, er følgende delformål defineret:

- Identifikation af de kritiske delmiljøer, som potentielt bliver påvirket af stofferne i det udbragte slam. Udarbejdelse af principper til bestemmelse

af kvalitetskriterier for disse delmiljøer, samt udarbejdelse af realistiske "værest tænkelige" scenarier, som anvendes ved risikovurderingen.

- Identifikation af de modeller, som kan anvendes til forudsigelse af koncentrationsniveauerne af stofferne i de forskellige delmiljøer. Procesbeskrivelserne og de delmodeller, som udvikles i de øvrige center projekter, vil blive kombineret ind i et samlet modelkoncept.
- Identifikation af de parametre, der skal anvendes til karakterisering af slammet. Baseret på modelkoncepterne vil de fysisk-kemiske parametre, der skal anvendes til karakterisering af skæbnen af det enkelte stof (slam, eksponeringsveje, kritiske delmiljøer), blive identificeret. Denne liste vil inkludere både de parametre, der er nødvendige for karakterisering af de enkelte stoffer, såvel som kemisk/fysisk veldefinerede fraktioner.
- Udarbejdelse af en risikovurderingsmetode både for enkelt-stoffer, samt for kemisk/fysisk veldefinerede fraktioner. Denne risikovurdering vil inkludere udarbejdelse af en eksponerings- samt en effektvurderingsmetode.
- Validering og justering af det formulerede risikovurderingsprincip ved sammenligning af forudsagte eksponerings- samt effektkoncentrationsniveauer med tilsvarende målte koncentrationer

De udviklede principper til risikovurdering af anvendelse af organisk affald illustreres ved at foretage en risikovurdering af de stoffer, som tidligere er vurderet at være problematiske i forbindelse med anvendelse af affaldsprodukter på landbrugsjord. De udviklede principper forventes at kunne anvendes bredt fremover til risikovurdering af andre potentielt problematiske stoffer.

Videnskabelige resultater

Der er formuleret principper til risikovurdering af stoffer i slam. Følgende delmiljøer er blevet taget i betragtning: jordmiljøet, grundvandet og overfladevand.

Til vurdering af om stoffernes udvaskes i uacceptable mængder er gældende drikkevandskriterier for de udvalgte stoffer primært anvendt. Det blev fundet, at ingen af de undersøgte stoffer udvaskes i koncentrationer, som overstiger drikkevandskriteriet, samt at kun en meget lille del af stofferne forventes at blive udvasket til grundvandet.

De udvalgte stoffers tendens til at akkumulere i jordmiljøet blev vurderet ved at beregne de forventede koncentrationer ved steady-state, d.v.s. den koncentration, der opnås i miljøet efter et meget stort antal gentagne udbringninger af slam på landbrugsjorden. Her blev det beregnet, at en del af stofferne (f.eks. LAS) ikke akkumulerer i jordsøjlen i nævneværdig grad, hvorimod koncentrationen af stoffer som nonylphenol, pyren og

DEHP vil være flere gange højere end den koncentration, der opnås efter den første udbringning af slam.

Til vurdering af om jordens miljø påvirkes, anvendes de såkaldte PNEC-værdier (Predicted No Effect Concentrations), som er den højeste koncentration i jordmiljøet, hvor der ikke forventes økotoksiske effekter. Disse blev bestemt primært på basis af de aktiviteter, der pågik i delprojekt 3. Det blev fundet, at hvis stoffernes koncentrationer i slam ikke overstiger de gældende afskæringsværdier, forventes der ingen negative effekter på jordmiljøet.

For et par udvalgte veterinære antibiotika er der udført en risikovurdering på screeningsniveau. Ud fra disse beregninger kunne det ikke umiddelbart kan udelukkes, at nogle af disse stoffer kan have effekter på jordens organismer.

Samarbejde og forskeruddannelse

Nationalt samarbejde:

Samarbejde med samtlige øvrige centerdeltagere (dog minus delprojekt 9), da projektet har anvendt resultater fra de forskellige delprojekter i de udførte risikovurderinger.

Internationalt samarbejde:

ECOSOL, samarbejde med T. Feijtel (Procter & Gamble), K. Fox (Unilever), J. Berna (Petresa), L. Cavalli og G. Cassani (CONDEA) om modellering og vurdering af LAS skæbne i jordmiljøet.

Uddannelse

Der har ikke været nogen Ph. D. og master uddannelser i forbindelse med projektet.

Publikationer

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998-2002		3		1 (+2 under udarbejdelse)	5	2

Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur:

Ingen

Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger

Torben Madsen, Margrethe Winther-Nielsen and Dorte Rasmussen (1999): Studies on the fate of linear alkylbenzene sulfonates (LAS) in sludge and sludge-amended soil. The CLER Review 5(1), 14-19

Torben Madsen, Margrethe Winther-Nielsen and Dorte Rasmussen (2000): Studies on the fate of linear alkylbenzene sulfonates (LAS) in sludge and sludge-amended soil. 5th World Surfactants Congress. Firenze May 29 – June 2, 2000

Rasmussen D., N. Lehmann, C. Helweg, J.J. Sloth, S. Bøwadt & K. Holst (1999). Exposure assessment of Tunnel Boring Chemicals in Landfill Material. Presentation at SETAC-Europe 10th annual meeting in Cardiff.

Formidlende artikler

Ingen

Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur

Dorte Rasmussen, Margrethe Winther-Nielsen, Douglas Graham and Bent Halling-Sørensen (2002): The use of models and laboratory studies to assess the potential risk of recycling waste material. Four case studies. Submitted to Springer-Verlag.

Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer

Rasmussen D., Torben Madsen, Lise Samsøe-Petersen, Paul Henning Krogh, Kaj Henriksen, Bent Halling-Sørensen, Gerda Krogh Mortensen (2001): Risk assessment of chemicals in sludge used in agriculture. Presentation at the Seatac conference "ORGANIC SOIL CONTAMINANTS 2001" in Copenhagen.

Torben Madsen, Margrethe Winther-Nielsen and Dorte Rasmussen (2000): Studies on the fate of linear alkylbenzene sulfonates (LAS) in sludge and sludge-amended soil. 5th World Surfactants Congress. Firenze May 29 – June 2, 2000

Rasmussen D., N. Lehmann, C. Helweg, J.J. Sloth, S. Bøwadt & K. Holst (1999). Exposure assessment of Tunnel Boring Chemicals in Landfill

Material. Presentation at SETAC-Europe 10th annual meeting in Cardiff.

Rasmussen D. (1998). Præsentation ved en workshop omkring risikovurdering af anvendelse af organisk affald på landbrugsjorden. Afholdt på VKI i april 1998.

Rasmussen D. (1999). Præsentation ved en workshop omkring risikovurdering af anvendelse af organisk affald på landbrugsjorden. Afholdt den 27. oktober 1999.

Afholdte møder og konferencer

Arrangement og deltagelse i workshop omkring risikovurdering af anvendelse af organisk affald på landbrugsjorden. Afholdt på VKI i april 1998.

Arrangement af et temamøde omkring risikovurdering. Afholdt den 27. oktober 1999.

PROJEKT 7: DRIFT AF MARKFORSØG.

Projektgruppe

Projektleder: Jens Petersen, seniorforsker (Danmarks Jordbrugs-Forskning)

Projekt medarbejdere: Søren O. Petersen, seniorforsker (Danmarks JordbrugsForskning)

Erik Damgård, daglig leder af Askov Forsøgsstation (DanmarksJordbrugs-Forskning)

Budget 1997-2001

Løn	Kr. 846.500,00
Drift	Kr. 486.500,00
Overhead	Kr. 266.600,00
Total	Kr. 1.599.600,00

Der er indregnet, at der er sket en konvertering af 78.500 fra drift til løn, jfr. tidligere statusrapporter og korrespondance.

Projektets mål og strategiske sigte

Formålet med driften af markforsøg er at etablere og vedligeholde et fastliggende markforsøg, der dels vil fungere som basisapparat for de øvrige projekter og dels belyse selvstændige spørgsmål vedrørende jordbrugsmæssig anvendelse af affaldsprodukter.

Målet med de fastliggende markforsøg er således, at:

- stille dyrket jord til rådighed for validering af resultater fra processtudier foretaget under laboratorie forhold
- evaluere gødningsværdien af de udvalgte affaldsprodukter

- karakterisere effekten af affaldsanvendelsen på jord og plantekvalitet under naturlige dyrkningsforhold.

Til opfyldelse af målene er der i hele projektperioden leveret portioner af affald og jord til de øvrige projekter i centret. Denne koordinering sikrer, at alle i dette tværinstitutionelle center arbejder med samme materiale. Desuden er der i 2000 leveret plantemateriale til analyse for miljøfremmede stoffer.

Gødningsvirkningen af affaldsprodukterne er evalueret i markforsøg på baggrund af reflektantmålinger (relateret til biomasseproduktionen) samt udbyttet ved høst. Dette mål er meget anvendelsesorienteret, og det baserer sig grundlæggende på metoder, den almindeligvis benyttes til gennemførelse af dyrkningsforsøg i marken.

Selve karakterisering af affaldsanvendelsen på jord og plantekvalitet sker mht. miljøfremmede stoffer i andre projekter under centret. Målet i dette projekt var at fremskaffe og levere prøver af jord og plantemateriale, der under naturlige dyrkningsbetingelser har været udsat for påvirkning af praksisnære anvendelse af samfundets affaldsprodukter. Det overordnede mål i centret var at sammenholde effekterne under naturlige betingelser med effekter opnået i vandkultur- og pottforsøg under kontrollerede betingelser i væksthuse/laboratorier. Effekten på plantekvaliteten karakteriseres desuden ved analyse af næringsstoffoptagelsen (kvælstof, fosfor og kalium) i den høstede afgrøde, samt relevante agronomiske parametre.

Videnskabelige resultater

Et af formålene i dette projekt har været, at

- levere jord og affald til i de øvrige projekters forsøgsarbejde,
- levere prøver af jord, affald og afgrøde fra markforsøget til de øvrige projekter med henblik på bestemmelse miljøfremmede stoffer,
- leverer klimadata til risikovurdering og fortolkning af resultater opnået i de øvrige projekter, samt
- stille forsøgsareal til rådighed for micro-plot forsøg udført i de øvrige projekter.

De videnskabelige resultater, der er opnået ved ovenstående aktiviteter, fremgår af slutrapporteringen for de projekter, der har modtaget materiale og informationer.

Det andet formål har været at gennemføre dyrkningsforsøg med en realistisk jordbrugsmæssig anvendelse af affaldsprodukter. Dette er sket på Askov og Lundgård forsøgsstationer i perioden 1998-2000. Der foreligger en omfattende forsøgsbeskrivelse, som kan findes på Centrets interne hjemmeside (<http://www.risoe.dk/landuse>).

Forsøgene adskiller sig fra tidligere forsøg på tre måder:

1) I tidligere forsøg blev affaldsprodukter tilført i mængder, der sikrede afgrødens kvælstofforsyning. I stedet er der i de udførte forsøg anvendt tilførselsrater, som tager udgangspunkt i den tilladelige fosfortilførsel. Således afstemt med Slambekendtgørelsen, vil kvælstofmængden være sub-optimal for kornafgrøder, hvilket medfører et behov for tilførsel af supplerende kvælstof. Forsøget blev udført med og uden supplerende kvælstof, samt i tilførselsrater svarende til 1× og 3× normal årlig rate.

2) Belysning af affaldsprodukters gødningsværdi er almindeligvis sket ved sammenligning af kun eet produkt overfor en handelsgødningsreference. En sammenligning af resultater opnået i forskellige forsøg, udført under forskellige omstændigheder, har derfor været forbundet med vanskeligheder. I dette forsøg undersøges gødningsvirkningen af 2 typer kommunalt spildevandsslam (aerobt og anaerobt), 1 husholdningskompost og 1 fast staldgødning (organisk reference) overfor en handelsgødningsreferencekurve.

3) Tidligere forsøg har ofte fokuseret på belastningen med tungmetaller. Ved en jordbrugsmæssig anvendelse af affaldsprodukter i overensstemmelse med Slambekendtgørelsen vil tilførslen af tungmetaller være beskeden og anses derfor ikke som et problem. Centrets aktiviteter fokuserer derimod på organiske miljøfremmede stoffer. I øvrigt blev det fundet, at både koncentrationen og tilførslen af Cu og Zn var højere ved anvendelse af fast staldgødning end ved anvendelse af spildevandsslam.

I forbindelse med håndteringen af affaldsprodukterne er der indsamlet en lang række analyseresultater, dels foretaget i centrets projekter og dels fra den løbende produktionskontrol på anlæggene. Resultaterne er sammenstillet og forventes udgivet som en intern rapport fra Danmarks JordbrugsForskning, med henblik på rundsending til projektdeltagerne og øvrige interesserede.

På baggrund af besigtigelse af forsøgene, reflektantmålinger i strækingsfase og udbytteresultaterne er det klart, at ved tilførsel af en mængde svarende til 1× affaldsrate er der behov for supplerende mineralsk kvælstof. Ved 3× affaldsrate, svarende til tilførsel af 1× affaldsrate hvert tredje år, kan nogle affaldstyper give et nogenlunde udbytte, mens andre affaldstyper fortsat kræver supplerende mineralsk kvælstof. Ved tilførsel af supplerende mineralsk kvælstof giver nogle affaldstyper imidlertid et mindre udbytte i forhold til det handelsgødede referenceled. Der forekommer således en trefaktor vekselvirkning mellem affaldstype, affaldsrate og rate for supplerende kvælstof. Da denne er vanskelig at fortolke, er der foretaget en opdeling, hvor virkningen af affaldstype og affaldsrate belyses for hvert af de to niveauer for supplerende kvælstof.

På grundlag af resultaterne for forsøgsled uden supplerende kvælstof i handelsgødning er der beregnet værdital i forhold til handelsgødningsreferencekurven (for statistisk beregningsmetode samt fuld beskrivelse af resultaterne henvises til artikel, der fremsendes i maj 2001). Værditallet udtrykker hvor mange kg N i handelsgødning der skal anvendes til erstatning for 100 kg N i affald. Beregnet for relationen mellem afgrødens

kvælstofoptagelse og total-N tilførsel er der for komposteret husholdningsaffald fundet et værdital på kun 8. For fast staldgødning er værditallet 29, mens det for anaerobt og aerobt spildevandsslam er henholdsvis 32 og 53. Resultaterne viser således, at spildevandsslam har en gødningsværdi svarende til eller bedre end fast staldgødning, mens det lave værdital for kompost betyder, at det er tvivlsomt i hvilken grad anvendelse af dette produkt vil kunne finde udbredelse i landbruget. Forskellen mellem de to slamtyper kan sandsynligvis henføres til forskelle i rensprocessen. I forhold til tidligere dyrkningsforsøg med henblik på beregning af værdital for spildevandsslam, så formodes det, at forbedring af renseanlæggenes rensproces op gennem 80'erne og 90'erne har øget værditallet for slam.

Der er også foretaget beregninger af værditallet på grundlag af tilført ammonium-kvælstof, som for husdyrgødning almindeligvis er et godt udtryk den mængde kvælstof, der kan tillægges gødningsværdi. Et værdital på 100 beregnet på ammonium-basis svarer således til, at det målte indhold af ammonium-kvælstof har samme gødningsvirkning som handelsgødning. For komposteret husholdningsaffald og fast staldgødning er det fundet, at denne antagelse er rimelig. Derimod er det for de to slamtyper fundet, at disse har en gødningsvirkning på 1.6-2× ammoniumindholdet. Dette betyder, at spildevandsslam har en bedre gødningsvirkning end ammoniumindholdet udtrykker og, at analysemetoden ikke er velegnet til at estimere gødningsvirkningen af spildevandsslam. Også dette kan hænge sammen med forbedret rensproces, idet dagens slam i højere grad består af mikrobiel biomasse (protein), der ikke måles med ved bestemmelsen af ammoniumkvælstof, men som nedbrydes i jorden og medfører en gødningsvirkning.

Ved tilførsel af supplerende kvælstof til led med 1× affaldsrate blev der ikke opnået merudbytte, men derimod gav forsøgsled tilført slam eller kompost et mindre udbytte end referenceledet. Ved en forøgelse af affaldsraten til 3×, gav kompost i kombination med suppleringskvælstof fortsat et mindre udbytte. Disse mindre udbytter kan skyldes, at en del af det mineralske kvælstof i handelsgødningen immobiliseres ved omsætningen af det organiske affald. Kun ved 3× anaerobt slam og fast staldgødning i kombination med suppleringskvælstof blev der opnået merudbytte i forhold til handelsgødningsreferencen. Dette betyder, at den for slam og fast staldgødning ellers gode virkning kan reduceres ved samtidig anvendelse af handelsgødning.

Der er ikke konstateret forskelle i afgrødens fosforoptagelse. Danske agerjorde, herunder også de anvendte forsøgsarealer, har generelt en god fosforstatus og mangelproblemer forekommer sjældent. Derfor må fosfortilførsel betragtes som vedligeholdelsesgødskning, og her er alle de anvendte affaldsprodukter potentielle virkemidler.

Forsøgsarealernes kaliumstatus har også været god, men jordens bufferkapacitet er mindre end for fosfor, så derfor kan mangel lettere opstå. Ved anvendelse af husholdningskompost og fast staldgødning har tilførslen være tilstrækkelig til at forsyne afgrøden med kalium. Derimod kan kalium ikke tilbageholdes i spildevandsslam. Indholdet er derfor meget lavt, og ikke i stand til at dække afgrødens behov. Dette betyder, at der

ved anvendelse af spildevandsslam bør foretages supplerende kaliumgødskning.

I en del af forsøget blev der udlagt græs med henblik på at opnå et udtryk for eftervirkningen af de tilførte affaldsprodukter. Generelt var plantebestanden jævn, men meget svag. Plantemassen var så svag, at det ikke var muligt at anvende normal procedure for græshøst. Dette indikerer, at eftervirkningen var meget beskednen. Dette tyder generelt på et meget lavt mineraliseringsbidrag fra det tilførte affald.

Bearbejdning af data med henblik på udarbejdelse af en artikel er foretaget, og denne fremsendes til internationalt tidsskrift i løbet af maj 2001.

Samarbejde og forskeruddannelse

Internt, Nationalt og Internationalt samarbejde

Et af projektets mål har været at levere jord- og planteprøver indsamlet i det udførte markforsøg til de øvrige projektdeltagere i centret. I 1999 blev der foretaget ekstra udtagning af jordprøver fem gange i vækstsæsonen i udvalgte forsøgsled til et projekt Risø havde sammen med LAS-industrien.

Jens Petersen har deltaget i planlægning og afholdelse af konference i regi af Nordiske Jordbrugsforskeres forening (NJF). I øvrigt intet forpligtende samarbejde, men kontakt til en række kollegaer i både ud- og indland vedr. anvendelse af affaldsprodukter som næringsstofkilde i landbruget.

På trods af deltagelse i 3 forskellige nationale grupperinger har det ikke været muligt, at finde finansiering til forsøgenes fortsættelse med henblik på belysning af en eventuel langtidsvirkning af jordbrugsmæssig anvendelse af spildevandsslam og husholdningskompost.

Uddannelse

Der er ikke indgået uddannelsesforløb i projektet.

Publikationer

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998-2002	0	2	4	(1)	4	3

Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur

Ingen

Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger

Petersen, J. (1999) Legislation in Denmark and nutrient value of waste products. I: Petersen, J. & Petersen, S.O. (eds.) Use of municipal organic waste. Proceedings of NJF seminar no. 292, November 23-25, 1998, Agricultural Research Centre, Jokioinen, Finland, p13-18.

*Petersen, J. (2001) Review of Danish field experiments with sewage sludge and composted household refuse as a fertilizer source. In: Dhir, R.K., Limbachiya, M.C. & McCarthy, M.J. (Eds.) Recycling and Reuse of Sewage Sludge. Thomas Telford Publishing. Proceedings of the International Symposium at University of Dundee, Scotland, UK, 19-20 March 2001, p. 175-189.

Formidlende artikler

Petersen, J., 1997. Slam som kilde for organisk stof og næringsstoffer i plantedyrkingen. Tidsskrift for Landøkonomi 184 (1): 48-54.

*Petersen, J. 1998 Prøvetagning og analyse af husdyrgødning. Danmarks JordbrugsForskning, rapport Markbrug Nr. 6, 55pp. Centret har her bidraget med resultater vedr. prøvetagning af affaldsprodukter.

Petersen, J. (1999) Affald som næringsstofkilde. Vand & Jord 6 (2) 60-62.

Petersen, S.O. & Petersen, J. (2000) Jordbrugsmæssig værdi af organisk affald. Vand & Jord 7 (4) 140-143.

Petersen, J. (2001) Gødningsværdi af organisk affald. JordbrugsForskning 5 (8), 1-3. Petersen, J. (2001) Gødningsværdi af organisk affald. Det strategiske Miljøforskningsprogram, Miljøforskning nr. 49, p. 20-22.

Petersen, J. (2001) Karakterisering af affaldsprodukter anvendt i markforsøg ved Askov og Lundgård forsøgsstationer i 1998-2000 under Centret for Bæredygtig Arealanvendelse og Forvaltning af Miljøfremmede Stoffer, Kulstof og Kvælstof. Intern rapport nr. 144, DJF, Foulum. 32pp.

Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur

Petersen, J. & Petersen, S.O. Fertiliser value of sewage sludge, composted household waste and farmyard manure. Indsendt.

Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer

Petersen, J. 1997 Det kgl. Danske Landhusholdningsselskab's Akademiråd Slam - gødning eller gift. 21. november 1996; indlæg af J. Petersen: Slam som kilde for organisk stof og næringsstoffer i plantedyrkingen.

Petersen, J. 1998 Nordiske Jordbrugsforskernes forening seminar no. 292, November 23-25, 1998, Agricultural Research Centre, Jokioinen, Finland; indlæg af J. Petersen: Legislation in Denmark and nutrient value of waste products.

Petersen, J. 1999 DAKOFAkonference i København om Genanvendelse af organiske restprodukter i bæredygtigt jordbrug, 16. november 1998; indlæg af J. Petersen: Affald som næringsstofkilde.

*Petersen, J. 2001 International Symposium at University of Dundee, Scotland, UK, 19-20 March 2001; indlæg af J. Petersen med tilten Review of Danish field experiments with sewage sludge and composted household refuse as a fertilizer source.

*Petersen, J. (2001) Review of Danish field experiments with sewage sludge and composted household refuse as a fertilizer source. In: Dhir, R.K., Limbachiya, M.C. & McCarthy, M.J. (Eds.) Recycling and Reuse of Sewage Sludge. Thomas Telford Publishing. Proceedings of the International Symposium at University of Dundee, Scotland, UK, 19-20 March 2001, p.175-189.

Afholdte møder og konferencer

NJF (Nordiske Jordbrugsforskernes forening) seminar no. 292, November 23-25, 1998, Agricultural Research Centre, Jokioinen, Finland. Centret deltog med 3 indlæg og 2 posters. J. Petersen var medarrangør. Der foreligger: Petersen, J. & Petersen, S.O. (eds.) Use of municipal organic waste. Proceedings of NJF seminar no. 292, November 23-25, 1998, Agricultural Research Centre, Jokioinen, Finland.

Centerkomitémødet den 20/5-99 blev afholdt på Askov Forsøgsstation med henblik på projektledernes besigtigelse af markforsøget.

Fagsymposie om feltaktiviteterne blev afholdt på Askov Forsøgsstation den 17/6-99 med deltagelse af bl.a. Erik Steen Kristensen, centerleder for Forskningscenter for Økologisk Jordbrug. Mødet omfattede helt naturligt en markvandring.

PROJEKT 8: FOREKOMST OG MILJØMÆSSIGE EGENSKABER AF ANTIBIOTIKA I ORGANISK AFFALD.

Projektgruppe

Projekt leder: Bent Halling-Sørensen, lektor, lic.pharm., Sektion for Miljøkemi, DFH

Projekt medarbejdere: Jette Tjørnelund, lektor, lic.pharm., Sektion for Analytisk Kemi, DFH

Steen Honoré Hansen, professor, dr. pharm., Sektion for Analytisk Kemi, DFH

Sven Erik Jørgensen, docent, dr. scient., Sektion for Miljøkemi, DFH

Ole Kusk, lektor, lic.scient., Institut for Miljøteknologi, DTU.

Niels Nyholm, lektor, lic.scient., Institut for Miljøteknologi, DTU.

Leah Wollenberger, civ.ing, Institut for Miljøteknologi, DTU.

Mette Rabølle, forsker, cand.agro, Afdeling for Plantebeskyttelse, DJF.

Niels Henrik Spliid, seniorforsker, Ph.D., Afdeling for Plantebeskyttelse, DJF.

Arne Helweg, afd.leder, dr. agro. Afdeling for Plantebeskyttelse, DJF.

John Jensen, forsker, cand.scient., DMU

Paul Henning Krogh, seniorforsker, Ph.D, DMU

Flemming Ingerslev, adjunkt. Ph.d, DFH

Hans Christian Holten Lützhøft, forskningsadjunkt, ph.d., DFH

Ph.D. studerende: Marie Louise Christoffersen, civ.ing. finansieret af
Centret for Bæredygtig Arealanvendelse.

Budget 1997 - 2001

Løn	Kr. 1.969.371,00
Drift	Kr. 1.370.864,00
Overhead	Kr. 668.046,00
Total	Kr. 4.008.281,00

Projektets mål og strategiske sigte

Formålet med nærværende projekt er at undersøge:

- tilstedeværelsen og skæbnen af udvalgte antibiotika og antibiotika metabolitter i organisk affald.
- binding og nedbrydning af udvalgte antibiotika til jord og jord/organisk affald blandinger.
- screening for økologiske effekter af udvalgte antibiotika og deres metabolitter.

Følgende modelantibiotika er valgt; tylosin, olaquinox, oxytetracyklin og metronidazol, på grundlag af forbrug, fysisk kemiske egenskaber og metabolitdannelse til sorptions og nedbrydningsstudierne i organisk affald, jord og overfladevand.

Følgende modelantibiotika er valgt; tylosin, olaquinox, oxytetracyklin, metronidazol, tetracyklin, sulfadiazin, streptomycin, oxilinsyre, tiamulin, til effektstudierne ud fra en betragtning om at dække et antal relevante antibiotikatyper.

Derudover vil et antal dannede hovedmetabolitter i nedbrydningsstudierne, blive undersøgt om de har bibeholdt deres bakterielle aktivitet.

Hertil er det været nødvendigt at udvikle analytisk kemiske metoder til bestemmelse af stofferne i organisk affald, jord og vand.

En farlighedsvurdering vil, som start på en egentlig risikovurdering, blive udført på grundlag af opnåede data omkring tilstedeværelse, skæbne

og effekter af antibiotika og antibiotika metabolitter, hvorved det bliver muligt at identificere behovet for fremtidig forskning i mere komplekse systemer af organisk affald, jord og afgrøder.

Følgende delmål har været inddraget i årets aktiviteter i overensstemmelse med projektplanen:

Udvikling af analytiske metoder for identificering og kvantificering af antibiotika og antibiotikametabolitter.

Bestemmelse af nedbrydningen i gylle under metanogene forhold.

Bestemmelse af nedbrydningen i jord/gylle og jord/slam under denitrificerende og aerob forhold.

Bestemmelse af nedbrydningen i overfladevand

Sorption til og mobilitet i jord.

Effektbestemmelse for udvalgte antibiotika på krebsdyr, alger, bakterier og jordorganismer.

Videnskabelige resultater

Projektet har givet viden om følgende (arbejdet er publiceret i mere end 20 artikler i tidsskrifter med peer review ordning – se referenceliste):

- Akkumulering og mobilitet i jordmiljøet for 4 udvalgte modelantibiotika er undersøgt. Projektet viser at mobiliteten af de fire undersøgte stoffer strækker sig fra meget mobile stoffer (metronidazole og olaquinox) til meget lidt mobile stoffer (tylosin og tetracykliner).
- Den aerob såvel som anaerob primære nedbrydningen er undersøgt. Tylosin nedbrydes hurtigt hvorimod tetracykliner er meget persistente. Flere hovedmetabolitter af eksempelvis tetracykliner er påvist i forskellige matricer.
- Nedbrydning af 4 modelstoffer er fulgt i gylle. Tetracykliner fandtes at bindes kraftigt til gylle og at persistere i form af nedbrydningsproduktet beta-apo-OTC. Samme nedbrydningsprodukt er ligeledes fundet som et af hovednedbrydningsprodukterne i jordvand.
- Antibiotika og nedbrydningsprodukter er meget potent overfor mikroalger og til dels jordbakterier. Et overraskende resultat var at visse tetracyklin nedbrydningsprodukter har effekter på tetracyklinresistente jordbakterier. Det viser at disse nedbrydningsprodukter har en virkningsmekanisme forskellig fra moderstofferne.
- Toksicitetsstudier på krebsdyr viste at antibiotika i akuttox test kun var meget lidt potent. I kroniske toksicitetstest på krebsdyr fandtes stofferne dog langt mere potente. Studierne blev gennemført på 8 stoffer.

- Toksicitetsstudier på regnorme og springhaler viste at antibiotika i akuttox test kun var meget lidt potent. I kroniske toksicitetstest på krebsdyr fandtes stofferne dog lidt mere potente. Indirekte effekter blev ikke undersøgt.
- En række kemiske analysemetoder herunder opkoncentreringsteknikker (SPE og SPME) er udviklet til analyse af antibiotika i følgende matricer:
 - vand
 - jord
 - gylle
 - jordvand

I år 2000 er følgende opnået:

- Primærnedbrydning og identificering af modelstoffer under denitrificerende forhold

Vi har fulgt nedbrydningen under denitrificerende forhold for Metronidazol, Tylosin og Olaquinox. Nedbrydningen foregår generelt langsommere end den aerob nedbrydning. Publikation er under udarbejdelse.

- Analyse af jordprøver fra markforsøg ved Askov og Lundsgård.

Analysemetoder til analyse og opkoncentrering af Tylosin, Chlortetracycline og Sulfadimidine er udviklet og flere hundrede prøver fra markforsøgene er analyseret. Det har været særligt vanskeligt at ekstrahere chlortetracycline fra jorden da stoffet binder sig meget hårdt. Disse metoder vil blive publiceret i år 2001. Tetracyclinerne er meget persistent under markforsøgene, hvorimod tylosin og sulfonamiderne primære nedbrydning foregår rimeligt hurtigt ($t_{1/2} = 10-20$ dage). En række metabolitter for alle tre modelstoffer er detekteret i prøverne.

- Effekstudier på bakterier (slam og jordbakterier) af udvalgte metabolitter/ nedbrydningsprodukter.

Et omfattende studie om tetracycline metabolitters /nedbrydningsprodukters toksicitet på slam og jordbakterier er afsluttet i år 2000. Vi har identificeret 4 chlortetracyklin nedbrydningsprodukter der dannes i miljøet og som nogenlunde har samme potens som moderstoffet. Kun et nedbrydningsprodukt er mere potent. Kendte sulfonamid og tylosin metabolitter er mindre toksiske end moderstofferne. En artikel i samarbejde med statens veterinære seruminstitut (SVS) er submitted til Environ. Tox. & Chem.

Ud fra de i projektet opnåede data (toksdata, fordelingskoefficienter, nedbrydningsdata (abiotisk og biotisk) samt farmakologisk viden om stofferne), er der for udvalgte veterinære antibiotika udført en risikovurdering på screeningsniveau. Ud fra disse beregninger kunne det ikke

umiddelbart udelukkes, at nogle af disse stoffer kan have effekter på jordens organismer.

Samarbejde og forskeruddannelse

Internt, Nationalt og Internationalt samarbejde:

Projektet samarbejder med følgende danske og udenlandske forskere – fælles artikler og projekter som er udsprunget af projekt 8.

Nationalt:

Seniorforsker, ph.d. Lars Bogø Jensen, Statens Veterinære Seruminstitut (SVS)

Forsker, ph.d. Gitte Sengeløv, Statens Veterinære Seruminstitut (SVS)

Internationalt:

Dr. A. Boxall, Cranfield University, UK

Dr. M. Montforts, RIVM, Holland

Dr. Johannes Tolls, RIVM, Holland

Dr. Thomas Ternes, EEA, Wiesbaden, Tyskland

Prof. Klaus Kummerer, Freiburg University

Prof, Tarrazona, Spain

Miljøgruppen på DFH har editeret et særnummer af tidsskrift *Chemosphere*, omkring lægemidler og miljøet. Hertil har 12 af bidragsyderne været internationale forskere. Særnummeret blev udgivet i april 2000.

Bent Halling-Sørensen har derudover løbende samarbejde med Prof. Klaus Kummerer fra Freiburg Universitet i Tyskland omkring antibiotika og miljøet. Et specielt symposium om emnet er under udarbejdelse.

Bent Halling-Sørensen har som fortsættelse på projekt 8, sammen med Prof. A. Boxell, Cranfield University, England; Prof J. Hermens Ritox, Holland og Dr. Montforts RIVM, Holland fået en 15. mio. kr bevilling fra EU samt et delprojekt sammen med SVS (Seniorforsker Lars Bogø Jensen) fra SJVF på 650.000.- kr for at fortsætte igangværende studier i projekt 8.

Uddannelse

Ph.D. (4 afhandlinger. 2 afsluttet og 2 under udarbejdelse).

Flemming Ingerslev (ph.d. pharm) (tilknytning til centret, men finansieret af anden bevilling)

Hans Chr. Holten Lützhøft (ph.d. pharm.) (tilknytning til centret, men finansieret af anden bevilling)

Marie Louise Loke – finansieret af centret. Planlægger at forsvare afhandling efter barselsorlov

John Jensen (DMU) tilknytning til centret, men finansieret af anden bevilling) planlægger at forsvare afhandling i 2002.

MSc. (2 afhandlinger i center specifikke projekter)

Hai Ping Ma, cand pharm, 2000 En vurdering af to bakterietoksistetsmetoder samt et kig på abiotiske reaktioners virkning på antibiotikas toksicitet på slambakterier. , DFH

Signe Simonsen, cand pharm 2000. Antibiotikas effekt på nitrifikationen, DFH

Publikationer

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende Artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998-2000	17	0	7	7	16	7

Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur

Halling-Sørensen, B., Nors Nielsen,S., Lanzky, P.F., Ingerslev, F., Lützhøft H.C., and S.E. Jørgensen (1998). Occurrence, Fate and Effects of Pharmaceuticals in the Environment - A review. *Chemosphere Vol 36 (2) pp 357-393* .

Jørgensen S.E., Lützhøft, H. C. and Halling-Sørensen, B.(1998) Development of a Model for Environmental Risk Assessment of Growth Promoters, *Ecol. Modelling. Vol. 107 No 1 pp 63-72*

Holten-Lützhøft H.C., B. Halling-Sørensen and S.E. Jørgensen. (1999) Algal Toxicity of Antibacterial Agents Applied in Danish Fish Farming. *Arch. Environ. Contam. Toxicol. Vol 36, pp 1-6.*

Holten Lützhøft, H.-C., Vaes, W.H.J., Freidig, A.P., Halling-Sørensen, B. and Hermens, J.L.M. (2000) 1-octanol/water distribution coefficients of oxolinic acid: Influence of pH and its relation to the interaction with dissolved organic carbon. *Chemosphere* Vol 40 (7) pp 711-14.

Holten Lützhøft, H.-C., Vaes, W.H.J., Freidig, A.P., Halling-Sørensen, B. and Hermens, J.L.M. (2000) Influence of pH and other modifying factors on the distribution behavior of 4-quinolones to solid phases and humic acids studied by "negligible-depletion" SPME-HPLC. *Environ. Science and Tech.* Vol. 34: 4989-94

Jørgensen, S.E. and Halling-Sørensen, B., (2000) □Drugs in the Environment □ Editorial. *Chemosphere* Vol 40 (7) pp 691-99.

Halling-Sørensen, B. (2000) Algal toxicity of antibacterial agents used in intensive farming. *Chemosphere* Vol 40 (7) pp 731-39.

Loke, M.L., Ingerslev, F., Halling-Sørensen, B., and Tjørnelund, J. (2000) Stability of Tylosin A in Manure Containing Systems determined by High Performance Liquid Chromatography. *Chemosphere* Vol 40 (7) pp 759-65.

Rabølle og Spliid (2000) Sorption and mobility of metronidazol, Olaquinox, Oxytetracycline and Tylosin in soil. *Chemosphere*, 40(7) pp 723-30

Bauger, AJ, Jensen J and PH Krogh (2000) Effects of the antibiotics oxytetracycline and tylosin on soil fauna *chemosphere* 40(7) pp 751-57.

Wollenberger, L., Halling-Sørensen, B., and Kusk, K.O. (2000) Acute and chronic toxicity of veterinary antibiotics to *Daphnia magna*. *Chemosphere* Vol 40(7) pp 723-30.

*Stuer-Lauridsen, F., Birkved, M., Hansen, L.P., Holten Lützhøft, H-C and Halling-Sørensen, B., (2000) Environmental assessment of human pharmaceuticals in Denmark after normal therapeutical use. *Chemosphere* Vol 40 (7) pp 783-93.

Ingerslev, F., and Halling-Sørensen, B. (2000) Biodegradability properties of sulphonamides. *Environ. Tox and Chem.* Vol 19(10) pp 2467-2473.

Ingerslev, F., and Halling-Sørensen, B. (2000) Biodegradability of metronidazole, olaquinox, and tylosin, and formation of tylosin degradation products in aerobic soil/manure slurries. *Ecotox. and Env. Safety* 48: 311-320

Ingerslev F., Toräng, L., Loke, M.L. Halling-Sørensen, B., and Nyholm, N., (2001) Primary biodegradation of veterinary antibiotics in aerobic and anaerobic surface water simulation systems. *Chemosphere*

*Halling-Sørensen, B., Holten Lützhøft, H.C., Andersen, H.R., and Ingerslev, F. (2000) Environmental Risk Assessment of Antibiotics; Compari-

son of Mecillinam, Trimethoprim and Ciprofloxacin. *J. Microbial Chemotherapy (JAC)* Vol. 46 suppl. S1. pp 53-58.

Halling-Sørensen, B. (2001) Sludge toxicity of antibacterial agents quantified as inhibited nitrification and aerobic sludge growth. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*

Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur

Halling-Sørensen, B. Jensen, J and Tjørnelund J. Worst-case estimations of predicted environmental soil concentrations (PEC) of selected veterinary antibiotics and residues. *Regulatory Toxicology and Pharmacology (Submitted)*.

*Holten Lützhøft, H.C., Halling-Sørensen, B., Guardabassi, L., Ingerslev, F., and Tjørnelund, J., Establishing sediment concentration of oxolinic acid in and around a Danish Fish Farm. *Aquaculture* (submitted).

Halling-Sørensen, B, Sengeløv, G and J Tjørnelund (submitted) Toxicity of Tetracycline's and Tetracycline Degradation Products to Environmental Relevant Bacteria including selected Tetracycline Resistant Bacteria, *Env. Tox and Chem*.

Loke, M-L, Vreeken R, Halling-Sørensen, B, Tjørnelund J. Development of an LC-MS/MS method for analysing OTC and three degradation products in a manure-containing matrix. Indsendt til *J. Chromatography B*.

Loke, M-L., , Tjørnelund J, Halling-Sørensen B, Determination of the distribution-coefficient (log K_d) of OTC, TYL A, OLA and MET in manure. Submitted til *Chemosphere*.

Halling-Sørensen, B, Sengeløv G, Tjørnelund J, Jensen, LB, Lützhøft HC, Ingerslev F. Fate and effects of tetracycline degradation product formed in porewater. Submitted

Halling-Sørensen, B, Tjørnelund J, Lützhøft HC, Ingerslev F. Degradation of tetracyclines, makrolides and sulphonamides in the soil column. Submitted

Formidlende artikler

Jensen, J & Løkke, H. Kemiske stoffer i landbruget. Tema-Rapport nr. 19 fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Halling-Sørensen mfl. Antibiotika I gylle, slam og jord. 1999. Vand og jord nr 6 pp 8-12.

*Ingerslev, F., Holten Lützhøft, H.C. og Halling-Sørensen, B., (1999) Humant anvendte lægemidlers vej til miljøet går gennem rensningsanlægget. *Dansk Kemi*, 80(6/7) pp 22-25.

*B. Halling-Sørensen m.fl. (1999) Miljørisikovurdering af lægemidler. *Lægemiddelforskning 1999*, s. 24-25, udgivet af Danmark Farmaceutiske Højskole (in danish).

*Tjørnelund, J., Loke, M.L., Halling-Sørensen, B., og Hansen, S.H. (1999) På sporet af antibiotika i miljøet. *Lægemiddelforskning 1999* s. 26-27 udgivet af Danmark Farmaceutiske Højskole (in danish).

Tjørnelund, J., Loke, M.L., og Halling-Sørensen, B. (1999) Analyse af antibiotika i miljøet. Vand og jord Vol. 6(december) pp 126-127.

*Halling-Sørensen B., and Tjørnelund, J. (2000) Dansk Kemi
*centerrelateret aktivitet

Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer

Jensen, J. (1998) *Veterinære lægemidler og vækstfremmere i miljøet 98*. ATV-Konference om diffuse forureninger på landbrug og byjord. Schæffergården, Gentofte, København. Mundligt indlæg.

Halling-Sørensen, B., et al. (1998) Occurrence and environmental properties of antibiotics used in danish agriculture. Mundlig præsentation ved SETAC-europe, 8th annual meeting 11 - 14 april , Bordeaux, Frankrig.

Lützhøft, H.C.H., Halling-Sørensen, B. and Jørgensen, S.E. (1998) Algal toxicity of antibiotics in Danish fish farming. Mundlig præsentation ved SETAC-europe, 8th annual meeting 11 - 14 april , Bordeaux, Frankrig.

Ingerslev, F., Lützhøft, H.C.H., Halling-Sørensen, B. (1998) Hazard identification and biodegradation of three high volume veterinary drugs. Mundlig præsentation ved SETAC-europe, 8th annual meeting 11 - 14 april , Bordeaux, Frankrig.

Christoffersen, M.L. (1998) Antibiotika - fra indgivelse i dyr og mennesker til jordmiljøet. mundligt indlæg på DAKOFAs møde den 16. november om genanvendelse af organiske restprodukter i bæredygtigt jordbrug. Ingeniørhuset. København V.

Lützhøft, H.-C.H, Halling-Sørensen, B. og Jørgensen, S.E. Algal Toxicity of Antibacterial Agents. Poster præsentation. SETAC 19th annual meeting. 15-19 november 1998. Charlotte Convention Center. Charlotte, North Carolina, USA.

Halling-Sørensen (1999) Lægemidler I miljøet.. ATV-Konference om nye forureninger, Gentofte, København. Mundligt indlæg.

Angel AJ, Poster ved ved SETAC-europe, 9th annual meeting Leipzig, Tyskland.

Lützhøft, H.C.H., Mundlig præsentation ved SETAC-europe, 9th annual meeting Leipzig, Tyskland.

Halling-Sørensen, Poster ved ved SETAC-europe, 9th annual meeting Leipzig, Tyskland.

Wollenberger, Poster ved ved SETAC-europe, 9th annual meeting Leipzig, Tyskland.

Flemming Ingerslev, Foredrag ved SETAC world konference, Brighton, UK

Hans Chrastian Lützhøft, Foredrag ved SETAC world konference, Brighton, UK

Bent Halling-Sørensen, Co-chairman ved SETAC world konference, Brighton, UK

Session om lægemidler og miljøet.

Arrangerede møder og konferencer

Ingen konferencer. Tre projektmøder årligt har været afholdt i 1998 og 1999, hvor projektets 4 deltagende institutioner har deltaget samt enkelte udefra interesserede. Deltagerantallet har hver gang været ca. 15.

Der har været afholdt et projekt møde med ekstern deltagelse , juni 00. DFH.

7/8 november 00. Minisymposium om antibiotika og miljøet afholdes på DFH. Ca 10 deltagere fra andre lande. Mødet er betalt af EU, 5th ramme-program.

SETAC world Brighton UK, maj 00. Session om antibiotika og miljøet organiseret sammen med Dr. K. Kummerer Freiburg Univ. Tyskland.

PROJEKT 9: TRANSPORT AF KULSTOF- OG KVÆLSTOFFORBINDELSER I SKOV OG PÅ LANDBRUGSAREALER MED OG UDEN SLAM-UDBRINGNING

Projektgruppe

Projektleder:	Lennart Rasmussen, programleder (Forskningscenter Risø, PBK)
Projekt medarbejdere:	Per Ambus, seniorforsker (Forskningscenter Risø, PBK) Claus Beier, seniorforsker (Forskningscenter Risø, PBK) Charlotte B. Hasager, forsker (Forskningscenter Risø, VEA) Niels Otto Jensen, seniorforsker (Forskningscenter Risø, VEA) Annelise Kjølner, lektor (Københavns Universitet, Afd. Generel Mikrobiologi) Teis Mikkelsen, seniorforsker (Forskningscenter Risø, PBK) Per Nørnberg, lektor (Århus Universitet, Geologisk Institut) Kim Pilegaard, seniorforsker (Forskningscenter Risø, PBK) Anders Priemé, post doc (Københavns Universitet, Afd. Generel Mikrobiologi) Helge Ro-Poulsen, lektor (Københavns Universitet, Botanisk Institut) Jan K. Schjørring, professor (Den Kgl. Veterinær- og Land-bohøjskole, Lab. for Planternes Ernæring)
Ph.D. studerende:	Ebba Dellwik (Forskningscenter Risø, VEA, 0 måneder og Forsker-akademiet) Ulla Lyngs Ladekarl (Århus Universitet, Geologisk Institut, finansieret af Centret for Bæredygtig Areal-anvendelse og Århus Universitet). Kent Høier Nielsen (Den Kgl. Veterinær- og Land-bohøjskole, finansieret af Centret for Bæredygtig Arealanvendelse).

Budget 1997 - 2001

Løn	Kr. 5.753.917,00
Drift	Kr. 2.581.000,00
Overhead	Kr. 1.666.983,00
Total	Kr. 10.001.900,00

Projektets mål og strategiske sigte

Det er projektets overordnede mål at undersøge transporten af kulstof- og kvælstofforbindelser til og fra skov- og agroøkosystemer set i relation til dannelsen af drivhusgasser og global change. Endvidere skal projektet bidrage til betydningen af udbringning af slam på marker for planteproduktion og ændringer i kulstof- og kvælstofbalancer. Projektet bidrager således til at forbedre videngrundlaget for den politiske og samfundsmæssige beslutningsproces på miljøområdet.

Delmål:

- at kvantificere og sammenligne transporten af gasformige og vandopløselige kulstof- og kvælstofforbindelser i skov- og landbrugsøkosystemer.
- at undersøge effekten af slamudbringning på transporten af kulstof- og kvælstofforbindelser i landbrugsøkosystemer.
- at undersøge udvaskningen af kulstof- og kvælstofforbindelser fra skov- og landbrugsøkosystemer.

Videnskabelige resultater

Projektet blev iværksat i oktober 1997 ved anlæg af en feltlokalitet ved Lille Bøgeskov, Gyrstinge, Sorø, bestående af et forsøgsområde i en 80 år gammel bøgeskov samt et forsøgsområde på de nærliggende landbrugsområder. Sidstnævnte område blev opdelt i 8 forsøgsparcer, hvoraf 4 blev udlagt som kontrolparceller og 4 blev behandlet med slam. Af hensyn til sammenligneligheden med projekt 7, blev der i 1998 dyrket vårbyg på marken med og uden slamtilførsel, mens der på de omgivende marker blev dyrket raps og vinterhvede. Men af hensyn til de atmosfæremæssige flux-målinger, som kræver store ensartede arealer med samme afgrøde, blev afgrøden i 1999 valgt til vinterhvede, som også blev dyrket på de omgivende marker. I år 2000 blev der igen valgt vårbyg som af-

grøde for at opnå størst mulige sammenlignelighed med projekt 7. Der blev bragt slam ud som i 1998, men denne gang blev kun halvdelen af forsøgspelterne tilført gylle, således at gyllens effekt kunne klarlægges.

Resultaterne fra planteproduktionsmålingerne på marken viste det første år, at høstudbyttet af vårbyg blev forøget med 10% i de slambehandlede parceller, og den overjordiske biomasse blev forøget med 20%, set i forhold til marker uden slamtilførsel. Slammet (900 kg C/ha) tilfører marken ca. 204 kg N pr. ha ud over de 40 kg N, som er tilført med kunstgødning og de 65 kg N, som er tilført med gylle. Det opnåede merudbytte svarer til resultaterne fra projekt 7 med tilførsel af slam plus 100 kg N pr. ha. Indholdet af N i kerner steg fra 2.06% til 2.33% ved slamudbringningen. Virkningen af slamudbringningen varede kun det første år, mens der det andet år, hvor afgrøden var vinterhvede, ikke kunne observeres nogen effekt af slamudbringningen på hverken biomasse, høstudbytte eller N-indhold. Ved gentagelse af vårbygforsøget i år 2000 blev det vist, at både kærneudbyttet og produktion af overjordisk biomasse blev forøget med ca. 30 % ved tilførsel af gylle. Slamtilførsel gav et merudbytte på ca. 15 %, mens slam plus gylle sammenlagt gav et merudbytte på ca. 35% for både kerner og overjordisk biomasse.

Der er foretaget kontinuerlige målinger af CO₂ og vanddamp fluxe i bøgeskoven og på det tilstødende landbrugsområde. Målingerne viste stor variation såvel over døgnet som over årstiderne. Sammenligningen mellem skov og mark reflekterer planternes vækstaktive periode. På årsbasis var bruttofluxen af CO₂ til skovøkosystemet for de to måleår henholdsvis 11,1 og 12,4 tons kulstof pr. ha. Men da den samlede respiration var forholdsvis større det andet år, 11,2 mod 9,4 tons kulstof pr. ha, har økosystemets netto kulstofbinding været størst det første år, nemlig 1,7 tons kulstof pr. ha mod 1,2 tons det andet år. Den større respiration det andet år skyldes især en højere temperatur i sommermånederne juli, august og september, mens økosystemets CO₂-binding kun var lidt højere det sidste år, hvilket hovedsagelig skyldes en solrig maj måned.

Nettoudvekslingen af CO₂ over de to lokaliteter (bøgeskov og hvedemark), der indgik i SMP-2 projektet, er blevet sammenlignet med nettoudvekslingen over en græsmark det samme år. Resultaterne viste, at græsmarken har netto-optagelse en stor del af året. Hvedemarken har en stærkt koncentreret nettooptagelse i vækstperioden (maj-august). Derefter er der et tab af CO₂ som følge af nedbrydning af resterende organisk stof i jorden. Bøgeskoven har ligeledes en koncentreret nettooptagelse fra maj til september, hvor der er blade på træerne. I resten af året er der et stort tab af CO₂ p.g.a. den store pulje af kulstof i jorden. Nettoresultatet over året viser, at græsmarken har det største nettooptag af CO₂, hvedemarken det næststørste, og bøgeskoven det mindste. For hvedemarkens vedkommende bliver stort set alt det kulstof, der optages, fjernet med høsten og derefter omsat. En del af græsmarkens kulstof fjernes ligeledes ved høst, hvorimod den del, der er bundet i rodbiomassen først omsættes ved omlægning af græsarealet, hvilket normalt foregår med 5-10 års mellemrum. Det kulstof, der er optaget i skoven forbliver bundet i en meget længere periode.

Resultaterne af fluksmålingerne af CO₂ og H₂O i bøgeskoven er udnyttet i internationalt samarbejde i regi af CarboEuroFlux (EU-projekt) og FLUXNET (verdensomspændende netværk af fluksmålestationer). Jordrespirationen er fortsat blevet målt kontinuert med automatiske kamre i skoven i år 2000. Respirationen er korreleret med såvel jordtemperaturen som jordfugtigheden. Den årlige jordrespiration fra skovbunden er ca. 6 tons kulstof pr. ha, hvilket er ca. 60% af økosystemets totale respiration.

Gennem vækstsæsonen 2000 er der blevet gennemført NH₃ fluxmålinger i bøgeskoven. Målekampagnerne fandt sted i perioderne 15-28 maj, 24 juli-8 august samt 9-26 oktober. Tidspunkterne for kampagnerne var udvalgt på grundlag af fysiologiske undersøgelser af bøgens kulstof- og kvælstofmetabolisme, foretaget gennem vækstsæsonerne 1998 og 1999. De indledende fysiologiske undersøgelser havde vist, at der var en forøget NH₄⁺ koncentration i bølgebladernes apoplastopløsning umiddelbart efter løvspring samt sent på vækstsæsonen. NH₃ fluxen i bøg udviste stor temperaturafhængighed, samt tydelig variation med relativ høje udvekslingshastigheder om dagen og meget ubetydelige om natten. De højeste NH₃ fluxe blev observeret i forårs- og efterårsmålingerne (max. 1.8 og 0.6 nmol m⁻² s⁻¹ med gennemsnit på 0.8 og 0.55 nmol m⁻² s⁻¹ for henholdsvis forårs- og efterårsmålingerne), mens fluxen i sommermålingen var relativ lav (max. 0.27 og gennemsnit på 0.16 nmol m⁻² s⁻¹).

På grundlag af fluxmålingerne har det været muligt at bestemme NH₃ kompensationspunkter for bøgeskoven under henholdsvis løvspring, vegetativ periode og løvfald. NH₃ kompensationspunktet var højest under henholdsvis løvspring og løvfald. Dette stemmer overens med, at træerne transporterer oplagsnæring fra barken til skuddene, når bladene dannes om foråret, mens transporten foregår den anden vej om efteråret. I den vegetative periode lå NH₃ kompensationspunktet lige under 3 nmol NH₃ mol⁻¹ luft. Disse værdier falder i den høje ende af de værdier, som tidligere er blevet rapporteret for NH₃ kompensationspunkter for løvskove (mellen 1-3.5 nmol NH₃ mol⁻¹ luft).

Ud fra gasudvekslingsmålingerne må bøgeskoven, under de givne forhold, forventes at virke som sink for atmosfærisk ammoniak gennem sommeren da kompensationspunktet ligger under den atmosfæriske NH₃ koncentration. Derimod vil det forventes, at skoven vil afgive NH₃ til atmosfæren i henholdsvis forår og efterårsperioderne, hvor NH₃ kompensationspunktet overstiger den målte atmosfæriske NH₃ koncentration.

Tilførslen af N med nedbør, gennemdryp og stammenedløb til skov og mark er analyseret og beregnet. Generelt er N-bidraget fra nedbør og gennemdryp i samme størrelsesorden over året. Stammenedløb udgjorde 17% af vandfluxen og 37% af N-fluxen til jorden. Det totale N-nedfald til skovjorden var 24 kg N/ha/år og våddepositionen til mark (og skov) var 16 kg N/ha/år. Forskellen mellem våddeposition og summen af gennemdryp og stammenedløb kan henføres til tørdeposition. Denne udgør minimum 8 kg N/ha/år, da der formentlig sker en hvis optagelse af N i kronelaget. Førnefaldet er for 1998, 1999 og 2000 blevet målt til henholdsvis 5,5 t/ha, 4,3 t/ha og 4,4 t/ha, hvilket svarer til 80-100 kg N/ha/år.

Igennem næsten 3 år er nedbør, gennemfald, grundvandsstand og jordens vandindhold blevet målt. En ET-fordampningsmodel er benyttet til at estimere en vandbalance for bøgeskoven. Modelleringen er kalibreret på det målte vandindhold og gennemfaldet. I de to første år var fordampningen ca. 62% af nedbøren. Ud fra modellen og sammenligninger med sap-flow målinger kan transpirationen estimeres til ca. 35% af nedbøren. De foreløbige beregninger af N-udvaskningen i form af nitrat viser, at udvaskningen i skoven var under 1 kg N/ha pr. år, mens den på både de slambehandlede og ikke slambehandlede markparceller lå på 50-100 kg N/ha pr. år. Slambehandlingen påvirkede ikke N-udvaskningen signifikant.

Projektets samlede aktiviteter i SMP regi ophørte med udgangen af år 2000, men en del af feltaktiviteterne på skovlokaliteten videreføres 2001-2003 i regi af EU-projekter.

Samarbejde og forskeruddannelse

Internt samarbejde

Internt i projekt 9 har der foregået et udtalt samarbejde mellem de enkelte delprojekter.

Seniorforsker Henrik Skov; ATMI, DMU Roskilde, samarbejde med Poul Hummelshøj og Niels Otto Jensen om udvikling af REA-systemet. (uformelt samarbejde). Ambus, P. Samarbejde med seniorforsker Søren O. Petersen, Danmarks JordbrugsForskning, Foulum. Uformelt samarbejde om måling af sporgasser fra landbrug. Der er endvidere etableret samarbejde med lektor B.L. Andersen, Institut for Anvendt Kemi, DTU, angående modellering af metan-flux mellem jord og atmosfære.

Nationalt samarbejde:

På nationalt plan er der et samarbejde med forskere fra DMU (Helle Vibeke Andersen, M. Hovmand), Botanisk Institut (H. Røpoulsen), Geografisk Institut (H. Sjøgaard), begge Københavns Universitet, med agrometeorologerne på Forskningscenter Foulum (eks. Kirsten Schelde) og med ISVA, DTU (K. Høgh Jensen).

Internationalt samarbejde:

Jensen, N.O., Hummelshøj, P. & Pilegaard, K. samarbejder med Ricardo Valentini, University of Tuscia, Langtids målinger af CO₂ og H₂O flukse over skov (EUROFLUX/FLUXNET EU projekt med 12 samarbejdspartnere). Associate Professor, Evert Ljungström, Chalmers University of Technology, Göteborg, samarbejder med Niels Otto Jensen om udvikling af REA-systemet.

Schjørring, J.K. deltager i projektet GRAMINAE (Biosphere-atmosphere interactions of ammonia with grasslands across Europe), finansieret af EU-Environment .

Pilegaard, K. og Schjørring, J.K. deltager i EUROTRAC-2 subprojektet BIATEX-2

Pilegaard, K. samarbejder med Jan Duyzer, TNO, Apeldoorn, NL vedr. måling af NO-emission fra skovbund. Ambus, P. samarbejder med Dr. G.P. Robertson, Michigan State University, USA og Dr. Klaus Butterbach-Bahl, Fraunhofer Institut für Atmosphärische Chemie, Tyskland om målinger af sporgasser fra skov- og landbrug.

Uddannelse:

Ph.D.

E. Dellwik. Flux-målinger af CO₂ og vanddamp over skove. Afdelingen for Vindenergi og Atmosfærefysik, Forskningscenter Risø, 2002.

U.L. Ladekarl. Modellering af vandfluxe og udvaskning fra skov- og landbrugsarealer. Geologisk Institut, Århus Universitet, 2001.

K.H. Nielsen. Atmosfære/krone udveksling af NH₃. Laboratoriet for Planteernæring, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 2001.

M.Sc.

J.B.M. Jensen. Oxidation af atmosfærisk CH₄ i skovjord og markjord målt i jordsøjler og i jordprøver - sammenhæng mellem CH₄ fluks og forskellige fysiske og kemiske forhold i jorden. Specialrapport, Afdelingen for Generel Mikrobiologi, Københavns Universitet, 2001.

J. Østergaard. Jordbundsdannelse under bøgeskov og mark ved Lille Bøgeskov, Sorø. Geologisk Institut, Århus Universitet, 2000.

Publikationer

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998-2001	19	16	1	5	34	1

Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur

Ambus, P., Jensen, J.M., Priemé, A., Pilegaard, K. & Kjøller, A., 2001. Assessment of CH₄ and N₂O fluxes in a Danish beech (*Fagus sylvatica*)

forest and an adjacent N-fertilised barley (*Hordeum vulgare*) field: effects of sewage sludge amendments. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (in press).

Ambus, P. & Robertson, G.P., 1999. Fluxes of CH₄ and N₂O from Aspen stands grown under ambient and twice-ambient CO₂. *Plant and Soil*. 209(1): 1-8. (*)

Asman, W.A.H., Sutton, M.A. and Schjørring, J.K. 1998. Ammonia: Emission, Atmospheric Transport and Deposition. *New Phytol.* 139: 27-48. (*)

Aubinet, M., Grelle, A., Ibrom, A., Rannik, U., Moncrieff, J., Foken, T., Kowalski, A. S., Martin, P. H., Berbigier, P., Bernhofer, C., Clement, R., Elbers, J., Granier, A., Grünwald, T., Morgenstern, K., Pilegaard, K., Rebmann, C., Snijders, W., Valentini, R. & Vesala, T., 2000. Estimates of the annual net carbon and water exchange of European forests: the EUROFLUX methodology. *Advances in Ecological Research*, 30, 113-175.

Dellwik, E. and Jensen, N.O., 2000. Internal equilibrium layer growth over forest. *Theoretical and Applied Climatology*, 66, 173-184.

Falge, E., Baldocchi, D., Olson, R., Anthoni, P., Aubinet, M., Bernhofer, C., Burba, G., Ceulemans, R., Clement, R., Dolman, H., Granier, A., Gross, P., Grünwald, T., Hollinger, D., Jensen, N. O., Katul, G., Keronen, P., Kowalski, A., Lai, C. T., Law, B. E., Meyers, T., Moncrieff, J., Moors, E., Munger, J. W., Pilegaard, K., Rannik, Ü., Rebmann, C., Suyker, A., Tenhunen, J., Tu, K., Verma, S., Vesala, T., Wilson, K. Wofsy, S., 2001. Gap filling strategies for defensible sums of net ecosystem exchange. *Agricultural and Forest Meteorology*, (in press).

Gallagher, M. W., Clayborough, R., Beswick, K. M., Hewitt, C. N., Owen, S., Moncrieff, J. and Pilegaard, K., 2000. Assessment of a relaxed eddy accumulation for measurements of fluxes of biogenic volatile organic compounds: study over arable crops and a mature beech forest *Atmospheric Environment*, 34, 2887-2899.

Janssens, I. A., Lankreijer, H., Metteucci, G., Kowalski, A.S., Buchmann, N., Epron, D., Pilegaard, K., Kutsch, W., Longdoz, B., Grünwald, T., Montagnani, L., Dore, S., Rebmann, C., Moors, E.J., Grelle, A., Rannik, Ü., Morgenstern, K., Clement, R., Gudmundsson, J., Minerbi, S., Berbigier, P., Ibrom, A., Moncrieff, J., Aubinet, M., Bernhofer, C., Jensen, N.O., Vesala, T., Granier, A., Schulze, E.-D., Lindroth, A., Dolman, A.J., Jarvis, P.G., Ceulemans, R. and Valentini, R., 2001. Productivity and disturbance overshadow temperature in determining soil and ecosystem respiration across European forests. *Global Change Biology*, (in press).

Hasager, C.B. & Jensen, N.O., 1999. Surface flux aggregation in heterogeneous terrain. *Q.J.R. Meteorol.Soc.*, 125: 2075-2102

Mikkelsen, T.N., Ro-Poulsen, H., Pilegaard, K., Hovmand, M.F., Jensen, N.O., Christensen, C.S., Hummelshøj, P., 2000. Ozone uptake by an evergreen forest canopy: temporal variation and possible mechanisms. *Environmental Pollution*. (in press)

Nielsen, K.H. & Schjørring, J.K., 1998. Regulation of apoplastic ammonium concentration in leaves of oilseed rape. *Plant Physiol.* 118 (in press)

Nielsen, K.H., Schjørring, J.K., Erisman, J.W. & Pearson, J., 1999. Ammonia exchange at the tree-atmosphere interface. In "Fundamental and applied Tree Physiology" Vol 1. Rennenberg H, Papen H (eds.) (to be published at Klüwer)

Pearson, J., Nielsen, K.H. & Schjørring, J.K., 1999. Production and consumption of NH₃ in trees. In "Fundamental and applied Tree Physiology" Vol 1. Rennenberg H, Papen H (eds.) (to be published at Klüwer).

Persson T., Rudebeck A., Jussy J.H., Colin-Belgrand M., Priemé A., Dambrine E, Karlsson P.S. og Sjöberg R.M., 2000. Soil nitrogen turnover - mineralisation, nitrification and denitrification in European forest soils. I: Schulze E.-D. (red.) Carbon and Nitrogen Cycling in European Forest Ecosystems. Ecological Studies 142. Springer Verlag, Berlin, pp. 297-331.

Pilegaard, K., Hummelshøj, P., Jensen, N. O. and Chen, Z., 2001. Contrasting the results of the two first seasons of CO₂ eddy-flux measurements over a Danish beech forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, (in press).

Rasmussen, L., Beier, C., Pilegaard, K., Ambus, P., Mikkelsen, T., Jensen, N.O., Kjøller, A. & Ladekarl, U.L., 2000. Fluxes of NO₃⁻, NH₄⁺, NO, NO₂, HNO₃⁻, N₂O and organic N in an old Danish beech forest. *Water, Air, and Soil Pollution* (in press).

Schjørring, J.K., 1998. Atmospheric ammonia and impacts of nitrogen deposition: uncertainties and challenges. *New Phytol.* 139: 59-60.(*)

Schjørring, J.K., Husted, S., Mäck, G., Nielsen, K.H., Finnemann, J., Mattsson, M., 2000. Physiological regulation of plant-atmosphere ammonia exchange. *Plant and Soil* 221, 95-102.

Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A. J., Schulze, E.-D., Rebmann, C., Moors, E. J., Granier, A., Gross, P. , Jensen, N. O., Pilegaard, K., Lindroth, A., Gelle, A., Bernhofer, Ch., Grünwald, P., Aubinet, M., Ceulemans, R., Kowalski, A. S., Vesala, T., Rannik, U, Berbigier, P., Loustau, D., Gudmundsson, J., Thorgeirsson, H., Ibrom, A., Morgenstern, K., Clement, R., Moncrieff, J., Montagnini, L., Minerbi, S. and Jarvis, P. G., 2000. Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature* 404, 861-865.

Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger

Ambus, P., 1998. Emissions of NO and N₂O from arable land. In: (A. Freibauer and M. Kaltschmitt eds.) Biogenic emissions of greenhouse gases caused by arable and animal agriculture – measurement technologies and emission factors. Universität Stuttgart, Germany. Proceedings Workshop at ECN Petten, Holland, October 23-24, 1997.

Ambus, P., B.L. Andersen, M. Kemner, T. Arp and T. Ringgård. 2000. Modelling methane concentration and isotopic composition in soil. Abstract of The 2nd International Conference on Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies, May 8-11, Braunschweig, Germany.

Ambus, P., Jensen, J.M., Pilegaard, K., Priemé, A., Kjøller, A., & Struwe, S., 1999. Trace gas fluxes from agricultural soil amended with sewage sludge. Abstracts of 10th Nitrogen Workshop, 23-26 August, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen. (Vol 1).

Beswick, K.M., Gallagher, M.W., Duyzer, J.H., Pilegaard, K. & Coe, H. 1999. Pathways for the Exchange of O₃ and NO₂ to Forest Canopies. in Proceedings of EUROTRAC Symposium '98, editors: P. M. Borrell and P. Borrell, WIT press, Southampton. Vol 2, 126-130.

Christensen, C.S.; Hummelshøj, P.; Jensen, N.O.; Larsen, B.; Skov, H.; Pilegaard, K. & Lohse, C., 1999. A REA system for measurements of terpene fluxes. Proceedings of EUROTRAC-2 symposium '98 on transport and chemical transformation in the troposphere. Garmisch-Partenkirchen (DE), 23-27 March 1998. Borrell, P.M. & Borrell, P. (eds.), (WIT Press, Southampton, 1999), vol. 2, 79-83

Hasager, C.B.; Hummelshøj, P.; Dellwik, E. & Jensen, N.O., 1999. Upscaling the CO₂ flux over agricultural and forest sites by a scalar surface flux aggregation model. Proceedings of ALPS99 symposium and workshop on land surfaces, remote sensing and vegetation cover productivity, Meribel (FR), 18-22 January 1999, Proceedings 2, WK3-O-09, 1-4.

Husted, S., Mattsson, M. & Schjørring, J.K., 1998. Effects of environmental parameters on ammonia emission from plants. In: Proceedings from The 5th International Symposium on Inorganic Nitrogen Assimilation & 3rd Fohs Biostress Symposium, July 13-17 1998, Luso, Portugal. p. 283

Jensen, J.M. & Ambus, P., 1999. Methane emissions in sewage sludge amended agricultural soil and a nearby forest site. Abstracts of the International Conference, Biogenic Emissions of Greenhouse Gases Caused by Arable and Animal Agriculture, 13-15 October, Stuttgart.

Nielsen, K.H. & Schjørring, J.K., 1998. Regulation of apoplastic ammonium concentration in leaves of oilseed rape. In: Proceedings from The 5th International Symposium on Inorganic Nitrogen Assimilation & 3rd Fohs Biostress Symposium, July 13-17 1998, Luso, Portugal. p. 287

Pilegaard, K., Hummelshøj, P. and Jensen, N. O. 1999. Exchange of NO_x and O₃ at a Beech Forest Floor. in Proceedings of EUROTRAC Symposium '98, editors: P. M. Borrell and P. Borrell, WITpress, Southampton. Vol 2, 130-134.

Pilegaard K., Jensen N.O., Hummelshøj P. (1999) Exchange of NO, NO₂ and O₃ between the atmosphere and forest soils. In: Programme and Abstracts. 10th Nitrogen workshop, Copenhagen 23-26 August 1999.

Pilegaard K., Jensen N.O., Hummelshøj P. (1999) Exchange of O₃ and No_x between an orange orchard and the atmosphere. In: Book of Abstract. Sixth Scientific Conference of the International Global Atmospheric Chemistry Project (IGAC). Bologna, Italy, 13-17 September, 51.

Rasmussen, L. & Beier, C., 1999. Nitrogen fluxes and plant production in forest and agro ecosystems at Sorø, Denmark – part of the SORO-FLUX project. – 10th Nitrogen Workshop, 23-26 August 1999 at the Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark. Vol 1. II 56, 1-4.

Schjørring JK, Finnemann J, Husted S, Mattsson M, Høier-Nielsen K & Pearson, J.N., 1999. Regulation of ammonium distribution in plants. In: Plant Nutrition - Molecular Biology and Genetics G Gissel-Nielsen and A. Jensen (Eds.) Klüwer Academic Publisher.

Schjørring JK, Husted S, Mäck, G, Nielsen KH, Finnemann J, Mattsson M., 2000. Physiological regulation of plant-atmosphere ammonia exchange. Nitrogen in a sustainable ecosystem: from the cell to the plant (MA Martins-Lucao and SH Lips, eds) pp307-314, Barchuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

Schjørring, J.K., Mattsson, M., Husted, S. & Nielsen, K.H., 1998. Physiological regulation of plant-atmosphere ammonia exchange In: Proceedings from The 5th International Symposium on Inorganic Nitrogen Assimilation & 3rd Fohs Biostress Symposium, July 13-17 1998, Luso, Portugal. pp. 265-266.

Formidlende artikler

Rasmussen, L., Pilegaard, K. & Jensen, N.O., 1999. Skove både binder og udsender CO₂. ”SKOVEN” 11/99: 506-509.

Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur

Baldocchi, D.D., Eva Falge, Lianhong Gu, Richard Olson, David Hollinger, Steve Running, Peter Anthoni, Ch. Bernhofer, Kenneth Davis, Jose Fuentes, Allen Goldstein, Gabriel Katul, Beverly Law, Xuhui Lee, Yadvinder Mahli, Tilden Meyers, William Munger, Walt Oechel, K.T. Paw U, Kim Pilegaard, H.P. Schmid, Riccardo Valentini, Shashi Verma, Timo Vesala, Kell Wilson, and Steve Wofsy, 2001. FLUXNET: A New Tool to Study the Temporal and Spatial Variability of Ecosystem-Scale Carbon Dioxide, Water Vapor and Energy Flux Densities. *Bulletin of the American Meteorological Society*, (submitted).

Falge E., Baldocchi, D.D., Olson, R.J., Anthoni, P., Aubinet, M., Bernhofer, Ch., Burba, G., Ceulemans, R., Clement, R., Dolman, H., Granier, A., Gross, P., Grünwald, T., Hollinger, D., Jensen, N.O., Katul, G., Keronen, P., Kowalski, A., Ta Lai, C., Law, B.E., Meyers, T., Moncrieff, J., Moors, E., Munger, J.W., Pilegaard, K., Rannik, Ü., Rebmann, R., Suyker, A., Tenhunen, J., Tu, K., Verma, S., Vesala, T., Wilson, K., Wofsy, S.. 2000. Gap Filling Strategies for Defensible Annual Sums of Ecosystem Energy Exchange, a Short Contribution. *Agricultural and Forest Meteorology*. (submitted).

Herbst, M. Kutsch, W.L., Hummelshøj, P., Jensen, N.O., and Kappen L. Canopy physiology: Interpreting the variations in eddy fluxes of water vapour and carbon dioxide observed over beech forest. *Basic and Applied Ecology* (submitted September 2000).

Kutsch, W. L., Herbst, M. Vanselow, R., Hummelshøj, P., Jensen, N.O., Kappen, L. Stomatal acclimation influences water and carbon fluxes of a beech canopy in northern Germany. *Basic and Applied Ecology* (submitted September 2000).

Pilegaard, K., 2001. Air–soil exchange of NO, NO₂ and O₃ in forests. *Water, Air and Soil Pollution*, (submitted).

Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer

Ambus, P., 1999. 10th Nitrogen Workshop, Copenhagen, August 23-26, 1999; poster af P. Ambus, J.M. Jensen, K. Pilegaard, A. Priemé, A. Kjøller og S. Struwe, med titlen: Trace gas fluxes from agricultural soil amended with sewage sludge.

Ambus, P., 1999. International Conference, Biogenic Emissions of Greenhouse Gases Caused by Arable and Animal Agriculture, Stuttgart, Tyskland, October 13-15, 1998; poster af: J.M. Jensen og P. Ambus, med titlen: Methane emissions from an amended agricultural site and a nearby beech forest site.

Ambus, P., 2000. Poster præsenteret ved The 2nd International Conference on Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies, May 8-11, 2000, Braunschweig, Germany.

Ambus, P and E.S. Jensen. NJF-Seminar No 286: Soil Tillage and Biology, Ås, Norway, June 8-10, 1998. Oral præsentation med titlen: Soil N Dynamics as Influenced by the Spatial Distribution of Straw.

Dellwik, E. Derivation of viscous sublayer and canopy resistance for a beech forest using long-term flux measurements. European Geophysical Society, Session HSA 3: Atmosphere-biosphere interaction at short and long time scales . 3 Interannual variability in the biosphere-atmosphere exchange. 26 April, 2000.

Dellwik, E.; Hummelshøj P.; Hasager, C.B.; Jensen, N.O. & Pilegaard, K., 1999. Footprint considerations for flux measurements over forest. EGS XXIV General Assembly, The Hague, The Netherlands, 19-23

April 1999. Geophysical Research Abstracts, volume 1, no 2 (Hydrology, Oceans and Atmosphere), p. 439.

Hasager, C.B.; Pilegaard, K.; Jensen, N.O.; Mikkelsen, Teis (1999) CO₂ balance measurements and modelling in Danish land areas (in Danish). Poster. Conference on Danish environmental research 1999, Copenhagen (DK), 19 - 20 August 1999. Summary of lectures and posters, p. 110.

Hummelshøj, P.: 23th General Assembly of the European Geophysical Society, Nice 20-24 April 1998; Mundtlig præsentation af Hummelshøj, P., Jensen, N.O. and Pilegaard, K. med titlen: CO₂ and water vapour fluxes over a Danish beech forest.

Jensen, N.O.: Foredrag på Peking Universitet i maj 1998: Long term measurements of CO₂ and water vapour fluxes over forest.

Jensen, N.O.: Foredrag på Nanjing Universitet i maj 1998: Long term measurements of CO₂ and water vapour fluxes over forest.

Jensen, N.O.: 6th FECS Conference on Chemistry and the Environment, Copenhagen 26-28 August 1998; poster af Jensen, N.O., Courtney M., Hummelshøj, P., Christensen C.S. and Larsen B.R med titlen: Measurements of VOC fluxes using a relaxed eddy accumulation (REA) system.

Kjøller, A. Earth Changing Land GCTE_LUC Open Science Conference on Global Change. 2 postere.

Kjøller, A. ISS World Congress of Soil Science, 20-26 August 1998.

Ladekarl, U., 2000. Fordampning fra naturarealer - skov og hede. Dansk Vandressource Komité's temamøde "Vandbalance på mark og regional skala fokus på nedbør og fordampning", Forskningscenter Foulum, 8-9 november 2000.

Ladekarl, U., 1999. Grundvandsdannelse under to forskellige vegetationsstyper. Seminar på Geologisk Institut, AU.

Moltesen, A.; Jensen, N.O.; Hummelshøj, P.; Pilegaard, K. (1999) Analysis of eddy-flux measurements made in the trunk space of a forest canopy. . EGS XXIV General Assembly, The Hague, The Netherlands, 19-23 April 1999. Geophysical Research Abstracts, volume 1, no 2 (Hydrology, Oceans and Atmosphere), p. 440.

Nielsen, K.H. & Schjørring, J.K., 1999. regulation of apoplastic pH and ammonium concentration in leaves of oilseed rape Poster at " 19th congress, Scandinavian society for plant physiology, Joensuu, Finland.

Nielsen, K.H. & Schjørring, J.K., 1999. Development of a Bioassay for NH₃ compensation points in plants. Poster at "10th Nitrogen workshop, Copenhagen, Denmark.

Nielsen, K.H. & Schjørring, J.K., 2000. Plant Physiology: today and tomorrow, Scandinavian Society for Plant Physiology Ph.D. student con-

ference, Tanum strand, Sweden (Poster) Regulation of apoplastic pH and ammonium concentration.

Pilegaard, K., 1999. Udveksling af ozon mellem luft og overflader samt ozons effekter på planter. DaMS - Dansk Meteorologisk Selskab, Møde om OZON, H.C. Ørsted Institutet, København, 30. September 1999 (Oral presentation – in Danish)

Pilegaard, K., 1999. Exchange of NO_x and O₃ at the soil surface. 1st DSAR conference, 14-15 October 1999, Eigtveds Pakhus, Copenhagen. (Oral presentation)

Kim Pilegaard: Continuous measurements of soil respiration by means of automated steady-state chambers. ESF Workshop on methods for soil CO₂ efflux measurements, Edinburgh, Scotland, April 2000.

Kim Pilegaard: Comparison of carbon dioxide and water vapour fluxes over a beech forest, a wheat field and a grassland. FLUXNET Synthesis Workshop at the Marconi Conference Center, California, U.S.A., June 11-14, 2000.

Kim Pilegaard: Air-soil exchange of NO, NO₂ and O₃ in forests. The Sixth International Conference on Air-Surface Exchange of Gases and Particles, 3rd - 7th July 2000, Edinburgh, UK.

Kim Pilegaard: Nigttime corrections, effect on annual sums. ESF/LESC Exploratory Workshop on Terrestrial Carbon Balance, Strassbourg, France, 11-12 September 2000.

Kim Pilegaard: Skovens betydning for det atmosfæriske kuldioxid budget. Danish Society for Atmospheric Research. DSAR konference, København, 9 November, 2000.

Pilegaard, K.: FLUXNET workshop i Polson, Montana, US, 3-5 juni 1998. Poster af Pilegaard, K, Hummelshøj, P., Jensen, N.O. and Chen, Z.: Contrasting the results from the first two seasons of continuous CO₂ eddy-flux measurements over a Danish beech forest.

Pilegaard, K., Hummelshøj, P. og Jensen, N.O. EUROTRAC-2 Symposium Garmisch-Partenkirchen 23-27 Marts 1998. Poster med titlen: Exchange of NO_x and O₃ at a beech forest floor.

Rasmussen L. (1999). Transport og omsætning af kulstof- og kvælstof-forbindelser i skov og på landbrugsarealer – SOROFLUX – et SMP-projekt. – Konference om Dansk Miljøforskning 1999 19.-20 aug. 1999.

Rasmussen, L., Pilegaard, K. & Beier, C. Nitrogen and carbon fluxes in forest and agro ecosystems at Sorø, Denmark. – The SOROFLUX project. Nitrogen, the CONFER-N-S. Noordwijkerhout, Holland 23-27 March 1998. Poster.

Schjørring, J.K. Workshop on Plant-Atmosphere Ammonia Exchange, afholdt i Bern, 23-25 februar 1998.

Schjørring, J.K. The NH_3 compensation point in plants. 5th International Symposium on Inorganic Nitrogen Assimilation. 13-17 juli, 1998. Luso Portugal, Indlæg: Physiological Regulation of Plant-Atmosphere Ammonia Exchange. Poster: Regulation of Apoplastic Ammonium Concentration in Leaves of Oilseed Rape.

Schjørring, J.K. 6th International Symposium on Genetics and Molecular Biology of Plant Nutrition., 17-21 august 1998, Helsingør. Indlæg: Ammonium - a central intermediate in plant nitrogen metabolism.

Østergaard, J., 1999. Jordbundsudvikling i kalkholdigt udgangsmateriale. Seminar på Geologisk Institut, AU.

Arrangerede møder og konferencer

Schjørring, J.K. & Pilegaard, K.: Medlem af den videnskabelige komité og organisationskomitéen for 10th Nitrogen Workshop, der blev afholdt 23-26 August 1999 på KVL. Workshoppen havde en specialsession om udveksling af nitrogenholdige sporgasser mellem terrestriske økosystemer og atmosfæren, bl.a. foranlediget af, at EUROTRAC-2 subprojektet BIATEX-2 indgår som medarrangør af workshoppen.

PROJEKT 10: Centeradministration

Projektgruppe

Projektleder:	Kaj Henriksen (AAU) fra 1.8.99 Christian Grøn, seniorforsker, (RISØ) indtil 1.8.99
Projektmedarbejdere	Mette Lægdsmand, faglig sekretær (AAU) fra 1.1.01 Birgitte Weber Blicher, faglig sekretær (AAU) fra 1.9.99 Anette Frandsen, sekretær (RISØ)

Budget 1997-2001

Løn	Kr. 456.097,00
Drift	Kr. 339.643,00
Overhead	Kr. 158.960,00
Total	Kr. 954.700,00

Projektets mål og strategiske sigte

Centeradministrationen skal i projektperioden gennemføre administration og fordeling af Centrets bevilling, koordinere og tilse projekternes gennemførelse i henhold til projektbeskrivelserne, iværksætte og koordinere formidling af viden om Centrets aktiviteter og resultater, samt samle årsrapporter og -regnskaber til Det Strategiske Miljøforskningsprogram.

Centerledelse og økonomisk administration har indtil 1.9.99 været placeret på RISØ med Christian Grøn som centerleder. Begrundet i jobskifte

er centerledelsen overgået til Kaj Henriksen, Aalborg Universitet mens regnskabsfunktionen fortsat er varetaget på RISØ.

Videnskabelige resultater

Der er løbende indsamlet og bearbejdet korte halvårsopgørelser til styring af projekternes økonomi og fremdrift og udarbejdet årsrapporter og slutrapport, der efter forelæggelse for bestyrelse og centerkomité er indsendt til Ledelsesgruppen for Det Strategiske Miljøforskningsprogram per 1. december. Endvidere udarbejdes årsregnskaber og slutregnskab til Det Strategiske Miljøforskningsprogram.

Der er opbygget en hjemmeside på dansk og engelsk med en beskrivelse af Centret, samt med en del, der giver intern information til Centrets deltagere. Hjemmesidens adresse er <http://www.landuse.dk>. Fra hjemmesiden er der desuden "links" til hjemmesiderne for Centrets institutioner, og på den interne del kan hentes referater fra møder i arbejdsgrupper, bestyrelse og centerkomité, samt skemaer, skabeloner til årsrapporter med videre.

Centerledelsen har medvirket til en præcisering af arbejdsopgaver og fordeling i forbindelse med monitoringsprogrammet for feltundersøgelserne på Askov og Lundgård samt koordineringen med feltforsøgene ved Sorø.

Centerledelsen har aftalt samarbejde med en gruppe af tensid fabrikker ("LAS-industrien"). Samarbejdet muliggør en udvidet undersøgelse på Centrets markforsøg af nedbrydningen af LAS i jorden efter udbringning af spildevands-slam.

Centerledelsen har koordineret formidlingsmøder arrangeret i samarbejde med DAKOFA og i samarbejde med SMP 98 Centret BIOPRO afholdt en international conference Organic Soil Contaminants i SETAC regi i September 2001. Her præsenteredes centrets forskningsresultater fra i internalt regi. Centerlederen har i 2001 koordineret og redigeret populærvidenskabelig formidling af Centrets forskningsresultater i temanummer af SMP bladet Miljøforskning og præsenteret hovedkonklusioner fra Centrets forskning nationalt (DAKOFA) og internationalt (EU).

Samarbejde og forskeruddannelse

Nationalt samarbejde:

Konferencen SOIL ORGANIC CONTAMINANTS 2001 er organiseret nationalt af en komite bestående af repræsentanter for Center for bæredygtig Arealanvendelse, BIOPRO, NOVOzymes, COWI og Miljøstyrelsen med centerleder Kaj Henriksen som formand.

Internationalt samarbejde:

Samarbejde med tensid fabrikker (LAS-industrien) om analysemetoder og markundersøgelser for LAS (formelt).

Afholdelse af konferencen SOIL ORGANIC CONTAMINANTS 2001 i samarbejde med Society of Ecotoxicology and Chemistry (SETAC) som en konference under SETAC EUROPE.

Administrationsprojektet omfatter ikke forskeruddannelse.

Publikationer

	Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur	Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger	Formidlende artikler trykt	Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur	Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer	Arrangerede møder og konferencer
1998-2002		6	6		12	3

Artikler trykt i internationale tidsskrifter og bøger med censur

Ingen

Artikler trykt i proceedings og abstract samlinger

Grøn, C., Centret for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof, manuskriptsamling til mødet Anvendelse af affaldsprodukter i bæredygtigt jordbrug, arrangeret af Dansk Komite for Affald (DAKOFA), Ingeniørhuset, København, 16. november 1998.

Grøn, C. Nordisk Jordbrugsforskning nr. 2 1999, p. 95, Sustainable land use and management of contaminants, carbon and nitrogen.

Grøn, C., Centret for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof, manuskriptsamling til mødet Anvendelse af affaldsprodukter i bæredygtigt jordbrug, arrangeret af Dansk Komite for Affald (DAKOFA), Ingeniørhuset, København, 16. november 1998.

Grøn, C. Nordisk Jordbrugsforskning nr. 2 1999, p. 95, Sustainable land use and management of contaminants, carbon and nitrogen.

Henriksen, K. Miljøfremmede organiske stoffer som barriere for recirkulering af organisk affald. DMU's jubilæumskonference, 2000

Henriksen, K.: Præsentation af og status for Centret for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof. DAKOFA konference, København 15 Maj, 2000.

Formidlende artikler

Grøn, C., 1998. Frugtbar jord til fremtidens generationer. Risø Nyt 3/98: 14-15

Grøn, C., 1998. Centret for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof. Informationspjece udgivet af Det Strategisk Miljøforskningsprogram.

Grøn, C., 1998. Centre for sustainable land use and management of organic contaminants, carbon and nitrogen. Informationspjece udgivet af Det Strategisk Miljøforskningsprogram.

Grøn, C. 1999. Center for Bæredygtig Arealanvendelse – en introduktion. Vand & Jord, 6. Årgang, nr. 1, s 3.

Grøn, C. 1999. Forskningsformidling i Center for Bæredygtig Arealanvendelse, Miljøforskning nr. 38, s 23.

Henriksen, K og Elsgaard, L. 2001. Slam på Marken: risiko eller ressource. Tema ved Center for Bæredygtig Arealanvendelse. Miljøforskning nr 49

Artikler indsendt til internationale tidsskrifter og bøger med censur

Ingen

Deltagelse i og indlæg på møder og konferencer

Grøn, C., foredrag om Centret på mødet Anvendelse af affaldsprodukter i bæredygtigt jordbrug, arrangeret af Dansk Komite for Affald (DAKOFA) 16. november 1998.

Grøn, C. 1999. SPT Workshop LAS Risk assesment for Sludge Amended soil, Copenhagen, April 1999; indlæg af C. Grøn med titlen: Review of the Danish Research Programmes in the area of sustainable land use and recycling of waste in agriculture.

Grøn, C. 1999. Temamøde: Recirkulering af næringsstoffer fra land til by, KVL, maj 1999; indlæg af C. Grøn med titlen: Organisk affald – Resource eller affaldsproblem?

Grøn, C. 1999. Nordiske Jordbruksforskere Forening, XXI Kongres 1999, Jordbrug og samfunn; Ås, Norge; indlæg af C. Grøn med titlen: Sustainable land use and management of contaminants, carbon and nitrogen.

Henriksen, K. Dansk Miljøforskning, København, august 1999, indlæg af K. Henriksen med titlen: Miljøfremmede organiske stoffer som barrierer for recirkulering af organisk affald.

Henriksen, K. 1999. Seminar i Center for Jordbrugsteknologi, Aalborg Universitet, 4 nov. 1999; indlæg af K. Henriksen med titlen: Center for Bæredygtig Arealanvendelse.

Henriksen K., DAKOFA konference, København 15 Maj, 2000. Indlæg.

Præsentation af og status for Centret for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof.

Henriksen K. og Jensen J. Temadag – Efterlevelse af den nye slambe-kendtgørelse, Ferskvandscentret Silkeborg 6 juni og Spildevandscenter Avedøre 8 juni 2000. Indlæg . Nedbrydningen af de miljøfremmede stoffer i slammet ved anvendelse på landbrugsjord og effekten af de miljøfremmede stoffer og deres nedbrydningsprodukter på naturen.

Henriksen, K. DAKOFA konference, Aarhus, September 2001. Indlæg. Center for Bæredygtig Arealanvendelse – nogle hovedkonklusioner.

Henriksen, K. Researching the sludge directive – A conference on sewage sludge, Brussel, 2001.

Contribution: Recycling of sewage sludge and household compost on arable land – Fate and effects of organic micropollutants, and importance for soil fertility.

Afholdte møder og konferencer

Anvendelse af affaldsprodukter i bæredygtigt jordbrug, møde arrangeret i fællesskab med Dansk Komite for Affald (DAKOFA) 16. november 1998, Ingeniørhuset, København.

DAKOFA konference arrangeret i fællesskab med Dansk Komite for Affald (DAKOFA), København 15 Maj, 2000.

SETAC konferencen Organic Soil Contaminants 2001, Eigtveds Pakhus, Copenhagen, September 2001 i samarbejde med Carsten Suhr Jacobsen, BIOPRO.

Elektronisk formidling

Center for bæredygtig arealanvendelse og forvaltning af miljøfremmede stoffer, kulstof og kvælstof, hjemmeside på dansk og på engelsk, med intern kommunikation til Centrets deltagere: <http://www.landuse.dk>

Tilknytning af Centrets hjemmeside til søgemaskinen find.dk, samt registrering i databasen NOVAGate.

Anden formidling

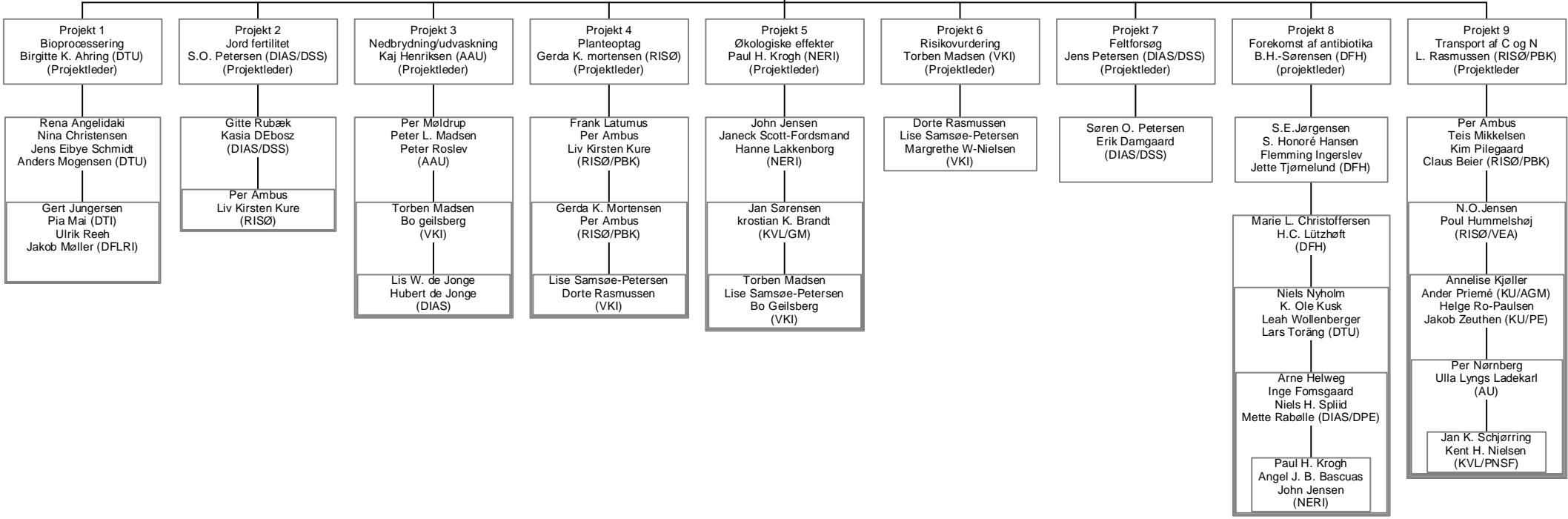
Centerbeskrivelse i Affald & Miljø 98/99 (tidligere Affaldshåndbogen) og i Videncentre, Teknisk Forlag i 1999.

BILAG 1

ORGANISERING AF CENTRET

Kaj Henriksen (AAU)
Centerleder
Hans Løkke (NERI), Erik Steen Kristensen (DIAS/RCOF), Svend Erik Jepsen (EPA), Leif Knudsen (DAAC), Anders Brinch Larsen (NOVO)
Bestyrelse

Birgitte K. Ahring (DTU), Søren O. Petersen (DIAS/DSS), Gerda K. Mortensen
Paul H. Krogh (NERI), Torben Madsen (VKI), Jens Petersen (DIAS/DSS)
Bent Halling-Sørensen (DFH), Lennart Rasmussen (RISØ/PBK)
Centerkomité



Institutioner

AU	Aarhus Universitet Geologisk Institut
DFH	Danmarks Farmaceutiske Højskole Inst. For Analytisk og Farmaceutisk Kemi
DFLRI	Forskningscenter for Skov og Landskab
DIAS/DPE	Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Flakkebjerg Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse og Pesticidøkologi
DIAS/DSS	Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Foulum Afdeling for Plantevækstfaktorer
DIAS/RCOF	Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Foulum Forskningscenter for Økologisk Jordbrug*
DTI	Dansk Teknologisk Institut Center for Bioteknik
EPA	Miljøstyrelsen*
DTU/IMT	Danmarks Tekniske Universitet Institut for Miljøteknologi
KU/AGM	Københavns Universitet Afdeling for Generel Mikrobiologi
KU/PE	Københavns Universitet Botanisk Institut
KVL/GM	Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole Sektion for Genetik og Mikrobiologi
KVL/PNSF	Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole Laboratoriet for Planteernæring
NERI	Danmarks Miljøundersøgelser Afdelingen for Terrestrisk Økologi
NOVO	Novo Nordisk A/S*
RISØ/PBK	Forskningscenter RISØ Afdeling for Plantebiologi og Biogeokemi
RISØ/VEA	Forskningscenter RISØ Afdeling for Vindenergi og Atmosfærefysik
DHI	DHI
AAU	Aalborg Universitet Institut for Vand, Jord og Miljøteknik

* Kun med deltagelse i bestyrelsen

BILAG 2

DELTAGERE I CENTRET

Centret for Bæredygtig Arealanvendelse

Deltagere, aktive 2000

Efternavn	Fornavn	Adresse	Telefon	Telefax	E-mail
Ahring	Birgitte Kjær	BIOCENTRUM, Bygn. 221, DTU, 2800 Lyngby	45 93 30 66	45884148	Birgitte.K.Ah-ing@biocentrum.dtu.dk
Ambus	Per	Bygn. PBK-309, RISØ, Postboks 49, 4000 Roskilde	46 77 41 52	46774160	per.ambus@risoe.dk
Angelidaka	Rena	Institut for Miljøteknologi, Bygn. 115, DTU, 2800 Lyngby	45 25 15 93	45932850	ria@imt.dtu.dk
Beier	Claus	Bygn. PBK-114, RISØ, Postboks 49, 4000 Roskilde	46 77 41 61	46774193	claus.beier@risoe.dk
Christiansen	Nina	Institut for Miljøteknologi, Bygn. 115, DTU, 2800 Lyngby	45 25 15 91	45932850	nc@imt.dtu.dk
Christoffersen	Marie Louise	Inst. for Analytisk og Farmaceutisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, Universitetsparken 2, 2100 Kbh. Ø	35 37 08 50	35375376	mlc@mail.dfh.dk
Damgaard	Erik	Askov Forsøgsstation, Vejenvvej 55, 6600 Vejen	75 36 02 77	75366277	Erik.Damgaard@agrsci.dk
de Jonge	Hubert	Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Foulum, Postboks 50, 8830 Tjele	89 99 17 58	89991719	hubert.deJonge@agrsci.dk
de Jonge	Lis W.	Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Foulum, Postboks 50, 8830 Tjele	89 99 17 52	89991719	Lis.W.de.Jonge@agrsci.dk
Debosz	Kasia	Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Foulum, Postboks 50, 8830 Tjele	89 99 18 72	89991619	KasiaDebosz@agrsci.dk
Fomsgaard	Inge	Danmarks Jordbrugsforskning, Afd. for Ukrudtsbekæmpelse og Pesticidøkologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	58113410	58113301	ifo@aup.sp.dk fomsgaar@post4.tele.dk
Gejlsberg	Bo	DHI, Agern Allé 11, 2970 Hørsholm	45169200	45169292	Bge@DHI.dk
Halling-Sørensen	Bent	Inst. For Analytisk og Farmaceutisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, Universitetsparken 2, 2100 Kbh. Ø	35306453	35366001	bhs@mail.dfh.dk
Hansen	Steen Honoré	Inst. For Analytisk og Farmaceutisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, Universitetsparken 2, 2100 Kbh. Ø	35370850 lokal 256	35375376	shh@mail.dfh.dk

Helweg	Arne	Danmarks Jordbrugsforskning, Afd. for Ukrudtsbekæmpelse og Pesticidøkologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	58113300	58113301	ahe@aup.sp.dk
Henriksen	Kaj	Inst. For Vand, Jord og Miljøteknik, Aalborg Universitet, Sohngaardsholmsvej 57, 9000 Aalborg	96358510 96359759	98142555	i5kh@civil.auc.dk
Hesselsøe	Martin	Inst. for Vand, Jord og Miljøteknik, Aalborg Universitet, Sohngaardsholmsvej 57, 9000 Aalborg	96358522	98142555	i5mahe@civil.auc.dk
Holmstrup	Martin	Afd. for Terrestrisk Økologi, DMU, Postboks 314, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg	89201400	89201415	mho@dmu.dk
Hummelshøj	Poul	Bygning VEA-125, Forskningscenter RISØ, Postboks 49, 4000 Roskilde	46775032	46775970	poul.hummelshoej@risoe.dk
Ingerslev	Flemming	Inst. For Analytisk og Farmaceutisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, Universitetsparken 2, 2100 Kbh. Ø	35370850 lokal 459	35375744	fi@mail.dfh.dk
do.		Agroøkologi, Institut for Jordbrugsvidenskab, KVL, Agrovej 10, 2630 Taastrup	35283517	35282175	esj@kvl.dk
Jensen	John	Afd. for Terrestrisk Økologi, DMU, Postboks 314, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg	89201400	89201415	jje@dmu.dk
Jensen	Niels Otto	Bygning VEA-125, Forskningscenter RISØ, Postboks 49, 4000 Roskilde	46775007	46775970	n.o.jensen@risoe.dk
Jepsen	Svend Erik	Kontoret for Husholdningsaffald, Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K	32660100		sej@mst.dk
Jungersen	Gert	Center for Bioteknik, DTI, Gregersensvej, Postboks 141, 2630 Tåstrup	43 50 46 93	43993414	gert.jungersen@dti.dk
Jørgensen	Sven Erik	Inst. for Analytisk og Farmaceutisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, Universitetsparken 2, 2100 Kbh. Ø	35370850 lokal 281	35375744	sej@mail.dfh.dk
Kjøller	Annelise	Afd. for Generel Mikrobiologi, Københavns Universitet, Sølvgade 83H, 1307 Kbh. K	35322045	35322040	ak@mermaid.molbio.ku.dk
Knudsen	Leif	Landbrugets Rådgivningscenter, udkærsvvej 15, 8200 Århus N	87405428	87405090	lek@lr.dk
Kristensen	Erik Steen	Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Foulum, Postboks 50, 8830 Tjele	89991676	89991839	esk@foejo.sp.dk
Krogh	Paul H.	Afd. for Terrestrisk Økologi, DMU, Postboks 314, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg	89201588	89201413	tephk@dmu.dk

Kure	Liv Kirstin	Bygn. PBK-309, RISØ, Postboks 49, 4000 Roskilde	46774152	46774160	liv.kure@risoe.dk
Kusk	Ole K.	Institut for Miljøteknologi, Bygn. 115, DTU, 2800 Lyngby	45251569	45932850	kok@imt.dtu.dk
Ladekarl	Ulla Lyngs	Geologisk Institut, Aarhus Universitet, Ny Munkegade, Bygning 520, 8000 Aarhus C	89423660	86180037	
Larsen	Anders Brinch	Novo Nordisk A/S, Hallas Allé, 4400 Kalundborg	44435335	59515832	abl@novo.dk
Laternus	Frank	Bygn. PBK-124, RISØ, Postboks 49, 4000 Roskilde	46774284	46774260	frank.laternus@risoe.dk
Lorenzen	Inge-Marie	Landbrugs- og Bioteknologikontoret, Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 Kbh. K	32660360	32660479	iml@mst.dk
Lützhøft	Hans Christian	Inst. for Analytisk og Farmaceutisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, Universitetsparken 2, 2100 Kbh. Ø	35370850 lokal 459	35375744	hchl@mail.dfh.dk
Løkke	Hans	Afd. for Terrestisk Økologi, DMU, Postboks 314, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg	89201400	89201414	hlo@dmu.dk
Madsen	Torben	DHI, Agern Allé 11, 2970 Hørsholm	45169200	45169292	tma@DHI.dk
Mai	Pia	Center for Bioteknik, DTI, Gregersensvej, Postboks 141, 2630 Tåstrup	43504695		Pia.mai@dti.dk
Mikkelsen	Teis	Bygning PBK-114, Forskningscenter RISØ, Postboks 49, 4000 Roskilde	46774162	46774193	teis.mikkelsen@risoe.dk
Mortensen	Gerda Krog	Bygning PBK-124, Afd. for Plantebiologi og Biogeokemi, Forskningscenter Risø, Postboks 49, 4000 Roskilde	46 77 42 49	46 77 41 09	Gerda.krog.mortensen@risoe
Møldrup	Per	Inst. for jord, vand og miljø, Aalborg Universitet, Sohngaardsholmsvej 57, 9000 Aalborg	96358460	98142555	i5pm@civil.auc.dk
Møller	Jakob	Forskningscenter for Skov og Landskab, Hørsholm Kongevej 11, 2970 Hørsholm	45178335	45763233	jam@fsl.dk
Nielsen	Søren Nors	Inst. for Analytisk og Farmaceutisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, Universitetsparken 2, 2100 Kbh. Ø	35370850 lokal 455	35375744	snn@mail.dfh.dk
Nyholm	Niels	Institut for Miljøteknologi, Bygn. 115, DTU, 2800 Lyngby	45251471	45932850	nn@imt.dtu.dk
Nørnberg	Per	Geologisk Institut, Aarhus Universitet, Ny Munkegade, Bygning 520, 8000 Aarhus C	89423804	86180037	geompn@aau.dk
Pedersen	Anne Rathmann	DHI, Agern Allé 11, 2970 Hørsholm	45169200	45169200	

Petersen	Jens	Afd. for Plantevækst og Jord, Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Foulum, Postboks 50, 8830 Tjele	89991712	89991619	jp@pvf.sp.dk
Petersen	Søren O.	Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Foulum, Postboks 50, 8830 Tjele	89991723	89991719	Soren.o.petersen@agrsci.dk
Pilegaard	Kim	Bygn. PBK-114, RISØ; Postboks 49, 4000 Roskilde	42674175	46774193	Kim.pilegaard@risoe.dk
Primé	Anders	Afd. for Generel Mikrobiologi, Københavns Universitet, Sølvgade 83H, 1307 Kbh. K	35 32 20 54	35 32 20 40	aprie-me@mermaid.molbio.ku.dk
Rabølle	Mette	Danmarks Jordbrugsforskning, Afd. for Ukrudtsbekæmpelse og Pesticidøkologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	58113412	58113301	Mette.rabolle@agrsci.dk
Rasmussen	Dorte	DHI, Agern Allé 11, 2970 Hørsholm	45169200	45169292	dor@DHI.dk
Rasmussen	Lennart	Bygn. PBK-124, RISØ Postboks 49, 4000 Roskilde	46774104	46774109	lennart.rasmussen@risoe.dk
Reeh	Ulrik	Forskningscenter for Skov og Landskab, Hørsholm Kongevej 11, 2970 Hørsholm	45178263	45763233	ulr@fsl.dk
Ro-Poulsen	Helge	Økologisk afdeling, Botanisk Institut, Københavns Universitet, Øster Farimagsgade 2D, 1353 Kbh. K	35322258	35322321	helgerp@bot.ku.dk
Roslev	Peter	Inst. for Vand, Jord og Miljøteknik, Aalborg Universitet, Sohngaardsholmsvej 57, 9000 Ålborg	96358505	98142555	i5pr@civil.auc.dk
Rubæk	Gitte	Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Foulum, Postboks 50, 8830 Tjele	89991859	89881719	Gitte.Rubaek@agrsci.dk
Samsøe-Petersen	Lise	DHI, Agern Allé 11, 2970 Hørsholm	45169200	45169292	lsp@DHI.dk
Schjørring	Jan K	Inst. for Jordbrugsvidenskab, KVL, Thorvaldsensvej 40, 1871 Frederiksberg C	35283495	35283460	jan.k.schjoerring@agsci.kvl.d
Schmidt	Jens Ejbye	Institut for Bioteknologi, Bygn. 223, DTU, 2800 Lyngby	45251560	45932850	jes@ibt.dtu.dk
Scott-Fordsmann	Janeck	Afd. for Terrestisk Økologi, DMU, Postboks 314, Vejlssøvej 25, 8600 Silkeborg	89201400	89201414	Jsf@dmu.dk
Sørensen	Jan	Sektion for Genetik og Mikrobiologi, Inst. f. Økologi og Molekylærbiologi, KVL, Thorvaldsensvej 40, 1871 Frederiksberg C	35282626	35282606	jan@kvl.dk

Tjørnelund	Jette	Inst. for Analytisk og Farmaceutisk kemi, Danmarks Farmaceutiske Højskole, Universi- tetsparken 2, 2100 Kbh. Ø	35370850	35375376	jt@mail.dfh.dk
Winther-Nielsen	Margrethe	DHI, Agern Allé 11, 2970 Hørsholm	45169320	45169292	mwn@DHI.dk