

MEST (EN ANDERE "AFVALSTOFFEN"), VOORAL RECYCLING-  
EN ENERGIEASPECTEN

Verslag van een studiereis naar de Verenigde Staten van 14 april  
t/m 6 mei 1975

(met een bijlage waarin enkele notities over onderzoek in de VS naar  
neveneffecten van bestrijdingsmiddelen)

door

H. VAN DIJK en H.G. VAN FAASSEN

1975

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Costerweg 92, Haren (Gr.)

ISBN: 2250269

## INHOUD

Inleiding	3
7th Annual Cornell University Conference on Energy, Agriculture and Waste Management	5
Energieverbruik in de landbouw	5
Methaangaswinning uit mest	7
Pyrolyse	11
Hervoeding van mest (vooral kippemest)	11
Megista-projecten van Cornell University	13
Third International Symposium on Livestock Wastes	14
Beef feedlot waste	14
Swine production and waste management: State-of-the-art	15
Verwerking van rundveemest	17
Hervoeding van oxidatieslootvloeistof	18
Oxidatiesloot	18
Hervoeding van rundveemest	18
Grondfilter	19
Automatisch drijfmestverwerkingsstelsel	19
Composteren van varkensfeces	19
Stankcomponenten en stankbestrijding	20
Megista-projecten van University of Illinois	21
Hervoeding van verwerkte mest	21
Het Cereco-proces voor mestverwerking	24
Onderzoek in Fort Collins, Colorado	26
Lysimeters in een feedlot	26
Simulatie van de P-cyclus in semi-aride grasland	26
Megista-projecten aan Michigan State University	28
Stankbestrijding	28
Fermentorproeven. Grondfilter	28
Hervoeding van gedroogde varkensfeces en van ODML	29
National Program Staff, ARS-USDA, Beltsville, Maryland	31
Biological Waste Management Laboratory, ARS-USDA, Beltsville Maryland	33
Hervoeding van mest	33
Zware metalen (fytotoxische elementen) bij toepassing van rioolslib op landbouwgronden	34
Compostering van rioolslib	37
Conclusies en aanbevelingen	39
Bijlage: Enkele notities over onderzoek in de VS naar nevenwerkingen van bestrijdingsmiddelen	41

## INLEIDING

Doel van het bezoek was de deelname aan de "7th Annual Cornell University Conference on Energy, Agriculture and Waste Management", van 16 t/m 18 april in Syracuse, N. Y., en aan het "3rd International Symposium on Livestock Wastes", van 21 t/m 24 april in Urbana-Champaign, Ill.

Aansluitend werd een bezoek gebracht aan een aantal instellingen die zich bezig houden met het onderzoek naar het gebruik en de verwerking van mest en de bestrijding van stank. Daarbij ging het vooral om recente vorderingen die men op dit gebied heeft gemaakt sinds het bezoek van ir. J.H. Voorburg en ir. A.A. Jongebreuer in maart/april 1974.

Daarnaast werd, waar dit "in de loop kon worden meegenomen" enige aandacht besteed aan onderzoek in de VS inzake nevenwerkingen van bestrijdingsmiddelen, in het bijzonder op de microflora van de grond. Het verslag hiervan is in een bijlage opgenomen.

De volgende instellingen werden bezocht:

Department of Agricultural Engineering, Cornell University, Ithaca, N.Y.

Department of Agricultural Engineering, University of Illinois, Urbana-Champaign, Ill.

Department of Agricultural Engineering, Michigan State University, East-Lansing, Mich.

Department of Agricultural Engineering, University of Maryland, College Park, Md.

Verschillende afdelingen van de Colorado State University, Fort Collins, Colo.

Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, afdeling Fort Collins, Colo.

Een mestverwerkingsbedrijf van Ceres Ecology Corporation in Stirling, Colo.

ARS-USDA: National Program Staff, Soil, Water and Air Sciences, Beltsville, Md.

ARS-USDA, North Eastern Region: Agricultural Environmental Quality Institute: Biological Waste Management Laboratory en Pesticide Degradation Laboratory, Beltsville, Md.

Office of Pesticide Programs, Registration Division, Environment  
Protection Agency, Washington, D.C.

7th ANNUAL CORNELL UNIVERSITY CONFERENCE ON ENERGY,  
AGRICULTURE AND WASTE MANAGEMENT

Aantal deelnemers ca. 200. Er werden 40 voordrachten gehouden, waarvan de teksten in de loop van dit jaar zullen worden gepubliceerd in boekvorm. Er waren geen abstracts verkrijgbaar.

De landbouw gebruikt aanzienlijke hoeveelheden energie voor de produktie van voedsel en vezels. Nieuwe energiebehoeften zijn ook ontstaan om afvalstoffen zo te verwerken dat wordt voldaan aan de eis van het publiek van een schoner leefmilieu. De beide gebieden worden met elkaar verbonden in recente studies die de mogelijkheid benadrukken om energie te winnen uit afvalstoffen.

De nadruk van de conferentie lag op: Energieverbruik in de landbouw, technologie en energieverbruik voor de verwerking van afvalstoffen, en mogelijkheden om energie te winnen uit agrarische afvalstoffen.

Hieronder volgt een korte toelichting op de voordrachten, waarna het onderzoek naar de mogelijkheden van methaangaswinning uit mest zal worden besproken. Dit laatste omvat ook de voordrachten die hierover op het symposium in Urbana zijn gehouden.

#### Energieverbruik in de landbouw

Het energieverbruik in de landbouw in de VS is slechts 3-5% van het totale energieverbruik. Toch is de landbouw een vrij energie-intensieve bedrijfstak. De verdubbeling van de opbrengsten sinds 1900 is bereikt door een vertienvoudiging van het energieverbruik. Het stikstofverbruik steeg in de periode 1945-1970 van 10 tot 120 kg/ha (dit kost 900.000 kcal). Het energieverbruik voor het drogen van mais steeg in dezelfde periode van 10.000 tot 300.000 kcal/ha. De sterke toename van beregning kost zeer veel energie. In wat mindere mate geldt dit voor de produktie en toepassing van pesticiden (één kg pesticide kost ongeveer 70.000 kcal). Daarnaast werden mensen vervangen door machines. Door dit alles ging de energie-output/input-verhouding voor mais omlaag van 3,26 in 1945 tot 2,52 in 1970 (Pimentel, Cornell). Een kleine verdere

opbrengstverhoging gaat ons bovendien steeds meer extra energie kosten (wet van de verminderende meeropbrengsten).

Op een aantal punten kan misschien wel enige energiebesparing worden bereikt, o.a. grondbewerking (?) en vermindering van het percentage van de graanoogst dat aan het vee wordt opgevoerd (thans 90% in de VS). Volgens Ward (Fort Collins) zou in de VS, indien alle rundermest technisch verwerkt zou worden (Cereco-proces), de voederwaarde van 7,1 miljoen ton mais (1,1 miljoen ha) plus 6,1 miljoen ton sojameel (4,5 miljoen ha) gewonnen kunnen worden, wat ook een aanmerkelijke energiebesparing zou inhouden.

Wanneer echter in de maatschappij als geheel aanzienlijke energiebesparingen nodig zijn, dienen deze zeker niet in de eerste plaats van de landbouw te komen; m.a.w. energieverbruik voor voedselproductie heeft een hoge prioriteit. In de VS is een sterke invloed uitgegaan van de marktprijzen voor landbouwprodukten op de gewaskeuze door de boeren (op basis van maximale winstverwachting). De zeer grote vrijheid op dit gebied heeft ook wel negatieve kanten. De kosten van de stikstofmeststoffen maken het grootste deel uit van de kosten van kunstmest. De produktie van stikstofmeststoffen kost dan ook veel meer energie dan die van fosfaat- en kalimeststoffen. Met de prijsstijging van de energie zijn de prijzen voor stikstofmeststof van 1971 tot 1975 met een factor 2 à 3 gestegen. Daarbij komt nog het effect van sterke schommelingen in de capaciteit van de stikstofbindingsindustrie tussen overcapaciteit en onderproduktie. Deze industrie is vrijwel geheel afhankelijk van aardgas, dat in de VS nog de meest schaarse energiebron is. Binnen 5 jaar is 20 miljoen ton ammoniak meer nodig (Sherff, meststofindustrie). Het gevolg is een versterkte aandacht voor het benutten van de stikstof uit agrarische afvalstoffen voor bemestingsdoeleinden (nutrient conservation). Lauer (Cornell) vermeldt een totale mestproduktie in de VS van  $237 \cdot 10^6$  ton droge stof, voor 82% afkomstig van rundvee, voor 9,4% van varkens en voor  $1/3$  à  $1/2$  geproduceerd in "confinements". De verliezen aan stikstof zijn vóór het uitrijden 25-40% van totaal-N en na het spreiden 15-25%. Als 50% van totaal-N in mest, geproduceerd in "confinements" verloren gaat dan betekent dit een verlies van  $3,2 \cdot 10^6$  ton stikstof!

Vanwege de energiecrisis lijkt er ook wat ruimte te zijn ontstaan voor een energiearme en arbeidsintensieve landbouw. Daarbij speelt recycling van (huishoudelijke) afvalstoffen een belangrijke rol. Vaak is er een sterker

contact tussen producenten en consumenten vanwege kortere afzetlijnen (Goldstein, redacteur van "Compost Science").

Voor een groot aantal bedrijfssystemen is een gedetailleerde energieverbruiksbalans opgemaakt (helaas meestal weergegeven in Amerikaanse eenheden; voor exacte gegevens moet de publikatie worden afgewacht). Globaal gezien neemt in de VS de grootte van het aandeel in het totale energieverbruik in de landbouw af in de volgorde irrigatie, transport, kunstmest/machinegebruik, directe oogstverwerking, bosbouw, veehouderij.

### Methaangaswinning uit mest

De mogelijkheid om in de eigen energiebehoefte te voorzien op basis van methaangaswinning uit dierlijke mest lijkt aantrekkelijk vanuit het oogpunt van onafhankelijkheid van energietoevoer van buiten.

Methaangisting van mest kan, indien goed uitgevoerd, leiden tot een aanzienlijke stankvermindering en een afdoding van pathogene kiemen. Tevens blijven de mineralen uit de mest volledig behouden voor bemesting van het land. Dit is van belang gezien de stijgende kunstmestprijzen; men moet dan natuurlijk wel over voldoende land beschikken op niet al te grote afstand.

Tegenover deze positieve punten staan de volgende vraagpunten en bezwaren:

- In hoeverre is de boer bereid en in staat een methaangistingsinstallatie op zijn bedrijf te plaatsen? De investering is hoog, echter vergelijkbaar met andere investeringen van het bedrijf. Automatisering van de installatie en inschakeling van goed opgeleid personeel voor onderhoud en vooral voor reparaties in geval van storingen lijkt wel een vereiste (service-industrie?). In elk geval moet de hoeveelheid werk er niet door toenemen wil een dergelijke installatie acceptabel zijn. Verder onderzoek moet uitwijzen in hoeverre door gebruikmaking van goedkopere materialen de investeringskosten nog sterk kunnen worden verlaagd.
- Alleen op grote bedrijven, bijv. met meer dan 100 melkkoeien, zijn de jaarlijkse kosten naar schatting vergelijkbaar met die van andere mestbehandelingssystemen.
- Het energieverbruik op de bedrijven vertoont in de loop van het jaar

een aantal pieken, o. a. in de oogsttijd. Opslag van methaangas is duur en niet zonder gevaar. Genoemd werd een mogelijke opslag van het methaan in kerosine (tevens een eenvoudige zuivering omdat koolzuurgas niet oplost).

- Alleen energieverbruik voor verwarming en in de vorm van electriciteit is zonder veel moeite op basis van methaangasverbranding mogelijk. Voor tractoren bijv. zijn speciale voorzieningen nodig.

Kort samengevat lijkt methaangaswinning uit dierlijke mest dan ook alleen aantrekkelijk als een totaalsysteem voor pollution control, energieproductie en meststofbehoud. Het biedt dus geen vervanging voor het op het land brengen van de mineralen! Uitsluitend gezien als energiebron is de produktie van methaan uit dierlijke mest een factor 5 à 10 duurder dan aardgas, propaan of olie.

Op de beide symposia werden totaal ongeveer 15 voordrachten gehouden over methaanwinning uit dierlijke mest. Er is vrij wat onderzoek gedaan op laboratoriumschaal (1 tot 20 liter) en op pilot-plant schaal (ca. 2,5 m<sup>3</sup>). Wat vooral ontbreekt zijn ervaringen met praktijkinstallaties, waarin de moderne inzichten reeds zijn verwerkt. In de VS was slechts één zo'n installatie bekend die volgens zeggen al een half jaar lang vrijwel zonder storing in de electriciteitsvoorziening van een bedrijf voorzag. Daar komt nog bij dat de investeringskosten van deze plug-flow installatie ongeveer 50% lager zijn dan wat meestal wordt opgegeven voor een klassieke installatie van die afmetingen (Kuntree Building Co., Rt. 2 Beaune Road, Ludington, Michigan 49431; Jerry Malstrom). De gegevens over deze installatie waren onvoldoende om een gefundeerd oordeel erover te geven.

Hieronder volgt een lijst van namen van onderzoekers op het gebied van de methaangisting met enkele opmerkingen n. a. v. hun voordrachten.

H a s s a n, Univ. of Maine, ging uit van verdunde kippemest. Optimaal was een drogestof-gehalte van ca. 7%; bij een retentietijd van 60 dagen werd 140 liter CH<sub>4</sub> geproduceerd per kg droge mest (bij 25° ± 3°C); de drogestofafbraak liep van 50-70%; het gas bestond tot maximaal 85% uit methaan; de methaanproduktie nam toe bij toevoegen van een makkelijk aantastbare C-bron. Gewerkt werd op literschaal en met een 600-gallon demonstratie-unit (batchproef). Op het gefiltreerde effluent werden algen (S c e n e d e s m u s) gekweekt waardoor het stikstofgehalte van het effluent



zover daalde dat het effluent kon worden hergebruikt. In de discussie werd opgemerkt dat algen wel erg produktief zijn, maar dat het opwerken erg veel energie vergt.

Fisher, USDA-ARS, Columbia, Missouri werkte op 200-liter-schaal met varkensdrijfmest; de verblijftijd was 7 resp. 15 dagen, de pH = 7-7.4,  $\text{NH}_4$  kleiner dan 2000 mg/l; 30-35% van het methaangas was nodig om de fermentor te verwarmen; de gasproduktie lijkt een goede indicator voor het procesverloop te zijn; 5% van de stikstof en 25% van het fosfaat kwam in het slib terecht. Eén keer viel de gasproduktie zeer sterk terug nadat in één varkenshok antibiotica waren toegepast.

Kroeker, Univ. of Manitoba, Winnipeg, Canada, is bezig de methaangaswinning uit varkensdrijfmest te onderzoeken bij de daar geldende lage temperaturen.

Abeles, Univ. of Wisconsin, wees er vooral op de sociale gevolgen en de acceptatie door de boeren van methaangasinstallaties niet te onderschatten; zijn proefinstallatie was voorzien van een gasdetector en beveiliging tegen explosiegevaar.

Wong-Chong, Univ. of Hawaii, voerde een soort anaërobe compostering uit met mest van melkkoeien, bij een drogestofgehalte van 20-30%; de urine liet hij via een schuine vloer weglopen; hij kreeg hoge methaangasproducties vooral bij verse mest, nl. 2,5 keer zoveel als bij bewaarde mest.

Robertson, Rowett Research Inst., Aberdeen, Schotland, slaagde er niet in om uit varkensdrijfmest voldoende methaan te winnen om de fermentor op de gewenste temperatuur van 35°C te houden; hij ging ervan uit dat met goedkopere bouwmaterialen, lagere retentietijden, warmte-terugwinning uit het effluent en toevoeging van een C-bron het proces nog sterk te verbeteren zou zijn; hij noemde de geur van de verwerkte mest "minder bezwaarlijk"; slib en effluent moesten op het land worden gebracht.

Hill, Clemson Univ., South Carolina, had een model ontwikkeld voor de methaangisting; opvallend was dat de celopbrengst op basis van acetaat op 1% werd gesteld, wat een zeer lage biomassa-productie betekent.

Gerish, Michigan State University, beschikte over een demonstratiemodel van een methaanvergister; hij beschouwde de methaangas-

gisting uitsluitend als een mogelijkheid om stank te bestrijden vóór het uitrijden; de opstelling diende vooral ook om in methaangaswinning belangstellende boeren te laten zien wat er allemaal voor kon t kijken, n. a. w. om ze af te raden er mee te beginnen.

Morris, Cornell Univ., sprak over methaangaswinning als een totaalsysteem voor pollution control, energiewinning en meststofbehoud. Naast enkele eenvoudige studentenproefjes over methaanwinning uit mest van melkvee lag de nadruk op een berekening van de economie van een melkveehouderij resp. een beef-feedlot, waar de methaangaswinning in het bedrijf was geïntegreerd. Vijf systemen van methaanwinning werden in beschouwing genomen. Hij noemde investeringskosten van 200-550 \$ per koe en jaarlijkse kosten van 45-150 \$ per koe. Alleen op bedrijven met minstens 100 melkkoeien of 1000 stuks mestvee schat hij dat de jaarlijkse kosten vergelijkbaar zijn met die van andere mestbehandelings-systemen. Hij kon niet goed duidelijk maken waarom hij toch een veelbelovende toekomst zag voor de methaangaswinning.

Kim, Univ. of Illinois, berekende de energiekosten in kcal en in dollars van 4 systemen van mestverwerking. Hij kwam tot de volgende rangschikking: (1) anaërobe opslag en verspreiding op het land; (2) methaanwinning (80% van het profijt werd uitgemaakt door de bemestingswaarde; de plaatsing is dus sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van land); (3) oxidatiesloot met hervoeding van de gemengde vloeistof (zeer weinig land vereist); (4) drogen en hervoederen. Alleen bij (1) was er een geringe netto-energiewinst. De volgorde werd opgesteld op basis van een simulatiemodel voor ondernemingen die jaarlijks 4000 varkens aan de markt brengen.

Bryant, Univ. of Illinois onderzoekt naast de mesofiele methaangisting ook de mogelijkheden van een thermofiel proces. Hierover werd geen voordracht gehouden. Een van de deelnemers vermeldde dat met een combinatie van reïncultures van een thermofiele *Clostridium* en een thermofiele methaanvormende bacteriestam een verhoogde afbraak werd gevonden. Dit zou worden bekend gemaakt tijdens de ASM-conference in New York (eind april 1975).

Koelliker e. a. van Karsas State Univ. ontwikkelden een systeem waarbij methaangas door de gistingstank wordt gerecirculeerd via een fosforzuurkolom om ammoniak te s'rippen en een kolom met loog om koolzuur

te verwijderen. Per uur werd ongeveer driemaal het vloeistofvolume aan methaangas gerecirculeerd.

### Pyrolyse

Voor de verwerking van vrij droge afvalstoffen lijkt prolyse een alternatieve mogelijkheid van afvalverwerking. Pyrolyse houdt in een destructieve destillatie onder uitsluiting van zuurstof, of met zeer kleine hoeveelheden zuurstof. Aantrekkelijk leek een mobiele eenheid die op twee vrachtwagens was gemonteerd en waarmee men de afvalstoffen ter plaatse kon gaan verwerken.

### Hervoeding van mest (vooral kippemest)

In een informele discussie over hervoeding werd vooral gesproken over voeding van kippemest. Het voorkomen van residuen leek geen groot probleem, m. u. v. koper; de gevaren van verspreiding van pathogene kiemen maken een wettelijke regeling van de wijze waarop de mest verwerkt dient te worden noodzakelijk; er moet steeds rekening worden gehouden met het feit dat we te maken hebben met een goed medium voor de ontwikkeling van schadelijkè kiemen, ook na de verwerking.

Urinezuur, dat het voornaamste deel van de stikstof uitmaakt in kippemest, wordt door herkauwers beter benut dan ureum en is beneden een bepaald gehalte ook acceptabel voor pluimvee; daarboven vindt een snelle afname van groei en produktie plaats.

De kosten zijn sterk afhankelijk van het vochtgehalte van de mest; hoe verser het materiaal, des te waardevoller het is; drogen moet dan ook zo snel mogelijk gebeuren. Er werd gesproken over een waarde van 85 \$ per ton gedroogde mest (met 10-12% vocht); de totale verwerkingskosten waren ongeveer 15% van dit bedrag; kippemest is zeer rijk aan calcium en fosfor; er is een groot verschil in de samenstelling van de mest van braadkuikens en mest van leghennen.

Waarom zou het publiek de hervoeding van kippemest niet op dezelfde wijze accepteren als voeding van vismeel, slachtafvallen, enz.?

Ensileren samen met produkten die niet rechtstreeks benutbaar zijn

zoals maiskolven en stro, maakt misschien drogen overbodig; in elk geval zijn dan gemakkelijk fermenteerbare koolhydraten nodig om een snelle pH-daling en pasteurisatie te krijgen.

## MEGISTA-PROJECTEN VAN CORNELL UNIVERSITY

Aansluitend aan de Cornell Conference werd een bezoek gebracht aan het Department of Agricultural Engineering van Cornell University.

Voor de verwerking van kippemest werden twee droogsystemen (diep-pit high rise systeem en drogen in dunne laag, loswerken en afvoeren) vergeleken met een oxidatiesloot onder de batterijen, dan wel een spoelsysteem in combinatie met een oxidatietank. Bij het drogen was duidelijk meer ammoniak te ruiken dan bij de natte verwerking; bovendien gaven de droogsystemen problemen met stof, schimmelen bij onvoldoende droging, meer vliegen, ratten en gezondheidsrisico's voor het personeel. De oxidatiesloot en het flushsysteem plus oxidatietank werd vooral bedreven als stankbestrijding, wat goed gelukt leek. Om extra stikstofverliezen door nitrificatie en denitrificatie te voorkomen werd een verblijftijd aangehouden die kleiner is dan de verdubbelingstijd van de nitrificerende bacteriën. Stank zou vooral worden veroorzaakt door de opgeloste COD; ca. 30% van de COD is in oplossing, 25% is snel biologisch afbreekbaar en 5% niet. Het drogestofgehalte werd op 6-8% gehouden door vaste stof te laten bezinken en af te voeren. In de oxidatietank met bellensbeluchting werd een zeer goede zuurstofoverdracht bereikt (zie ook blz. 18).

Op een onderzoekcentrum met 400 melkkoeien worden met elkaar vergeleken: compostering, oxidatiesloot en aërobe thermofiele verwerking (LICOM) van mest; dit laatste systeem moest nog gestart worden. Methaangaswinning uit koeiemest werd alleen op labschaal in enkele studentenproefjes onderzocht.

Over het onderzoeksprogramma inzake runoff-verontreiniging werd aan de hand van dia's een indruk gekregen; van de voorlopige resultaten is een publikatie beschikbaar (Land application of dairy manure, Aurora research plots; dit valt onder prof. Paul J. Zwerman).

Een goed overzicht van het onderzoek van de stafleden met opgaven van verschenen publikaties is te vinden in: "Graduate study opportunities in Agricultural Waste Management and Rural Environmental Engineering at Cornell University".

## THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LIVESTOCK WASTES

Er waren ongeveer 500 deelnemers uit de VS en ruim 100 van buiten de VS. Totaal werden er 180 voordrachten gehouden, in drie parallelzittingen. De abstracts van de voordrachten werden bij de aanvang van het symposium in boekvorm uitgereikt. Hieronder volgt een overzicht van de aantallen lezingen per deelgebied:

Eigenschappen van mest: fysisch-chemisch: 4, nutriënten: 4, bemestingswaarde: 10.

Opslag, verwerking en transport: 5, scheidingstechnieken: 7.

Mestverwerkingsystemen voor pluimvee: 4, voor rundvee: 6, voor melkvee: 14, voor varkens: 14, drogen: 3, composteren: 7, oxidatiesloten: 6, oppervlaktebeluchters: 5, anaërobe verwerking: 5, benutting als energiebron: 6, systeemontwerp: 7, microbiologie: 6.

Hergebruik van mest als veevoer: 14.

Hoge mestgiften op land: 12, nutriënt transport in de grond: 6, feedlot runoff control: 6.

Stankcomponenten: 5, en stankbestrijding: 5.

Wetgeving en gevolgen hiervan voor de veehouderij: 9.

Economische aspecten: 5; volksgezondheidsaspecten: 5.

Over enkele van de voordrachten volgen hier nog wat nadere bijzonderheden. De voordrachten worden in de loop van dit jaar in boekvorm uitgegeven door de ASAE.

## Beef feedlot waste

Badger (Oklahoma State Univ., Stillwater) schetste de ontwikkeling van 1971-1975: De prijs van ammoniumnitraat-stikstof steeg van f 0,45 tot f 1,35 per kg, terwijl 16 miljoen ha land die recent aan de produktie onttrokken waren (Soil Bank Land), nu opnieuw in produktie worden gebracht. Gevolg: "herontdekking" van stalmest uit de feedlots als meststof, waard

om ca. 30 km te vervoeren en te spreiden, waardoor nu de "mestbergen" in de zuidwestelijke staten in snel tempo verdwijnen.

#### Swine production and waste management: State-of-the-art

Een kritisch overzicht van gegevens over varkensdrijfmestsamenstelling en resultaten van verwerkingsystemen, door Overcash e.a. van North Carolina State University.

De VS telt een varkensstapel van ongeveer 60 miljoen stuks, waarvan 60% vrij in het land loopt, 25% in eenheden met betonvloeren en 15% in gebouwen met - meestal gedeeltelijk - roostervloeren. Er is een trend naar het toenemend houden van varkens in gesloten gebouwen. De hoeveelheid mest die wordt geproduceerd hangt samen met het gewicht van de dieren. De biologische zuurstofbehoefte (BOD<sub>5</sub>) van verse drijfmest, uitgedrukt per kg dier per dag, bedraagt ongeveer 2 g zuurstof; voor drachtige zeugen en beren is dit wat minder, nl. 1,4 resp. 1,1 g. Enkele gegevens over de samenstelling van drijfmest die als meest betrouwbare waarden worden beschouwd op basis van een evaluatie van grote aantallen gegevens zijn in tabel I weergegeven.

TABEL I. Samenstelling van varkensdrijfmest: chemische karakterisering

COD	BOD <sub>5</sub>		TOC		Totaal-N	P	K	
----- g/l -----								
86	34		24		6	1,7	2,6	
Ca	Mg	S	Fe	Zn	B	Mn	Na	Cu
----- g/kg droge stof -----								
29	7	7	1,2	0,50	0,27	0,2	6	0,10

Per 100 kg slachtvarken wordt per dag ongeveer 8,4 kg (= liter) mest plus urine geproduceerd. Het drogestofgehalte van deze drijfmest bedraagt 8%; van de droge stof bestaat 83% uit zgn. vluchtige stof (= gloeiverlies). De uiteindelijke belasting van een verwerkingsstelsel hangt o.a. af van de wijze van huisvesting, voederwijze, gebruik van

spoelwater, voorscheiding door bezinken, afbraak en verliezen door ver- vluchtiging. Om risico's met vrijkomende giftige gassen te vermijden, kan verwerking onder de stal het best gecombineerd worden met invoer van ventilatielucht door het dak en afvoer door de roosters. Momenteel wordt slechts een klein deel van de varkens in de VS gehouden in gebou- wen met een verwerkingssysteem onder de vloer, hoewel de grote be- langstelling hiervoor nog steeds bestaat. Na direct uitrijden van de mest is het voornaamste verwerkingssysteem in de VS nog altijd het anaërobe lagoon. Concentraties in de overloop van een goed werkend lagoon liggen in de orde van COD 1-10 g/l en BOD<sub>5</sub> 0,3-3,6 g/l. Voor oxidatiesloten onder de stal worden de afbraakpercentages (verliezen) en typische waar- den van enkele grootheden als volgt gegeven in tabel II.

TABEL II. A. Geschatte gemiddelde afnamepercentages bij drijfmestver- werking in een oxidatiesloot onder de stal (met 280 liter volume per var- ken)

BOD <sub>5</sub>	COD	Droge stof	Vluchtige stof	Totaal-N	Verblijftijd, dagen
90	75	50	80	80	50

B. Enkele typische concentraties van gemengde vloeistof en supernatant van oxidatiesloten

BOD <sub>5</sub>		COD		Droge stof, mix
mix	supern.	mix	supern.	
2500	10-150	12000	500-2500	12000

"De meest geschikte benadering van varkensdrijfmestverwerking, zowel uit technisch als economisch oogpunt, is het volume dat verwerkt moet worden zo klein mogelijk te maken, het te benutten door het weer op het land te brengen en het elimineren van puntlozingen". Een EPA-rapport over het bovenstaande is in voorbereiding.



## Verwerking van rundermest

Harper en Seckler (Colorado State Univ., Fort Collins) gaven een overzicht van de mogelijkheden om rundermest te verwerken. In grote lijnen zijn de volgende mogelijkheden vergeleken op investerings- en bedrijfskosten voor een feedlot van 10.000 slachtrunderen:

- I. Hervoeding
  - A. de totale mest
    1. gedroogde mest
    2. geënsileerde mest
  - B. Gefractioneerde mest
  - C. Gefermenteerde mest
- II. Energiewinning
  - A. Anaerobe fermentatie, methaangaswinning
  - B. Anaerobe fermentatie, enige methaanproductie met hervoeding van biomassa
  - C. Pyrolyse
- III. Meststofwaarde
  - A. Land spreading
  - B. Irrigatie

Vergelijkende berekeningen zijn gemaakt op basis van huidige en te verwachten prijzen van veevoer, energie en kunstmest. Zij concludeerden: (1) gebruik als meststof is alleen aantrekkelijk bij kleine, verspreid liggende bedrijven waardoor transportafstanden klein zijn; (2) de enige aantrekkelijke toepassing voor energiewinning is verbranding indien droge mest aanwezig is bij middelgrote tot grote bedrijven; (3) winning van veevoer uit mest is i. h. a. voordeliger dan gebruik als meststof of voor energiewinning; (4) de keuze van de techniek voor voeding uit mest hangt af van de bedrijfsgrootte; (5) "Manure is an extremely valuable agricultural resource. Thus, any technology which depends on 'disposal' subsidies is now obsolete".

Een proces waarbij mest wordt gefractioneerd in delen met verschillende energie- en eiwitniveaus biedt potentieel de meeste alternatieve toepassingsmogelijkheden en economische voordelen. Een goed voorbeeld hiervan is het cereco-proces, waarover meer op blz. 24 en 25.

Morrison c. s. (Colorado State Univ., Fort Collins) onderzochten de mogelijkheden om de cellulosefractie van mest meer aantastbaar te maken door behandeling met waterstofperoxide plus ferrosulfaat, gevolgd door hydrolyse met cellulase. Filtraten van zo behandelde mest gaven vijfmaal zoveel biomassa van *Candida utilis* (een gist), als controlefiltraten. Op deze wijze kan uit mest misschien een waardevol veevoersupplement worden verkregen of de produktie van microbiële biomassa in een actief-slibstelsel worden verhoogd.

#### Hervoeding van oxidatieslootvloeistof

Dit lijkt goed mogelijk voor varkens zwaarder dan ongeveer 45 kg. Proeven van Harmon en op een praktijkbedrijf in Illinois, en proeven van Miller in Lansing (Michigan, zie ook blz. 29) wijzen dit uit.

#### Oxidatiesloot

Naast vooral stankbestrijding biedt de oxidatiesloot een scala van mogelijkheden voor stikstofverwijdering dan wel stikstofbehoud, afhankelijk van de mate waarin de mest uitputtend wordt belucht en van de mogelijkheden voor het optreden van nitrificatie en denitrificatie. Goede ervaringen had Hashimoto van Cornell Univ. met een persluchtblower gecombineerd met een turbineroerder in een oxidatietank; hij kreeg een tweemaal zo efficiënte beluchting per eenheid energieverbruik als bij de oxidatiesloot (beide onder optimale omstandigheden).

#### Hervoeding van rundermest

Behandeld volgens het *Organiform*-proces lijkt hervoeding van rundermest een interessante mogelijkheid. Aan de mest wordt methylolureum toegevoegd plus een katalysator, waardoor een steriel, stabiel en stankvrij produkt ontstaat. Dit proces werd ontwikkeld door Organics Inc. in samenwerking met de University of Rhode Island.

Het al lange tijd bekende *ensilieren* van mest met andere voerbestanddelen, ontwikkeld door Anthony (Auburn Univ.) leidt tot een produkt dat bij voldoende pH-daling een goede afdoding geeft van pathogene

kiemen. De pH-daling is afhankelijk van de aanwezigheid van gemakkelijk fermenteerbare koolhydraten, temperatuur en tijdsduur van de ensilering. Het is i. h. a. goedkoper dan het drogen van de mest, dat bovendien de verteerbaarheid van het eiwit nadelig beïnvloedt.

#### Grondfilter

Het toepassen van een grondfilter voor het verwijderen van nutriënten uit mest is een mogelijkheid wanneer men over erg weinig land beschikt om mest uit te rijden (zie ook de opmerkingen hierover bij Michigan State Univ., blz. 29).

#### Automatisch drijfmestverwerkingsysteem

Taiganides van Ohio State Univ. beschikt over drie jaar onderzoeksresultaten met een geautomatiseerd drijfmestverwerkingsysteem met recycling van spoelvoestof. In de drie jaar dat de installatie heeft gedraaid zijn een aantal opgetreden problemen opgelost (schuimvorming bij beluchten, bevriezing in de winter). Interessant is het om de verschillen in resultaat te zien in de loop van een jaar, veroorzaakt door temperatuurverschillen. Een verslag van de ervaringen wordt binnenkort gepubliceerd als EPA-rapport. Het toepassen van omgekeerde osmose op effluenten leek enige mogelijkheden te bieden.

#### Composteren van varkensfeces

Aan het Cook College (= Rutgers-State Univ. of New Jersey) is ervaring opgedaan met het composteren van varkensfeces samen met huisvuil; varkensfeces alleen zijn niet goed te composteren vanwege de lage C/N-verhouding en de structuur die toetreding van lucht onvoldoende mogelijk maakt. Nadruk werd gelegd op de thermische en andere fysische eigenschappen van het materiaal dat wordt gecomposteerd, o. a. deeltjesgrootte en dichtheid, op de hiermee samenhangende procesfactoren temperatuur en vochtgehalte. De afname van de deeltjesgrootte bleek een goede procesindicator te zijn. Ook composteerde men rioolslib samen met huisvuil.

## Stankcomponenten en stankbestrijding

Op het gebied van het meten van stankcomponenten en van het vaststellen van stankhinder moet vooral het werk worden genoemd dat in Uppsala, Zweden verricht is. In Zweden heeft men bovendien een zeer strenge wetgeving waaraan veehouderijbedrijven moeten voldoen. Er wordt een verplichte koppeling genoemd met het hebben van voldoende land om de mest uit te kunnen rijden; bovendien is een opslagcapaciteit vereist voor 6 maanden voor de tijd dat men niet kan uitrijden.

Stankbestrijding door toepassen van chemicaliën, enzymen of bacteriepreparaten heeft nog geen algemene en afdoende oplossing geleverd die bovendien nog betaalbaar is. Het beste leek nog het toepassen van waterstofperoxide kort voor het uitrijden.

## MEGISTA-PROJECTEN VAN UNIVERSITY OF ILLINOIS

Livestock Waste Management Projects at the University of Illinois (oktober 1974) is een brochure van 21 pagina's: Hierin staan kort samengevat de projecten op het gebied van de mestverwerking met de tot nu toe behaalde resultaten. Uit dit programma nog kort de volgende punten.

## Hervoeding van verwerkte mest

Het systeem waarmee oxidatieslootvloeistof (ODML) aan varkens wordt gevoerd staat afgebeeld in figuur 1. De pomp wordt ingeschakeld

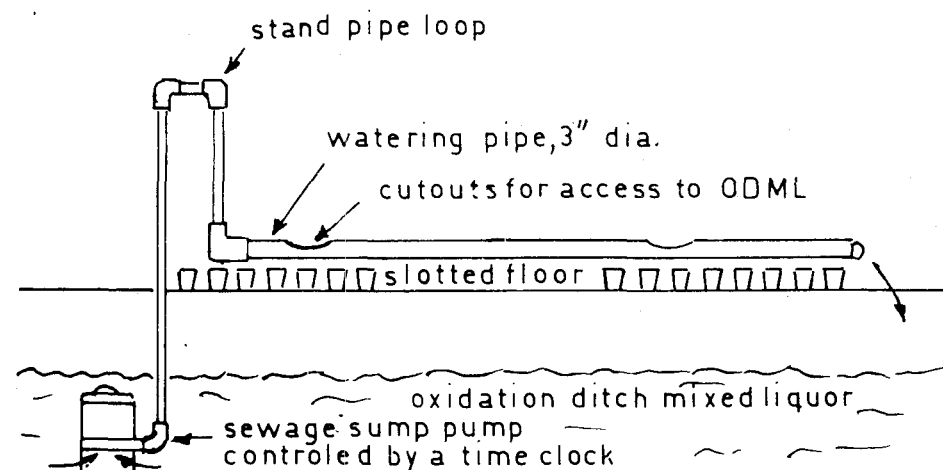


Fig. 1. "Drinkwater"-systeem voor het hervoederen van oxidatieslootvloeistof aan varkens, gehouden in een stal met een oxidatiesloot onder de roostervloer.

met een tijdklok en loopt bv. 7 minuten van elke tien; als de pomp stopt loopt de vloeistof terug door de pomp, daarmee haren en andere deeltjes verwijderend. Naast proeven bij de universiteit wordt op twee bedrijven in de buurt bemonsterd, waar eveneens oxidatieslootvloeistof aan de varkens wordt gevoerd. Hiermee kan pas begonnen worden als de varkens ongeveer 45 kg wegen. Op de Albin Farm, waar jaarlijks 2000 varkens worden afgeleverd, bedroegen de stroomkosten \$ 1

en de bedrijfskosten van het oxidatieslootsysteem \$ 3 per afgeleverd varken. Er werd een groei bereikt van 1.17 lb per 3.08 lb voer. Voor de beluchting wordt gebruik gemaakt van aerob-jets; het feit dat deze continu moeten draaien stelt bijzondere eisen voor het onderhoud. Het waterniveau moet vrij goed constant worden gehouden in de sloot omdat de luchtinbreng daar van afhangt. Wanneer bijna alle varkens alleen ODML i.p.v. water krijgen is er geen sterke drogestofophoping in de sloot.

Over de efficiëntie van het koper in de ODML in vergelijking met kopersulfaat konden geen gegevens worden verstrekt. Ondanks de vermindering van de zouten in het voer treedt toch een accumulatie op van zouten (en inert materiaal?) in de ODML, waardoor elke twee à drie jaar de sloot geheel gelegeerd moet worden en opnieuw gestart. Om zowel over- als onderbeluchting te vermijden is een controlesysteem (monitoring) nodig. De verblijftijd van de vloeistof in de oxidatiesloot bedraagt ongeveer 2 weken. Berekend op de droge stof is er een aanzienlijke toename van aminozuren (eiwit); bv. het lysinegehalte stijgt van 0,60 naar 1,60%. Het fosfaat uit ODML bleek zeer goed opneembaar te zijn, beter dan het fosfaat in het voer. Wat de economie betreft: er kon een besparing op sojameel van slechts 5% worden verkregen; de verstrekking van ODML als drinkwater geeft een reductie in de kosten, maar de baten wegen niet op tegen de totale kosten.

Een proef met kippen op batterijen boven een oxidatiesloot het hervoeding van ODML is momenteel gaande; een mogelijk probleem bij het pompen kunnen de veren opleveren, of dit al is opgelost is niet bekend.

Hervoeding van feedlotmest - die behandeld is met 1% formaline (Pharmaco-methode) - aan herkauwers is in onderzoek. Het proefvoer bestaat voor 50% (natgewicht) uit feedlotmest met wat strooisel en urine erin, 25% gemalen mais en 25% katoenzaadpeulen. Salmonella of E. coli werd in het behandelde materiaal niet aangetoond; door de behandeling was het voer stankvrij.

Hervoeding van gedroogde, gefermenteerde of met vliegenlarven geente kippemest aan kippen werd onderzocht door toevoeging aan het rantsoen ter vervanging van maïszetmeel. Het hoge urinezuurgehalte van de gedroogde mest is mogelijk een verklaring voor een negatief resultaat in dat geval. De beide andere toevoegingen gaven een extra groei, waarschijnlijk door omzetting van niet-eiwit-stikstof in aminozuren.

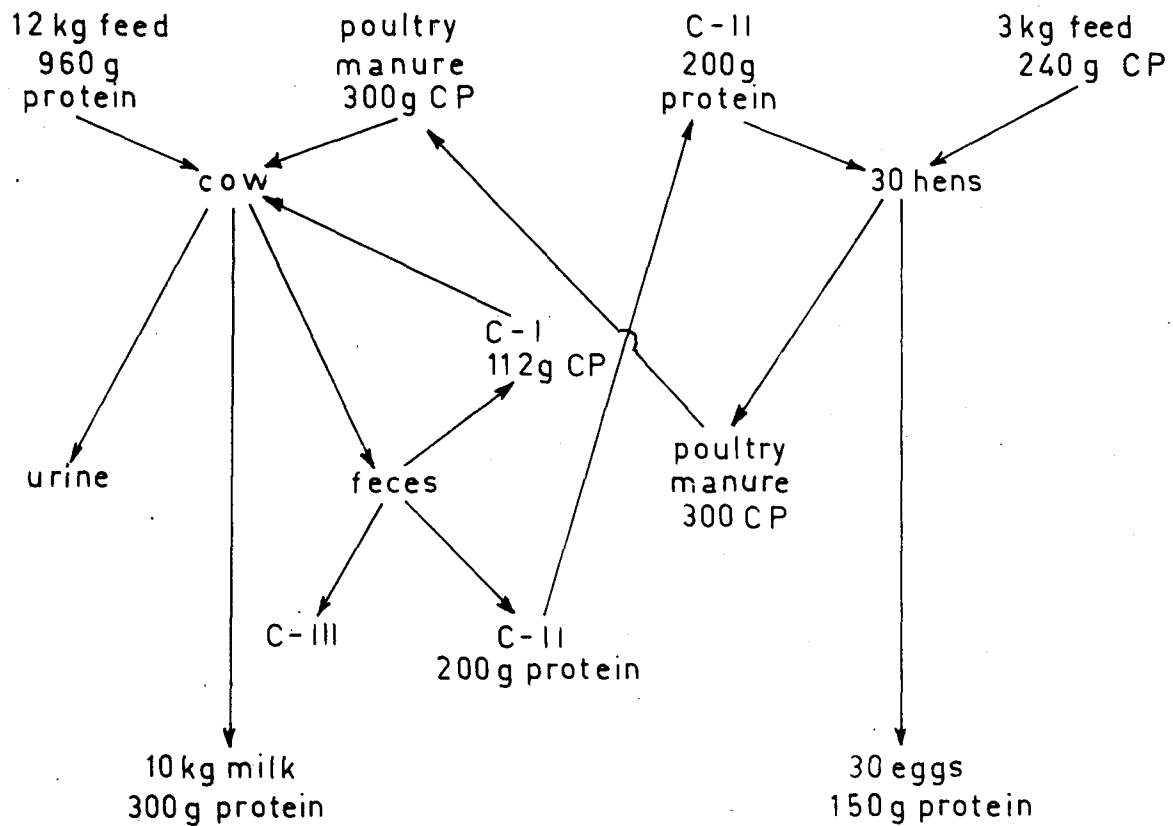
## Feedlot runoff

In het kader van de toekomstige verplichting tot het opvangen van feedlot runoff, was op de proefboerderij een silo plus pompput neergezet voor tijdelijke opslag van deze runoff. De bedoeling is om vaste deeltjes af te scheiden en te gebruiken als strooisel en de vloeistof op het land te brengen.

## HET CERECO-PROCES

Het Cereco-proces is ontwikkeld door de Ceres Ecology Co. (Denver) en op verschillende toepassingsaspecten geëvalueerd door diverse afdelingen (agricultural engineering, animal sciences, economics, microbiology) van de Colorado State University in Fort Collins.

Het proces werd in vol bedrijf gezien in Stirling (Colo.) voor een feedlot met 18.000 stuks mestvee (bij aankoop 200-300 kg zwaar). Elke 4 tot 10 dagen (zo vers mogelijk) wordt de mest uit een compartiment geschraapt en getransporteerd naar de "fabriek", die door zes man in drie-ploegendienst wordt gerund. De mest wordt verdund met (recyclings-)



CP = crude protein

Fig. 2. Schema van de eiwitrecycling van kippemest en mest van melkvee verwerkt volgens het Cereco-proces.



water tot 70% vocht en 1 à 3 dagen intensief geroerd zonder extra beluchting, waarna het nagenoeg niet meer stinkt. De vezelfractie C I wordt afgescheiden met een soort centrizeef (eigen patent), uitgeperst met een schroefpers waarbij evt. nog met wat water wordt gewassen,  $3\frac{1}{2}$  à 4 dagen geënsileerd (niet langer om te intensieve bacterieactiviteit te vermijden) en weer aan het vee gevoerd, evt. samen met maissilage. De resterend slurry met 80% vocht wordt gecentrifugeerd met een modified basket centrifuge bij 1400 g waarbij C III wordt afgescheiden; deze fractie bestaat voor 50% uit gronddeeltjes en bevat 2-3% ruw eiwit. De "restoplossing" wordt achtereenvolgens in vacuo ingedampt bij  $66^{\circ}\text{C}$  tot 70% vocht en dan gedroogd in een roterende trommeldroger (stoomtemperatuur  $180^{\circ}\text{C}$ , het produkt komt niet boven  $66^{\circ}\text{C}$ ), gemalen en na toevoeging van evt. mineralen gepelleteerd: fractie C II. Voor de energiekosten, indien geheel toegerekend aan C II, werd \$ 12,- per ton C II opgegeven.

De voederwaarde van vezelfractie C I voor herkauwers zou vergelijkbaar zijn met die van maissilage. De fractie C II, met 20-30% ruw eiwit in de droge stof, is bestemd voor herkauwers of éénmagigen (bv. kippen) maar zou ook als visvoer (forellen) geschikt zijn. De eiwitwaarde van C II zou die van sojameel benaderen. Zeer interessant lijkt de combinatie van slachtrunderen met kippen in een verhouding 1:30, waarbij de mest van beide diersoorten aan de andere groep kan worden gevoederd na verwerking (zie hiervoor figuur 2).

In juni 1975 zou bij Toulouse (Fr.) een "mestverwerkingsfabriek" volgens het Cereco-proces gaan draaien voor 7000 koeien en voor Texas was een blauwdruk klaar voor 10.000 melkkoeien.

Een belangrijk punt is uiteraard dat de urine grotendeels niet mee wordt verwerkt waardoor het zout- en ammoniakgehalte in C II geen probleem vormt. Anders wordt dit als bv. varkensdrijfmest totaal zou worden verwerkt. Bovendien is dan de hoeveelheid te verdampen water veel hoger (bij 14% droge stof moet ca. 6 kg water per kg droge stof worden verdampt, bij 5% droge stof echter 19 kg). Daar staat tegenover dat dan geen C III hoeft afgescheiden en het eiwitgehalte van varkensfeces hoger is dan dat van runderfeces.

## ONDERZOEK IN FORT COLLINS, COLORADO

## Lysimeters in een feedlot

Bij de ARS/USDA-afdeling in Fort Collins had men een lysimeter gebouwd in een feedlot waar de urineproduktie tweemaal zo groot was als de regenval. Watermonsters werden van verschillende diepte genomen door vacuümzuigen. Enkele resultaten zijn vermeld in tabel III.

TABEL III.

Lysimeter gevuld met	Geleidingsvermogen "lekvocht", mmho. cm <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> -N, ppm
180 cm clay loam	1,22	0,48
180 cm zand	2,34	6,17
45 cm clay loam/135 cm zand	1,38	4,69
45 cm zand/135 cm clay loam	1,38	0,35

Bij constante aanwezigheid van vee bleef de grond onder de bovenlaag vochtig en anaëroob waardoor denitrificatie van in de toplaag gevormd nitraat optrad. Bij strooien met houtkrullen of bij tijdelijke ontruiming (toename aërobie) drong het nitraat dieper in het profiel door. (Op het symposium in Illinois kon men overeenkomstige uitspraken beluisteren: lekkage van lagoons valt erg mee, maar zeer zware mestgiften uitgereden op het land kunnen uitspoeling geven.) In de lekvochten van de lysimeters werd na 15 cm geen P-transport van betekenis waargenomen.

## Simulatie van de P-cyclus in semiaride grasland

Aan de Universiteit van Colorado in Fort Collins werd ook nog even gesproken met C. V. Cole (Chemistry Dept.). Deze werkt aan de simulatie van de P-cyclus in semiaride grasland en had hierover juist een hoofdstuk ter perse in "Ecomonographs". Interessant was dat volgens hem de "Turnover" van P in grond nog veel sneller is dan die van stikstof. Als

maat voor de hoeveelheid P aanwezig in de biomassa werd gebruikt het verschil in organische P extraheerbaar zonder voorbehandeling en na voorbehandeling met chloroform. Daarnaast werd als maat voor de biomassa ook ATP bepaald met behulp van luciferase en een liquid scintillation counter.

## MEGISTA-PROJECTEN AAN MICHIGAN UNIVERSITY

De nadruk ligt op het voorkómen van waterverontreiniging en van stankhinder. De coördinatie van de verschillende onderzoeksprojecten is niet zo sterk; er is vrij weinig contact tussen de afdelingen, die ieder hun eigen onderzoekprojecten hebben. Over recente vorderingen in het onderzoek het volgende.

## Stankbestrijding

Ostrander heeft goede ervaringen opgedaan met een luchtwasser, gevuld met plastic melkflessen zonder bodem, met een oppervlak van 400 m<sup>2</sup>; ammoniakconcentraties in de lucht waren lager dan 1 ppm. Bij het droogstelsel voor kippemest wordt overwogen of de naverbrander niet kan worden weggelaten.

Gerrish werkt met een recycling flushstelsel waarmee varkensstallen 3 à 4 keer per dag worden gespoeld (aflopende vloer onder een rooster-vloer). De uitgespoelde mest wordt gezoniseerd. Op deze wijze wordt een afdoende stankbestrijding verkregen tegen kosten die veel lager liggen dan voor een oxidatiesloot. De gezoniseerde drijfmest blijkt bovendien een veel betere bezinking te geven. Het openten van een anaëroob lagoon met rode zwavelbacteriën (Thiorodaceae) had onvoldoende resultaat voor het bestrijden van stank. Methaangisting werd hooguit beschouwd als een methode voor stankbestrijding vóór het uitrijden en niet als serieuze energiebron.

## Fermentorproeven. Grondfilter

Fermentorproeven zijn alleen uitgevoerd met sterk verdunde varkensdrijfmest. Wanneer 1 op 4 met water verdunde drijfmest 5 à 6 dagen anaëroob wordt bewaard, zijn er vetzuren gevormd die in een daarop volgende beluchtingsstap snel worden afgebroken. Zodoende kan 40% worden bespaard op de energiekosten van de beluchting. Het gecombineerde anaëroob-aërobe stelsel levert echter een effluent op dat nog altijd op het land moet worden gebracht.

Op de afdeling microbiologie werd mest samen met andere substraten anaëroob gefermenteerd waarbij biomassa werd geproduceerd met een acceptabele geur. De hoeveelheden mest die op dergelijke wijze kunnen worden verwerkt lijken erg gering; ook de economie van het gehele proces biedt nog veel vraagtekens.

Het toepassen van een aëroob-anaëroob grondfilter om organische stof, stikstof en fosfaat uit sterk verdunde drijfmest te verwijderen, waarna het effluent kan worden gerecirculeerd als spoelwater biedt tot op zekere hoogte mogelijkheden, vooral in die gevallen waar geen land beschikbaar is om de mest uit te rijden. Het systeem werkt niet bij lage temperaturen, terwijl voor volledige denitrificatie toevoeging van een koolstofbron (bv. melasse) in de anaërobe zone vereist is. Ook kan ophoping van zouten op den duur problemen gaan geven.

#### Hervoeding van gedroogde varkensfeces en van ODML

Slachtvarkens vertonen een normale voedselopname wanneer tot 22% van hun voer bestaat uit gedroogde varkensfeces. Groeisnelheid en voerbenuiting zijn wel lager, mogelijk ten dele vanwege een geringere energieinhoud van het voer met gedroogde feces.

Miller heeft bij het hervoederen van oxidatieslootvloeistof (ODML) als enige bron van drinkwater, aan varkens zwaarder dan 45 kg een vrijwel gelijk resultaat behaald als normaal gebruikelijk is. Ernstige ziekteproblemen traden niet op. Wanneer varkens lichter dan 45 kg ODML te drinken kregen werd een aanzienlijk minder resultaat bereikt. Een aantal zeer jonge varkens werd gedood door transmittable gastroenteritus (virus-diarree). In enkele gevallen werd enige toename gevonden van "liver spot".

De oxidatiesloot bevatte vrij constant ongeveer 3% droge stof; de beluchting was waarschijnlijk wat aan de krappe kant, want niet alle ammoniumstikstof werd geoxideerd. Er werd steeds wat water aan de sloot toegevoegd om het volume op peil te houden. Het is gebleken dat NaCl en spoorelementtoevoegingen uit het voer konden worden weggelaten, evenals de helft van de toegevoegde calcium en fosfor; het fosfaat uit de ODML was goed beschikbaar voor opname door de varkens.

Ku toonde aan dat met een gewijzigde voersamenstelling (mais-zetmeel-soyaeiwit i.p.v. mais-soyameel) de fecesproduktie met een factor 3 afnam.

Resultaten van proeven met extra kopertoevoegingen aan het varkensvoer geven de indruk dat het effect van kopertoevoeging maar gering is; deze conclusie wordt niet door de onderzoeker getrokken.

In de VS is het op grond van een regeling van de Food and Drug Administration slechts toegestaan koper toe te voegen aan varkensvoer tot maximaal 30 ppm.

## NATIONAL PROGRAM STAFF, ARS-USDA, BELTSVILLE, MARYLAND

Het landbouwkundig onderzoek in de VS dat voor het IB van het meeste belang is, is hoofdzakelijk gecoördineerd in de sectie Soil, Water and Air Sciences Research. Een uitstekend overzicht van de resultaten van het lopend onderzoek van deze sectie is weergegeven in een boek van 100 blz. met daarin opgenomen de contactadressen, voor wie meer wil weten over bepaalde onderzoeken (1974).

Om een indruk te geven volgen hier enkele onderzoekgebieden:

- Handhaven van de bodemvruchtbaarheid door gebruik van kunstmest, oogstresten, dierlijke mest en betere grondbewerking.
- Biochemische beheersing van de voedingskwaliteit van gewassen.
- Transport van essentiële en/of toxische mineralen in de voedselketen.
- Kringloop via het land van huishoudelijke en agrarisch-industriële afvalstoffen.
- Verwerken van dierlijke mest tot bruikbare producten en het voorkómen van milieuverontreiniging.
- "Control" van pesticiden in bodem en water.
- Voorkomen van waterverontreiniging door kunstmest.
- Verbeteren van winderosiebeheersing.
- Verbeterd ploegen en bodemstructuur.
- Technieken voor het opschonen van gronden verontreinigd met radioactieve stoffen of zware metalen.

Bijzonder vermeldenswaard zijn twee uitgaven over verwerking van afvalstoffen op landbouwgronden. Dit zijn:

1. Proceedings of the Joint Conference on Recycling of Municipal Sludges and Effluents on Land (9-13 juli 1973, Champaign, Illinois), 250 blz.

2. Factors Involved in Land Application of Agricultural and Municipal Wastes, een uitgave van de National Program Staff; Soil, Water and Air Sciences (juli 1974), 200 blz. (voorlopige tekst).

Laatstgenoemde publikatie werd geschreven op verzoek van de Soil Conservation Service om informatie te verschaffen hoeveel en hoe

agrarische en huishoudelijke afvalstoffen op het land kunnen worden verwerkt. Op grond van de grote variatie in eigenschappen van afvalstoffen en van milieu-omstandigheden leek een discussie over de factoren die hierbij van belang zijn, erg nuttig. Een groep van specialisten heeft hiertoe voor tien deelgebieden voorlopige overzichten geschreven. De onderwerpen zijn als volgt:

- Keuze van geschikte gronden voor de toediening van afvalstoffen.
- Eigenschappen van afvalstoffen; gevaren van ziektekiemen.
- Stikstofomzettingen in organische afvalstoffen die op het land zijn gebracht.
- Adsorptie aan de grond van fosfaten uit afvalwater.
- Aanbevelingen inzake toelaatbaarheid en verwerking van potentieel toxische elementen.
- Afbraak van organische stof en zuurstofvoorziening; zoutproblemen.
- Hydraulische aspecten van toediening van vloeibare afvalstromen.
- Gewaskeuze en teeltwijze op gronden waar afvalstoffen zijn toegediend.



BIOLOGICAL WASTE MANAGEMENT LABORATORY, ARS-USDA,  
BELTSVILLE, MARYLAND

### Hervoeding van mest

Over onderzoek naar hervoeding van mest werd gesproken met dr. L.W. Smith. Recente aanvullende studies hebben aangetoond dat gedroogde pluimveemest (DPE) een veelbelovende stikstofbron kan zijn voor herkauwers. Tijdens de groei van stieren van 100 tot 525 kg werd een voer verstrekt, dat 41% van de stikstof in de vorm van DPE bevatte. Dit voer had een gelijke voederwaarde en betere economische resultaten dan voer met 36% van de stikstof in de vorm van katoenzaadmeel. Het is misschien goed er hier nog eens op te wijzen dat legkippen i. h. a. geen antibiotica of toevoegstoffen in hun voer krijgen, dit i. t. t. tot braadkippen, waar vrijwel elke denkbare toevoeging in het voer kan zitten.

Het voederen van extreem hoge niveaus (75-95%) van gedroogde mest van melkkoeien aan schapen, leidde tot minder dan wel zwakkere lammeren. Nadat de mest als voer was bijgesteld m. b. t. energie, stikstof en P werd een vergelijkbaar resultaat bepaald als met controlevoer. De geringe beschikbaarheid van calcium in de mest kan misschien een reden zijn voor opgetreden calciumgebrek.

Overigens heeft mest van melkkoeien een zeer geringe voederwaarde. Het toepassen van de vezelfractie van de mest als strooisel lijkt dan ook economisch aantrekkelijker dan hervoeding van de mest.

Dr. C.C. Calvert, een collega van dr. Smith houdt zich vooral bezig met effecten van toevoegstoffen zoals antibiotica en zware metalen. Bij het toevoegen van arseenverbindingen aan het voer treedt een ophoping van arseen op in de lever van het dier; deze ophoping verdwijnt in 7-10 dagen nadat overgegaan is op voer zonder arseen. Zie ook publicatie van dr. Smith in *World Animal Review* 11 (1974), 6-11: "Dehydrated poultry excreta as a crude protein supplement for ruminants".

## Zware metalen (fytotoxische elementen) bij toepassing van rioolslib op landbouwgronden

Over zware metalen is gesproken met dr. R.L. Chaney en dr. J.V. Lagerwerff. Chaney, Walker en Epstein zijn betrokken bij het composteringsonderzoek van rioolslib.

Dr. R.L. Chaney is plantenfysioloog en houdt zich voornamelijk bezig met effecten van potentieel (fyto-)toxische elementen, uit organische afvalstoffen, op planten. Spoorelementen uit afvalstoffen, waarover in de VS een zekere algemene bezorgdheid bestaat, zijn B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se en Zn. Deze elementen kunnen toxisch zijn voor planten die groeien in met afvalstoffen belaste grond. Toxiciteitsproblemen zijn in het verleden opgetreden in boomgaarden (Cu, Zn), wijngaarden (Cu), theeplantages (Ni) en bij groenteteelt (Cu). Deze problemen zijn niet te vergelijken met toepassing op land van mest of rioolslib, omdat de hoge organische-stof- en P-gehalten hiervan een verminderde metaalschade geven aan planten.

Potentieel fytotoxische elementen uit dierlijke mest zijn Cu en Zn. Onlangs heeft de Food and Drug Administration toestemming geweigerd om Cu als groeistimulator toe te voegen aan varkensvoer (250 ppm). Tot maximaal 30 mg Cu mag worden toegevoegd per kg voer om tekorten aan te vullen, hoewel 6 ppm gewoonlijk voldoende is. Een en ander is belangrijk gezien het feit dat in de VS meer varkensmest plus kippemest wordt geproduceerd dan rioolslib.

Bij toepassing van rioolslib op land worden vooral problemen verwacht van Zn, Cu en Ni. Afvalstoffen van de verwerking van agrarische produkten zullen i.h.a. geen hoge gehalten aan zware metalen bevatten. Omdat Zn, Cu en Ni het meest waarschijnlijk in overmaat aan de grond worden toegevoegd met organische afvalstoffen, is daaraan de meeste aandacht gegeven. De volgende factoren zijn van belang:

Het omrekenen van Cu en Ni op zinquequivalenten als maat voor toxiciteit lijkt tot op zekere hoogte zinvol:  $\left[ \text{ppm Zn(equivalent)} = 1 \times \text{ppm Zn} + 2 \times \text{ppm Cu} + 8 \times \text{ppm Ni} \right]$ .

Op gronden met een pH die voortdurend boven 6,5 blijft, zijn er i.h.a. weinig problemen met metaaltoxiciteit. Een metaalgehalte dat bij pH = 7,0 veilig is kan bij pH = 5,5 voor veel planten letaal zijn.

Een hoog organische-stofgehalte van de grond en toediening van veel organische stof verlaagt meestal de metaaltoxiciteit.

Een hoog fosfaatgehalte van de grond gaat metaaltoxiciteit sterk tegen. Toediening van grote hoeveelheden fosfaat vergroot echter ijzergebrek-chlorose, veroorzaakt door overmaat koper. Een vraag is wat het effect zal zijn van toenemende fosfaatgiften met rioolslib, t. g. v. fosfaatprecipitatie in de waterzuivering (Fe-, Al- en Ca-fosfaat). Dergelijke grote fosfaatgiften kunnen mogelijk tijdelijk bepaalde gewassen, zoals soyabonen, schaden.

De kationenuitwisselingscapaciteit (CEC) van de grond is belangrijk om toxische metalen te kunnen binden.

Inactivering van toxische metalen kan optreden door reacties met de grond. De pH en mogelijk ook fosfaat- en organische-stofgehalten van de grond beïnvloeden de snelheid van deze inactivering; het snelst gaat deze in kalkhoudende gronden.

De gevoeligheid van planten voor toxische metalen hangt af van soort en variëteit. Zeer gevoelig zijn: spinazie, suikerbiet, rode biet, artisjok, knolraap, boerenkool, mosterd en tomaten. Bonen, kool, "collards" en andere groenten zijn minder gevoelig. Mais, granen en soyabonen zijn matig tolerant. De meeste grassen zijn tolerant voor hoge metaalgehalten in de grond.

Voedselketenaspecten kunnen van belang zijn bij de elementen Cd, Cu, Zn, Mo, Se en Pb (de laatste bij luchtverontreiniging!). De gevaren van cadmium (Cd) lijken het grootst; het is dan ook zaak het cadmiumgehalte van slib zover mogelijk terug te brengen, in elk geval tot minder dan 1% van het zinkgehalte.

Op grond van het voorgaande komt Chaney tot een aantal aanbevelingen:

- Om over toe te passen hoeveelheden slib te kunnen beslissen dienen de volgende analyses daarvan bekend te zijn: N-totaal en  $\text{NH}_4\text{-N}$ , P, K, Zn, Cu, Ni, Cd, B, Pb, Cr, Hg, gloeiverlies,  $\text{CaCO}_3$ -equivalent en pH. Als het slib door de rioolwaterzuiveraar wordt verspreid dient aan de eigenaar van het land een schriftelijke verklaring te worden afgegeven met vermelding van de toegediende hoeveelheid.
- De metalensamenstelling van het slib moet overeen komen met die van een goed "huishoudelijk" slib (zie tabel IV). Van de landbouw mag niet

worden verlangd metalen te accepteren die gemakkelijk door de industrie kunnen worden verwijderd.

TABEL IV. Maximum Spoorelementgehaltenes van uitgegist "huishoudelijk" rioolslib

Element	mg/kg droge stof
Zn	2000
Cu	1000
Ni	200
Cd	15
Cd minder dan 1% van Zn	
Pb	1000
Hg	15
Cr	1000
B	100

- De toepassing van slib mag niet leiden tot nitraatuitspoeling of metalen toevoegen boven een Zn-equivalent van 5% van de CEC van de grond.
- Rioolslib met hoge gehalten aan toxische metalen moet eigenlijk niet op landbouwgrond worden gebracht.

Dr. Lagerwerff houdt zich vooral bezig met verontreiniging van planten door zware metalen via de lucht en met bindingsvormen van zware metalen in rioolslib (chelaatvorming, ladingstoestand, mobiliteit). Dit betreft de elementen Hg, Cd, Pb, Zn en Cu.

Cd en vooral Zn waren sterker uitspoelbaar uit slibkolommen dan Cu en Pb. Stadsvuilverbranding is een bron van cadmium in stadslucht; corrosieve oliën lossen cadmium op uit gegalvaniseerde vaten. Niet alleen Pb, maar ook Zn en Cd in de grond nemen toe in de richting van verkeerswegen; verstofft rubber bevat Zn en Cd. Voor details wordt verwezen naar de publikaties van dr. Lagerwerff.

Een wonderlijke gedachte was om na te gaan of door het afdekken van landbouwgrond met rioolslib een filterlaag wordt verkregen die radioactieve elementen van atoomexplosies bindt. Na verwijdering van de sliblaag zou het land dan weer meteen bruikbaar zijn voor verbouw van gewassen. Een dergelijk afdekken met rioolslib heeft men enige jaren geleden overwogen voor het zgn. Soil Bank Land, land dat tegen vergoeding uit de produktie was genomen.

### Compostering van rioolslib

Het composteren van ontwaterd, primair of anaëroob verteerd rioolslib leidt tot een droger, handelbaarder en acceptabeler produkt. Het composteren kan stankvrij gebeuren; pathogenen worden gedood als voldoende hoge temperaturen worden bereikt; de organische stof is vergaand gestabiliseerd; bij toediening aan de grond treedt geen sterke pH-daling op en er vindt minder opname plaats van zware metalen door planten.

Onderzoek van ARS/USDA en de Universiteit van Maryland heeft aangetoond dat vanwege bovenstaande voordelen composteren van rioolslib een economisch haalbaar, milieuvriendelijk proces is dat een produkt oplevert dat in de landbouw kan worden gebruikt. Als het composteren op het terrein van een afvalwaterzuiveringsinstallatie kan plaats vinden, zijn de kosten vergelijkbaar met die van storten of verbranden.

Om rioolslib te kunnen composteren is een vrij inert vulmateriaal nodig dat voor een goede structuur en voldoende luchttoetreding zorgt. Het best hiervoor geschikt bleek het mengen van slib met een drievoudig volume houtchips; de houtchips kunnen na afloop worden afgezeefd en vier of vijf keer worden gebruikt. De aanvoer van de houtchips maakt een groot deel van de kosten uit van het composteren; beschikbaarheid van een ander inert afvalmateriaal kan mogelijk de kosten drukken. Primair rioolslib composteert sneller en geeft hogere temperaturen dan anaëroob verteerd slib; het eerste kan aanleiding geven tot stankbezwaren, het laatste tot onvoldoende verhitting, vooral bij lage temperaturen of sterke regenval. Stankbezwaren bij het composteren van primair slib kunnen worden ondervangen door te werken met 3-4 m hoge hopen waar van onder uit lucht wordt doorgezogen, terwijl de hopen bovendien worden

afgedekt met een laag rijpe compost. De doorgezogen lucht kan via een narijpende composthoop worden gefilterd. Als na enkele dagen de sterkste afbraak verlopen is kan lucht in omgekeerde richting door de hoop worden geblazen. Wanneer de compostering van uitgegist slib onvoldoende temperatuurverhoging geeft kan dit worden verbeterd door toevoeging van fijn gemaakt hooi, stro of papiersnippers; eventueel dient de compostering onder een overkapping plaats te vinden (betere vochtcontrole).

Gecomposteerd rioolslib kan in de landbouw dienen als grondverbeteraar. Als meststof (de compost bevat slechts weinig nutriënten) zijn er grote hoeveelheden van nodig en is kunstmest vaak voordeliger. We moeten oppassen met te denken dat er een geweldige markt bestaat voor deze compost, maar het kan zeker worden gezegd dat gecomposteerd rioolslib veel safer kan worden gebruikt dan ongecomposteerd rioolslib.

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1. Gezien de sterk gestegen kunstmestprijzen vormen mestoverschotten steeds minder een probleem in de VS. Wel is het ook in de VS vaak nodig om maatregelen te nemen ter voorkoming van stankhinder. Naast benutting van dierlijke mest als meststof wordt onderzoek verricht naar de benutting als veevoer of als energiebron.
2. In de periode 1977-1982 gaat een verplichting in tot het opvangen van runoff van feedlots. Inmiddels is een EPA-rapport over feedlots verschenen, getiteld: Development Document for Effluent Limitations Guidelines and New Source Performance Standards for the Feedlots, Point Source Category; onder nummer EPA-440/1-74-004-a (January 1974), \$ 3.25.  
Daarnaast is uitgekomen het Completion Report Research Stations on Effect of Land Disposal of Animal Waste. Beide rapporten zijn te koop bij de Superintendent of Documents, US Government Printing Office, Washington, D.C. 20402.
3. Naast gedroogde mest wordt ook chemisch behandelde mest (Pharmaco; Organiform), gefermenteerde (geënsileerde) en/of gefractioneerde mest als veevoer onderzocht en/of toegepast. De toepassingen betreffen vooral kippemest en feedlotmest; het Cereco-proces is een geslaagd voorbeeld.
4. Het verstrekken van beluchte mest (oxidatieslootvloeistof) aan varkens die zwaarder zijn dan 45 kg is met succes toegepast. Uit het voer kan de helft van Ca en P worden weggelaten, evenals alle NaCl en sporelementen. Er moet worden opgepast voor onderbeluchting ( $\text{NH}_3$ -ophoping) evenals voor overbeluchting (nitriet- en nitraatophoping), Ernstige ziekteproblemen heeft men niet gehad.
5. Oxidatieve en enzymatische ontsluiting van de cellulosefractie uit mest vergroot de hoeveelheid aantastbare koolstofverbindingen en biedt perspectieven voor de produktie van microbieel eiwit. Morrison c. s. kweekten gist op ontsloten mestfiltraten.
6. Het toepassen van een oxidatiesloot of oxidatietank plus spoelsysteem gaf een betere stankbestrijding bij de verwerking van kippemest dan drogen.

7. Omdat vooral stikstofmeststoffen sterk in prijs zijn gestegen met de gestegen energieprijzen, wordt bij de mestverwerking nu meer gelet op mogelijkheden tot stikstofbehoud dan tot stikstofverwijdering.
8. Op het internationale symposium in Illinois werd vermeld dat in Zweden voor veehouderijen een verplichte koppeling bestaat aan beschikbaar landoppervlak. Bovendien moet men een opslagcapaciteit hebben voor een half jaar, om de tijd te overbruggen dat geen mest kan worden uitgereden.
9. Slechts in één geval (Michigan) is gewerkt met een luchtwasser voor stankbestrijding.
10. Vooral in Zweden is goed onderzoek verricht inzake het objectief vaststellen van stankhinder, vooral bij het verspreiden van mest. Het toevoegen van waterstofperoxide aan mest kort voor het uitrijden leek een betere stankbestrijding te geven dan andere chemische, enzymatische en microbiële toevoegingen, die onvoldoende werkten of te duur waren.
11. Aanbevelingen voor onderzoek in ons land:
  - a. Gebruik van gedroogde of anderszins verwerkte mest in het voer van rundvee en pluimvee; hetzelfde voor mestfracties.
  - b. De mogelijkheden van het voeren van beluchte varkensmest aan varkens; hierbij dient vooral op de recycling van koper te worden gelet.
  - c. Beluchten van mest voor stankbestrijding met zo groot mogelijk behoud van stikstof.
  - d. De mogelijkheden van een "barriered landscape water renovation system", "trickling filters" en omgekeerde osmose voor de nazuivering van effluënten.
  - e. Hygiënische aspecten van hoge mestgiften (overleving van pathogene kiemen).



## Bijlage

ENKELE NOTITIES OVER ONDERZOEK IN DE VS NAAR NEVENWER-  
KINGEN VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN

Pesticide Degradation Laboratory, ARS/USDA, Belts-  
ville, Maryland

Gesproken is met dr. Ph. C. Kearney, hoofd van het laboratorium, en met dr. D. D. Kaufman, bodemmicrobioloog.

Het laboratorium werd gesticht in 1962 en had oorspronkelijk de taak om alle aspecten van interacties tussen pesticiden en grond te bestuderen. In 1972 werd deze taakstelling verruimd en als volgt omschreven: het verrichten van fundamenteel onderzoek over detectie, transport, adsorptie, binding, fotochemische afbraak, microbieel metabolisme, opname, vluchtigheid, ophoping van pesticiden en industriële verontreinigingen in grond, planten, water- en landorganismen; het oplossen of verminderen van problemen veroorzaakt door pesticideresiduen door kennis van het lot van pesticiden; het identificeren van metabolieten en afbraakprodukten en het vaststellen langs welke wegen deze stoffen in planten en in de voedselketen van mens en dier doordringen; het beschermen van landbouwhuisdieren tegen toxische effecten van residuen van pesticiden en andere landbouwchemicaliën.

Men is bezig met de ontwikkeling van modelecosystemen voor het toetsen van pesticide-effecten op voedselketens. Dit gebeurt o. a. in een waterecosysteem met daarin algen, daphnia's en vissen; in dit systeem worden dan verschillende concentraties van pesticiden op hun effect getoetst. Een ander systeem dient voor windsimulatie, om zo de verspreiding van een toegediend pesticide na te gaan. Alle afbraak en omzettingstudies van pesticiden worden uitgevoerd met radioactief gelabelde stoffen. Ook maakt men gebruik van de combinatie van gaschromatograaf-massaspectrometer en computer bij het uitvoeren van de analyses.

Bij toepassing van pesticiden in hoeveelheden van 2-5 kg/ha treden i. h. a. geen problemen op.

Dr. Kaufman start in juni 1975 met een programma van onderzoek inzake effecten van pesticiden op non-target microben; dit onderzoek wordt financieel gesteund door de EPA. Het ligt in de bedoeling na te gaan wat het effect is van pesticiden op de voornaamste biochemische processen, zoals CO<sub>2</sub>-ontwikkeling (toevoegen van gelabelde glucose en meting van radioactief CO<sub>2</sub>); stikstofomzettingen; eventueel zwaveloxidatie. In geval remming optreedt zal de vraag zijn hoelang het duurt voor er herstel optreedt.

Kaufman is bovendien voorzitter geweest van een comité dat richtlijnen heeft opgesteld voor de wijze waarop proeven met pesticiden in grond moeten worden uitgevoerd. Naast Kaufman, als vertegenwoordiger van de overheid, zaten in het comité een universiteitsmedewerker en twee personen uit de industrie; de vergaderingen werden verder bijgewoond door adviseurs van deze drie groepen en toehoorders van EPA-zijde. De voorschriften die door het comité zijn opgesteld (de voorlopige tekst is al klaar) zullen als appendix verschijnen bij de EPA Guidelines inzake vereisten voor registratie van pesticiden. Hiermee zijn details zoveel mogelijk buiten de Guidelines gehouden die tot op zekere hoogte wetskracht hebben. In de appendix is een classificatieschema opgenomen waarin alle pesticiden zijn ondergebracht op basis van hun biologische, chemische en fysische eigenschappen.

Vergeleken met een eerdere versie van de Guidelines wordt nu voorgesteld om runoff-studies niet meer voor te schrijven en dunne-laagchromatografie met grond uit te voeren in plaats van kolomstudies. Proeven met steriele gronden worden van weinig, hooguit academische, interesse geacht. Bij het "verdwijnen" van pesticiden komt de nadruk van studies te liggen op snelheden en pathways. Het denken over "soil bound residues", d.w.z. residuen die in de grond achterblijven maar door reactie met componenten van de grond vrijwel niet meer te extraheren zijn, zal waarschijnlijk een grote stimulans vinden in de conferentie die hieraan van 22-26 juni wordt gewijd. De verwachting is dat binnen 3-4 maanden een publikatie zal verschijnen over wat op deze conferentie besproken is.

Over het algemeen blijkt de gedachtengang in de VS vrij goed parallel te lopen met de ideeën die in Engeland, West-Duitsland en Nederland bestaan over de aanpak van het onderzoek inzake nevenwerking van bestrijdingsmiddelen.

Ecological Monitoring Branch, Office of Pesticides Programs, Environmental Protection Agency (EPA), Washington, D. C.

Allereerst werd ons een overzicht gegeven van het National Pesticide Monitoring Program. Het doel van dit programma is het bepalen van gehalten aan pesticiden en hun afbraakprodukten, en de trend hierin, in de verschillende onderdelen van het leefmilieu (air, water, soil, man, wildlife, crops, estuarine system). Hierbij zijn betrokken de ministeries van landbouw, binnenlandse zaken en volksgezondheid. Er vindt ook een aantal bemonsteringen plaats van stedelijke gebieden, parken, golfbanen, grasvelden, waarbij soms zeer hoge pesticidegehalten en/of zware-metalengehalten worden gevonden, o. a. van As, Hg, Cd en Pb.

Monsternamen van landbouwgrond en gewassen wordt verzorgd door de USDA; men bemonstert de bovenste 7,5 cm van de grond; elk monster wordt gevormd uit 50 submonsters van een oppervlak van 4 ha. Bovendien wordt informatie over het bemonsterde gebied verzameld, o. a. over hoeveelheid en type pesticide dat is toegepast. De hele verwerking van analysegegevens is geautomatiseerd.

Omdat gebleken is dat schaaldieren slechts korte termijn indicaties geven, is men overgegaan op het analyseren van vissen. In vismonsters uit het noorden van de Atlantische Oceaan heeft men hoge DDT- en lage DDE-gehalten gevonden.

Om iets te weten te komen over pesticide drift wordt op twee manieren lucht bemonsterd. Een nylondoek bevochtigd met ethyleenglycol wordt wel gebruikt voor kwalitatieve luchtbemonstering.

Een rapport met de samengevatte gegevens van het National Soils Monitoring Program for Pesticide Residues - FY 1970 werd verkregen. Hierin zijn gegevens opgenomen over pesticidegebruik, residuen in grond en gewassen van 1506 bemonsterde landbouwgronden in 35 staten; de gegevens zijn zowel samengevat per staat als per gewas. Tevens zijn in het rapport de bemonsteringswijze en de analysemethoden beschreven.

Het meest algemeen gebruikt werden de pesticiden Atrazine, 2,4-D, Captan en Malathion. Aldrin en DDT werden nog in 4% van de gevallen

gebruikt. Het vaakst waren in grondmonsters residuen aantoonbaar van dieldrin (31%), gevolgd door DDT plus omzettingsprodukten DDE en TDE (23%), chlordane (11%) en aldrin (13% van de monsters).

Alle gewasmonsters werden geanalyseerd op gechlloreerde koolwaterstoffen en daarnaast op organofosforverbindingen, als deze laatste waren toegepast. Alfalfa en klaver bevatten in 28% van de monsters DDT-residuen, terwijl chlordane en dieldrin minder vaak voorkomen (elk 8%). Maiskorrels waren vrij van gechlloreerde koolwaterstoffen en organofosfaten; daarentegen werd in de maiskolven wel vaak lage residuegehalten van beide soorten pesticiden aangetoond. Grashooi bevatte geringe residuen van een aantal pesticiden; geen enkel pesticide werd in meer dan 11% van de monsters aangetoond. Gemengd hooi bevatte geen org. P-residuen, maar wel vaak gechlloreerde koolwaterstoffen in geringe concentraties. Soyabonen bevatten sporen dieldrin in 39% van de monsters, echter geen organofosfaatresiduen, hoewel dit op alle 137 monsterplaatsen was gebruikt.

In een gesprek met enkele medewerkers van de (pesticide) Registration Division stelde Ney het volgende onderzoeksprogramma voor om neveneffecten van pesticiden op de bodemmicroflora te schatten:

- a. Effecten op de omzettingen van stikstofverbindingen, inclusief nitrificatie, denitrificatie en stikstofbinding (zowel door symbiotische als vrijlevende bacteriën).
- b. Effecten op pesticide-afbrekende enzymen en op algemene enzymactiviteiten in de grond zoals dehydrogenase en fosfatase.
- c. Effecten op microben die algemeen bekend bestaan als pesticide-afbrekers, zoals *Bacillus* sp., actinomyceten, pseudomonads, coryneformbacteriën, *Trichoderma*, *Aspergillus*, enz.
- d. Effecten op de afbraak van koolhydraten (cellulose, pectine, chitine).
- e. Populatieanalyses via verschillende selectieve werkwijzen, zoals het gebruik van "restrictive" groeimedia, speciale isolatietechnieken (bv. voor anaëroben en thermofielen) en directe tellingen o. a. met "fluorescent antibody tags".
- f. Incidenteel speciale studies, bv. bij toepassing in bos en het effect op aantallen en functies van myccorrhiza's.

Dit is een veel uitgebreider programma dan op de twee colloquia hierover in Braunschweig in 1974 gehouden, praktisch uitvoerbaar werd

geacht. Vooral in het genoemde onder e. zag men in Braunschweig veel werk en weinig heil. Nadrukkelijk werd gesteld dat het bovenstaande dan ook bepaald nog geen EPA-standpunt inhield, maar slechts een eerste discussiestuk was. Rogoff (microbiology) achtte het onderzoek naar neveneffecten van bestrijdingsmiddelen op de mens veel belangrijker en urgenter; hij noemde hierbij het voorbeeld van een mogelijke vorming van nitrosamines door bodemmicroben. Doordat men er nog weinig over had nagedacht verliep het gesprek voor ons wat teleurstellend. Wel was men in principe geïnteresseerd in het streven naar uniformiteit in de eisen die verschillende landen stellen of gaan stellen voor de toelating van bestrijdingsmiddelen.

Een kort gesprek met Altman (Dept. of Botany and Plant Pathology, Colorado State Univ., Fort Collins) leverde de volgende notities op:

1. Pesticiden gebruikt tegen plantepathogenen die een plaag vormen, kunnen soms de plant gevoeliger maken voor andere pathogenen die in normaliter niet schadelijke aantallen voorkomen. Altman observeerde bv. bij *Poa* (een grassoort) dat bodemsaprofyten na toepassing van sommige pesticiden de wortels konden binnendringen. Hiervoor ontwikkelde hij de volgende toets: Aan verse grond (vers voor de betreffende cultuur) en aan wel en niet gestoomde cultuurgrond voegde hij het te toetsen pesticide toe; daarna werd ingezaaid met zaad dat tevoren al dan niet met *Rhizoctonia* was besmet.
2. Fumigatie van grond met broombevattende middelen als EDB, Nemagon, enz. kan staartrot en sterke vertakking geven bij bieten. Bij gebruik van DD, Telone enz. had Altman dit nooit waargenomen.
3. Goede ervaringen had Altman met "rijenontsmetting" voor suikerbieten. In plaats van 130 liter hoefde dan slechts 65-70 l DD (per acre?) ondiep te worden geïnjecteerd, waarna werd aangeaard en met een vorenpakker enigszins werd aangedrukt. De bieten werden in de ruggen gezaaid.
4. DD geeft bij sommige saprofytische microben (*Bacillus subtilis*, *Arthrobacter globiformis*, *Pseudomonas fluorescens* en *Rhizobium leguminosarum*) in vitro en in vivo (in grond) een versterkte aminozuurproductie, die deels de groeistimulering van bepaalde planten in ontsmette grond kan verklaren.