

Pyrolyseret dagrenovation blandet med slam

Pyrolyse processed town refuse mixed with sludge

P. Søndergaard Klausen, S. Damgaard-Larsen, K.E. Larsen

Resume

Ved statens forsøgsstationer Askov og Lundgård er der i årene 1972–75 gennemført forsøg i forskellige afgrøder med et granuleret affaldsprodukt fremstillet af pyrolyseret dagrenovation blandet med slam fra rensningsanlæg.

Kvælstofvirkningen samt spormetalindhold i afgrøderne er undersøgt i kar- og markforsøg.

20 tons pyrolyseslagge-slam ha/år med et indhold på 210 kg N gav nogenlunde samme i kærneudbytte som 50 kg N/ha kalkammonsalpeter. For 40 tons affaldsprodukt var udbyttet lidt større end 100 kg N/ha i kunstgødning.

Anvendelse af affaldsproduktet til bederoer og kartofler var bedre end til korn og forårsagede i bederoer en betydelig stigning i natriumindholdet i både rod og top.

Optagelsen af sporstoffer var generelt højere i halm og top end i kærne og rod. Det procentiske indhold efter tilførsel af pyrolyseslagge var i enkelte tilfælde højere end efter kunstgødning, men forskellene var små.

Jordbundsanalyser viste, at anvendelse af affaldsproduktet medførte en stigning i jordens indhold af cadmium og bly, samt stabilisering af pH.

Nøgleord: Dagrenovation, slam, gødningsværdi, tungmetalloptagelse.

Summary

Slag from pyrolytic destruction of town refuse was mixed with sewage sludge, granulated and dried to a product »pyrolyseslagge-sludge«, and tested for fertilizing value in pot- and field experiments at the experiment stations Askov and Lundgård during the years 1972–75.

The chemical composition of the product and the amounts applied in field experiments are found in tables 1, 5 and 6.

The fertilizer was in pot experiment dosed with 30% of the nitrogen content of »pyrolyseslagge-sludge«.

There was a considerable variation in yield from experiment to experiment in the field. The main course of this variation is the precipitation in 1974 and 1975 (table 7).

The yields show, that only 20–30 percent of the nitrogen in the waste product was immediately available. 50 kg nitrogen per ha in calcium ammonium nitrate to barley and 63 kg per ha for beet was enough to replace 20 tonnes per ha waste product containing 210 kg N per ha (tables 8 and 9).

The content of heavy metals in dry matter was only little influenced by 40 tonnes per ha »pyrolyseslagge-sludge« in field experiments (Table V) number 5. As shown in table 4, application of 10 kg per m² in pot experiment increased the content but with some variation from metal to metal. The content changed much from crop to crop with the biggest content in leaves from beet.

The chemical analysis for Co, Cr, Ni, Pb and Cd in soil at the termination of the field experiment showed increasing amounts of Pb and Cd but no significant changes in content of the other metals after 4 years application with »pyrolyseslagge-sludge«.

Key-words: Town refuse, sewage sludge, fertilizing value, heavy metals.

Indledning

Med de øgede befolkningskoncentrationer i byer, og det generelt stigende forbrug er affaldsproblemet voksende. For at undgå en utilsigtet forurening og for at bevare knappe ressourcer bedst muligt er nye tekniske muligheder for at bearbejde affald til anvendelige former under udvikling og afprøvning i adskillige lande.

Blandt disse nye former for affaldsbehandling er pyrolysning af dagrenovation og tilsætning af slam fra rensningsanlæg til et slutprodukt af pyrolyseslagge-slam.

Behandlingsmetode som sådan er imidlertid kun en side af affaldsproblemet. En anden er produktets efterfølgende slutdisponering. Ifølge forureningsrådet (1971) anvendes ca. 45 pct. af produceret slam fra rensningsanlæg i jordbruget, og dette er da også inddraget som mulig aftager af pyrolyseslagge-slam.

For at vurdere dette affaldsstofs egnethed i jordbruget, vil det være nødvendigt at have kendskab til dets gødningsværdi, dets praktiske anvendelighed samt konsekvenserne i fødekæderne for dyr og mennesker af en given planteoptagelse af uønskede stoffer (giftige sporstoffer) dertil måske stoffer som slet ikke kan nedbrydes.

Ved Askov og Lundgård forsøgsstationer er der i årene 1972-75 gennemført kar- og markforsøg for at undersøge virkningen af et granulat af pyrolyseslagge-slam, som er fremstillet af Pollution Control A/S på et forsøgsanlæg i Kalundborg.

Fremstilling af pyrolyseslagge-slam

I henhold til oplysninger fra Pollution Control A/S er fremstillingsprocessen følgende: Destruktion af affaldet finder sted i en retort, der opvarmes ved fyring med rensed gas dannet ved pyrolysen. Gennem denne proces reduceres 1 tons affald til 200 kg slagge. Volumen formindskes 90 pct.

Slaggen, der er trækulslignende, indeholder glas- og metaldele fra affaldet. Undersøgelser er gjort for at genindvinde metallerne fra slaggen. På forsøgsanlægget i Kalundborg frasorteres jern ad magnetisk vej.

I et slambehandlingsanlæg blandes centrifugeret slam med slaggen fra pyrolyseanlægget og efter granulering, tørring og desinfektion opnås et sort slutprodukt, der foruden granulater vil indeholde en del fint støv.

Det i forsøgene anvendte affaldsprodukt er blandet i vægtforholdet slagge/slam = 2:1.

Fysisk og kemisk sammensætning

Som følge af, at husholdningsaffald indeholder adskillige tungt opløselige materialer som f.eks. glas m.m., vil en kemisk karakterisering af et affaldsprodukt som pyrolyseslagge-slam være afhængig af den analysemetode, der tages i anvendelse.

I tabel 1 er vist den kemiske sammensætning af det i forsøgene anvendte affaldsprodukt. Analyse er udført i saltsur ekstraktion og er foretaget af Askov forsøgsstations laboratorium i sam-

Tabel 1. Tørstof og mineralstofindhold i pyrolyseslagge-slam
The content of nutrients and heavy metals in »pyrolyseslag-sludge«

Indhold, pct. i foreliggende stof <i>Content, % in available matter</i>		Indhold, ppm i foreliggende stof <i>Content, ppm in available matter</i>	
Tørstof, <i>dry matter</i>	95,6 (3)	Kobber, Cu	637 (3)
Kvælstof, total-N	1,06 (3)	Mangan, Mn	657 (4)
Fosfor, P	0,59 (4)	Zink, Zn	1997 (4)
Kalium, K	0,23 (3)	Bly, Pb	590 (1)
Natrium, Na	0,55 (4)	Nikkel, Ni	38 (1)
Calcium, Ca	2,75 (3)	Crom, Cr	36 (1)
Magnesium, Mg	0,20 (4)	Cadmium, Cd	8 (1)
Jern, Fe	2,0 (4)	Cobolt, Co	7 (1)

Tallene i () angiver analyserede prøver.

arbejde med Statens Planteavlslaboratorium og Mineralogisk institut ved Danmarks tekniske Højskole.

Karforsøg

Forsøgsplan

Ved Askov forsøgsstation er der 1972 og 1973 gennemført forsøg efter følgende plan:

1. Pyrolyseslagge-slam
2. Kunstgødning

Ovenstående led blev kombineret med:

- .1 1 gødning
- .2 2 gødning
- .3 4 gødning

1 gødning = 2,5 kg pyrolyseslagge-slam eller 10 g N, 14 g P og 8 g K i kunstgødning pr. m².

Næringsstofmængden i kunstgødning svarer for kvælstofs vedkommende til ca. 30 pct. af den N-mængde, der tilføres i tilsvarende forsøgsled med pyrolyseslagge-slam, mens fosfor og kaliummængderne er de samme. Det er således kvælstofvirkningen i pyrolyseslagge-slam, der er undersøgt.

Begge år blev der grundgødet med magnesium-, mangan- og kobbersulfat samt borax.

Der blev gennemført forsøg med bederoer, kålroer, kartofler og italiensk rajgræs som afgrøder og med 2 fælleskar pr. forsøgsled.

Metodik

Som kar blev anvendt 12-liters plastspande, der

1 cm over bunden var forsynet med en studs. Denne studs var med en plastslange forbundet med en tilsvarende studs i en 5-liters plastdunk, der fungerede som vandreservoir.

Karrene var, som det ses af figur 1, anbragt på bænke, og vanding foregik ved at løfte de med karrene forbundne dunke (vandreservoir) op på skamler, 5 cm højere end bænken. Her blev dunkene stående, til jorden var vandmættet, hvorefter de blev sat ned igen, og eventuelt overskudsvand kunne løbe tilbage i vandreservoiret. Ved dette vandingssystem undgås udvaskningstab af mineralstoffer og vandoverskud i bunden af karrene. Da karrene var placeret i det fri, kunne overskydende regnvand tillige opfanges kvantitativt i dunkene.

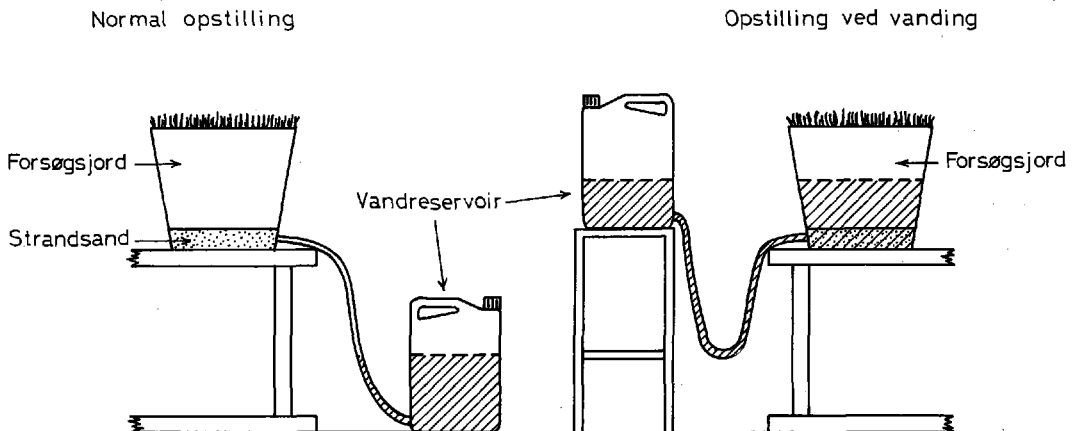
Som forsøgsjord blev anvendt en mager sandjord fra Klelund plantage.

Karrene, der var 25 cm høje og havde et overfladeareal på 590 cm², kunne rumme ialt 16 kg af denne sandjord.

Efter blanding af jorden blev der afvejet 15,5 kg jord pr. kar, hvori forsøgsgødning blev iblandet. De resterende 0,5 kg blev anvendt som dækmateriale efter såning.

Roerne blev sået efter skabelon med udtynding til 4 planter pr. kar. Der blev lagt 1 kartoffel pr. kar. Italiensk rajgræs blev bredsået i en mængde svarende til 2 g frø pr. kar.

Som følge af, at forsøgsjorden havde et pH på 4,5, blev der i kar med roer som afgrøde samtidig



Figur 1. Skitse af karforsøg.

med forsøgs-gødningen givet 50 g kulsur kalk pr. kar.

Efter høst i 1972 blev udtaget jordprøver til bestemmelse af pH.

Tabel 2. pH-målinger efter høst 1972.

Afgrøde	Efter tilførsel af	
	pyrolyseslagge	kunstgødning
Bederøer	6,6	6,3
Kålroer	6,5	6,0
Kartofler	5,2	4,5
Græs	5,2	4,5

Det fremgår af tabel 2, at pyrolyseslaggeslam har hævet jordens pH i sammenligning med kunstgødskning.

Analyse

Alle afgrøder er analyseret for indhold af tørstof, total-kvælstof, P, K, Na, Ca og Mg. Endvidere er der i nogle afgrøder bestemt indhold af metallerne Ni, Cr, Cd, Cu, Mn, Co, Pb og Zn i de forsøgsled, hvor der var tilført enten største mængde pyrolyseslagge-slam eller kunstgødning.

Resultater

Tørstofudbytte samt tørstoffets procentiske indhold af N, P, K, Na, Ca og Mg er som enkeltre-

sultater for alle afgrøder meddelt i hovedtabel I og II.

Bortset fra udbyttet i kartofler blev der høstet væsentlig større udbytter i 1973 end i 1972. Denne forskel mellem de 2 års udbytter kan sikkert tilskrives virkning af de kalkmængder, der er tilført henholdsvis bede- og kålroekar før såning 1972 og græs- og kartoffelkar før anlæg 1973.

På grundlag af enkeltresultaterne er beregnet de i tabel 3 anførte udbyttetal for pyrolyseslagge-slam og kunstgødningstilførsel som gennemsnit af 2 år og 3 gødningsmængder.

Der er målt signifikant forskel på udbytte og mineralstofoptagelse mellem de 2 forsøgsled. Med undtagelse af natriumindhold har udbytte og mineralstofoptagelse været størst efter anvendelse af kunstgødning.

Kvælstofoptagelsen efter tilførsel af kunstgødning er ca. 1½–2 gange større end efter anvendelse af pyrolyseslagge-slam, og det til trods for, at der med kunstgødning kun er givet ca. 35 pct. af den N-mængde der tilføres med pyrolyseslagge-slam.

Resultaterne af analysering for spormetaller i afgrøderne efter tilførsel af største mængde pyrolyseslagge-slam og kunstgødning er vist i tabel 4.

I halvdelen af afgrødeanalyserne er målt højere indhold, hvor der er tilført pyrolyseslagge-slam

Tabel 3. Karforsøg, udbytte, g/m², gns. af 2 år
Pot experiment. Yield, g/m², average of 2 years

Afgrøde <i>Crop</i>	Tørstof <i>Dry matter</i>	N	P	K	Na	Ca	Mg
Pyrolyseslagge-slam <i>Pyrolyseslag-sludge</i>							
Bederøer, <i>Beet</i>	1244	9	1,5	16	4,9	13	3,1
Kålroer, <i>Swedes</i>	653	8	1,2	8	2,2	4	1,0
Kartofler, <i>Potatoes</i>	224	4	0,3	5	0,2	<1	0,2
Græs, <i>Grass</i>	629	11	1,6	13	1,9	6	1,2
Kunstgødning <i>Fertilizer</i>							
Bederøer, <i>Beet</i>	1786	15	3,0	24	2,2	19	2,1
Kålroer, <i>Swedes</i>	1349	14	3,9	18	1,3	7	1,6
Kartofler, <i>Potatoes</i>	694	9	1,0	13	0,1	1	0,5
Græs, <i>Grass</i>	780	14	2,5	17	0,9	7	0,9

Tabel 4. Karforsøg. Spormetalindhold i afgrødetørstof, mg/kg.
Pot experiment. The content of heavy metals, mg/kg dry matter.

	Ni	Cd	Cr	Pb	Cu	Mn	Zn	Co
Pyrolyseslagge-slam (10 kg/m ²)								
<i>Pyrolyseslag-sludge</i>								
Bederoer, top, <i>Beet, leaves</i>	0,43	1,8	1,58	5,1	24	1160	600	0,70
Bederoer, rod, <i>Beet, root</i>	0,24	2,3	1,47	1,9	19	230	146	<0,01
Kålroer, top, <i>Swedes, leaves</i>	1,15	1,7	7,9	1,2	11	133	182	0,04
Kålroer, rod, <i>Swedes, root</i>	0,17	0,1	0,7	0,5	4	23	35	0,05
Kartofler, <i>Potatoes</i>	0,81	0,3	0,3	0,6	4	42	55	0,03
Græs, 2. slæt, <i>Grass 2. cut</i>	0,31	0,1	0,6	4,4	13	435	114	0,03
Græs, 3. slæt, <i>Grass 3. cut</i>	0,51	0,5	0,3	1,8	10	1250	120	0,03
Græs, 4. slæt, <i>Grass 4. cut</i>	0,77	0,4	1,6	5,2	10	1250	335	<0,01
Kunstgødning (40 N, 56 P, 32 g K/m ²) <i>Fertilizer</i>								
Bederoer, top, <i>Beet, leaves</i>	0,17	0,7	0,7	0,5	6	140	36	0,05
Bederoer, rod, <i>Beet, root</i>	0,14	0,3	0,4	0,4	3	64	52	0,03
Kartofler, <i>Potatoes</i>	0,70	0,3	0,2	0,6	7	26	52	<0,01
Græs, 2. slæt, <i>Grass 2. cut</i>	0,75	0,2	0,7	1,2	15	137	66	0,43
Græs, 3. slæt, <i>Grass 3. cut</i>	0,87	0,3	0,2	2,3	11	370	84	<0,01
Græs, 4. slæt, <i>Grass 4. cut</i>	1,35	1,2	1,6	2,5	10	420	190	0,11

end kunstgødning, i 1/3 af prøverne var der ingen forskel, men med nogen variation fra det ene sporstof til det andet.

Markforsøg

Forsøgsplan og forsøgenes gennemførelse

Ved Askov og Lundgård forsøgsstationer er der i 1972–75 gennemført fastliggende forsøg efter følgende plan:

1. 0 N
2. 50 N i kalkammonsalpeter (kas.), årlig
3. 100 N i kalkammonsalpeter (kas.), årlig
4. 20 tons pyrolyseslagge-slam, årlig
5. 40 tons pyrolyseslagge-slam, årlig
6. 80 tons pyrolyseslagge-slam, hv. 4. år

Forsøgene er udført med 4 gentagelser pr. forsøgsled og med en parcelstørrelse på 50 m² brutto og ca. 20 m² høstparcel.

Affaldsgranulatet er udbragt, spredt og nedpløjet om vinteren med undtagelse af 1974 ved Askov, hvor spredning er foretaget på græsmark uden efterfølgende indarbejdning i jorden.

En oversigt over den samlede mængde tilført pyrolyseslagge-slam og dets indhold af mineralstoffer over en 4-årig forsøgsperiode er vist i tabel 5.

Af oversigten fremgår det, at der knapt nok er tilført de mængder pyrolyseslagge-slam, som det ifølge forsøgsplanen var bestemt. Årsagen hertil er, at der ved forsøgets anlæg 1972 ikke var produceret tilstrækkelige mængder affaldsprodukt, og det derfor var nødvendigt at foretage en reduceret tilførsel det år.

Forsøgsarealerne blev grundgødet med PK-gødning. De anvendte mængder grundgødning samt afgrøden i de enkelte forsøgsår fremgår af tabel 6.

Ved Askov blev der 2. og 4. forsøgsår anvendt gødningen 0–5–13, medens der i alle øvrige forsøg er grundgødet med 0–4–21 med Mg.

Beregnet på grundlag af indhold af tungmetaller i handelsgødning (A. Dam Kofoed, 1975) er der i forsøgsperioden tilført rundt regnet 10–15 g Cadmium, 10–20 g Crom, 40–60 g Nikkel, 25–75 g Bly og ca. 150 g Zink pr. ha.

Afgrødeanalyse

Bestemmelse af total-N, P, K, Na, Ca og Mg er foretaget i alle afgrøder med undtagelse af afgrøden fra forsøget 1973 ved Lundgård med kartofler.

Desuden er i afgrøderne fra forsøgsled 3, 5 og 6,

Tabel 5. Mineralstofftilførsel med pyrolyseslagge-slam, markforsøg 1972-75.
Supply of mineral elements in pyrolyseslag-sludge. Field experiments 1972-75.

Forsøgsled, level, t/ha	20	40	80
	årligt, yearly		ved anlæg, at start
Pyrolyseslagge-slam, t/ha/4 år	78,75	157,5	75,0
Mineralstofftilførsel, kg/ha/4 år mineral elements			
Kvælstof, total-N	835	1670	795
Fosfor, P	465	929	443
Kalium, K	181	362	173
Natrium, Na	433	866	413
Calcium, Ca	2166	4331	2062
Magnesium, Mg	158	315	150
Kobber, Cu	50	100	48
Mangan, Mn	52	103	49
Zink, Zn	158	315	150
Bly, Pb	47	93	44
Nikkel, Ni	3,0	6,0	2,9
Crom, Cr	2,8	5,7	2,7
Cadmium, Cd	0,63	1,26	0,60
Cobolt, Co	0,55	1,10	0,53

Tabel 6. Afgrøde og grundgødskning, 1972-75
Crop and fertilization, 1972-75

Forsøgsår <i>Experimental year</i>	Afgrøde, crop	PK-gødning <i>PK-fertilizer</i> kg/ha	P	K	Mg
				kg/ha	
Askov:					
1	roer, beet	750	30	155	19
2	byg, barley	400	21	53	
3	græs, grass	600	24	124	15
4	havre, oats	500	26	67	
Sum			101	399	34
Lundgård:					
1	byg, barley	400	16	82	10
2	kartofler, potatoes	600	24	124	15
3	byg, barley	400	16	82	10
4	havre, oats	400	16	82	10
Sum			72	370	45

det vil sige forsøgsleddet med største mængde kunstgødningskvælstof samt forsøgsleddene med stor årlig og éngangstilførsel af pyrolyseslagge-slam, analyseret for indhold af Mn, Zn, Cr, Co, Pb, Ni, Cd og Cu.

Vækstbetingelser

Tabel 7 giver en oversigt over nedbørsforholdene ved Askov, Lundgård 1972-75 for tidsrummet 1.

april-31. juli. Foruden målt nedbør er vist beregnet vandbalance, der fremkommer ved at trække den målte potentielle fordampning fra nedbøren.

Det fremgår heraf, at i 1972 og 1973 var nedbørsforholdene gunstige for afgrøderne.

I 1974 var forårs månederne meget regnfattige, men normal nedbør i juni og stor nedbør i juli rettede op på vandbalancen, og resten af vækstperioden 1974 havde gunstige vækstbetingelser.

Tabel 7. Nedbør og vandbalance, april-juli ved Askov og Lundgård forsøgsstationer 1972-75
Precipitation and waterbalance April-July 1972-75

	April	Maj	Juni	Juli
		nedbør, mm precipitation		
1972	83	72	77	44
1973	86	85	47	58
1974	6	19	66	126
1975	82	25	16	48
		Vandbalance (nedbør ÷ potentiel fordampning) mm <i>Waterbalance (precipitation ÷ potential evaporation) mm</i>		
1972	50	20	22	+44
1973	37	26	+42	36
1974	+54	+52	÷ 7	60
1975	54	+53	+85	+47

Stort underskud på vandbalancen allerede i maj måned og meget lille nedbørsmængde i juni («normal» 1960-69 = 53 mm) var med til at præge kornafgrøderne meget stærkt i 1975.

Resultater

Udbyttet i de enkelte forsøg er vist i tabel 8.

Udbytteerne i 1974 er præget af det store nedbørsunderskud, der har været i store dele af vækstperioden. I 1975, hvor der var havre på begge forsøgssteder, har der på Askov slet ingen virkning været for tilførsel af pyrolyseslam, og ved Lundgård er der høstet så små udbytter, at en vurdering af gødningsvirkningen på grundlag af disse resultater vil være urealistisk.

I tabel 9 er vist forholdstal for udbytteerne i de forskellige forsøgsår, når udbyttet ved tilførsel af 100 kg N pr. ha i kunstgødning sættes til 100.

20 tons pyrolyseslagge-slam årligt = 210 kg N pr. ha har i 1972 og 1973 med byg som afgrøde givet nogenlunde samme kærneudbytte som 50 kg N pr. ha i kalkammonsalpeter og for 40 tons årlig pr. ha et lidt større udbytte end 100 kg N pr. ha.

Når tilførsel af ca. 80 tons affaldsprodukt i 1972 har givet så lille et udbytte i byg sammenlignet med 20 og 40 tons pr. ha ved Lundgård, skyldes det, at der forekom tidlig lejesæd med deraf følgende fald i kærneudbytte.

Forsøget med bederoer viser, at forsøgsled tilført pyrolyseslagge-slam har givet væsentlig stør-

re udbytte end de forsøgsled, der har fået 50 og 100 kg N pr. ha, og der har været stigende udbytte for stigende tilførsel af affaldsproduktet. Tilsvarende er fundet i kartofler.

Resultaterne viser, at pyrolyseslagge-slam har virket forholdsvis bedre til rodfrugt end til korn, hvilket harmonerer med, at en afgrøde med lang vækstperiode bedre kan udnytte de relativt stærkere bundne næringsstoffer i pyrolyseslagge-slam end en afgrøde med kort vækstperiode.

Engangstilførsel af 80 tons pyrolyseslagge-slam har, undtagen i udbringningsåret, virket væsentligt dårligere end 50 kg N/ha pr. år i kalkammonsalpeter.

Analyseresultater for procentisk indhold af total-N, P, K, Na, Ca og Mg i tørstof i de forskellige afgrøder er anført i hovedtabel III og IV.

Det fremgår af disse, at tilførsel af pyrolyseslagge-slam har forårsaget en betydelig stigning i natriumindholdet i både rod og top af bederoer. For kærne og halm er der en tendens til et højere indhold af natrium efter pyrolyseslagge-slamtilførsel.

Tabel 10 viser bortførsel af plantenæringsstoffer med afgrøderne korn, bederoer og græs efter tilførsel af 100 kg N i kalkammonsalpeter eller 40 tons affaldsprodukt pr. ha. Mængderne er for korns vedkommende beregnet som gennemsnit af 5 afgrøder både byg og havre, medens tallene for bederoer og græs kun omfatter en afgrøde af hver.

Tabel 8. Markforsøg med pyrolyseslagge-slam. Udbytte, hkg/ha
Field trial with pyrolyseslag-sludge. Yield, hkg/ha
 Roer, kartofler og græs i tørstof, kornafgrøder 85% tørstof
Beet, potatoes and grass in dry matter, grain crops, 85% dry matter

			50	100	20	40	80
			kg/ha		t/ha		
	Ingen		kunstgødning-N		pyrolyseslagge-slam		
	forsøgs-		fertilizer N		pyrolyseslag-sludge		
	gødning		årligt		årligt		
	without	N-supply	yearly		yearly		
					ved anlæg		
					at start		
<i>Askov</i>							
Bederøer, rod	1972	51,3	60,7	65,0	75,6	79,4	82,0
<i>Beet, root</i>							
Bederøer, sandfr. top		20,8	25,6	31,0	27,6	31,6	33,2
<i>leaves without sand</i>							
Byg, kærne	1973	30,0	43,8	46,7	44,0	51,6	37,2
<i>Barley, grain</i>							
Byg, halm		26,6	52,1	53,9	47,0	59,2	39,4
<i>Barley, straw</i>							
Græs,	1974	52,1	82,4	107,5	63,1	87,4	66,6
<i>Grass</i>							
Havre, kærne	1975	32,1	36,9	36,8	30,4	29,3	28,8
<i>Oats, grain</i>							
Havre, halm		33,9	39,9	32,1	33,6	32,6	31,3
<i>Oats, straw</i>							
<i>Lundgård</i>							
Byg, kærne	1972	15,1	36,2	35,7	34,2	41,7	34,5
<i>Barley, grain</i>							
Byg, halm		8,1	27,4	33,3	21,8	31,2	47,6
<i>Barley, straw</i>							
Kartofler	1973	38,0	60,3	74,7	69,1	82,3	48,9
<i>Potatoes</i>							
Byg, kærne	1974	6,5	21,1	28,1	16,4	22,2	8,8
<i>Barley, grain</i>							
Byg, halm		6,0	14,0	19,0	15,2	17,2	6,9
<i>Barley, straw</i>							
Havre, kærne	1975	6,4	12,9	13,7	13,4	13,0	6,3
<i>Oats, grain</i>							
Havre, halm		3,8	9,8	11,2	11,8	12,9	3,6
<i>Oats, straw</i>							

Optagelse af kvælstof, fosfor og kalium har varieret med afgrødernes udbyttestørrelse og -indhold.

Det ses i tabel 10, at afgrøderne har fjernet samme kvælstofmængder, uanset om der er anvendt kunstgødning eller affaldsprodukt.

Med pyrolyseslagge-slam tilføres ca. 420 kg N/ha. Tilsvarende gælder for fosfor og kalium, selvom der her med affaldsproduktet gives ca. 230 kg P og ca. 90 kg K/ha ekstra.

Tabel 11 viser, hvorledes optagelsen af kvælstof, fosfor og kalium har været i de forskellige forsøgsår, når indholdet i de prøver, hvortil der er gødet med 100 kg N pr. ha i kunstgødning er sat til = 100.

Som det fremgår af tallene, ligger udbyttet af de 3 næringsstoffer efter tilførsel af 20 tons pyrolyseslagge-slam på linie med det, der er fundet efter gødskning med 50 kg N pr. ha i kunstgødning. 40 tons affaldsprodukt årligt giver omtrent samme

Tabel 9. Forholdstal for udbytte. Markforsøg 1972-75
Proportional for yield. Field trials 1972-75
 100 kg N i kas. = 100

		Ingen forsøgs- gødning <i>without N-supply</i>	50 kg/ha kunstgødning-N fertilizer N årligt <i>yearly</i>	100 kg/ha kunstgødning-N fertilizer N årligt <i>yearly</i>	20 pyrolyseslagge-slam <i>pyrolyseslag-slugde</i> årligt <i>yearly</i>	40 pyrolyseslagge-slam <i>pyrolyseslag-slugde</i> årligt <i>yearly</i>	80 pyrolyseslagge-slam <i>pyrolyseslag-slugde</i> ved anlæg <i>at start</i>
<i>Askov</i>							
Bederoer, tørstof	1972	75	98	100	118	128	133
<i>Beet, dry matter</i>							
Byg, kærne	1973	64	94	100	94	110	80
<i>Barley, grain</i>							
Græs, tørstof	1974	48	77	100	59	81	62
<i>Grass, dry matter</i>							
Havre, kærne	1975	87	100	100	83	80	78
<i>Oats, grain</i>							
<i>Lundgård</i>							
Byg, kærne	1972	42	101	100	96	117	97
<i>Barley, grain</i>							
Kartofler	1973	51	81	100	92	110	66
<i>Potatoes</i>							
Byg, kærne	1974	25	75	100	58	79	31
<i>Barley, grain</i>							
Havre, kærne	1975	46	94	100	98	95	46
<i>Oats, grain</i>							

Tabel 10. Afgrødernes bortførsel af næringsstoffer, kg/ha
Removal of nutrients by crop, kg/ha

Næringsstof <i>Nutrients</i> kg/ha	100 kg N/ha			Gødskning: <i>Fertilization:</i> 40 tons pyrolyseslagge-slam <i>pyrolyseslag-slugde</i> årligt <i>yearly</i>		
	i kalkammonsalpeter <i>calcium ammonium nitrate</i>			korn <i>cereal</i>	bederoer <i>beet</i>	græs <i>grass</i>
	korn <i>cereal</i>	bederoer <i>beet</i>	græs <i>grass</i>			
N	69	135	247	65	137	241
P	11	11	26	12	13	26
K	48	185	288	49	231	229

Tabel 11. Forholdstal for N, P og K-optagelse, markforsøg 1972-75
 100 kg N/ha i kunstgødning = 100
Proportional for N, P and K-absorption. Field trial 1972-75
 100 kg N/ha in fertilizer = 100

	Ingen forsøgs- gødning <i>without</i> <i>N-supply</i>	50 kg N i kunstgødning <i>fertilizer</i> årligt yearly	100	20	40 t pyrolyseslagge-slam/ha <i>pyrolyseslag-sludge</i> årligt yearly	80 ved anlæg at start
<i>kvælstof, nitrogen</i>						
1. forsøgsår <i>experimental year</i>	50	82	100	85	101	137
2. forsøgsår	50	82	100	81	101	138
3. forsøgsår	28	63	100	48	87	34
4. forsøgsår	53	85	100	94	96	53
<i>fosfor, phosphorus</i>						
1. forsøgsår <i>experimental year</i>	74	98	100	97	109	119
2. forsøgsår	71	101	100	101	121	106
3. forsøgsår	44	76	100	72	108	59
4. forsøgsår	76	98	100	101	96	74
<i>kalium, potassium</i>						
1. forsøgsår <i>experimental year</i>	59	96	100	96	109	161
2. forsøgsår	57	88	100	86	113	83
3. forsøgsår	33	66	100	58	82	45
4. forsøgsår	71	98	100	103	112	57

kvælstofudbytte de forskellige år, hvorimod fosfor og kaliumudbyttet har været lidt højere i de fleste af årene.

Engangstilførsel af ca. 80 tons pyrolyseslagge-slam har i 1. forsøgsår givet væsentlig højere optagelse af de 3 næringsstoffer end 100 kg N pr. ha i kunstgødning, og det samme er tilfældet i 2. forsøgsår med hensyn til kvælstof og fosfor.

Det procentiske indhold af spormetaller i afgrøderne fra forsøgsled 3, 5 og 6 er anført i hovedtabel V. Indholdet af disse har generelt været højere i halm og top end i kærne og rod. I enkelte tilfælde er der fundet højere indhold efter tilførsel af pyrolyseslagge-slam end efter kunstgødning, men forøgelseerne er dog gennemgående små.

Jordbundsanalyser

Ved forsøgets afslutning er der udtaget jordprøver i de enkelte forsøgsled til bestemmelse af

reaktionstal, fosforsyretil, og kaliumtal samt indhold af sporstoffer. Resultaterne af analyse- ringen er vist i tabel 12.

Tilførsel af pyrolyseslagge-slam har stabiliseret jordens reaktionstal og forårsaget en stigning af jordens Ft-niveau, hvorimod der ikke er sket væsentlig ændring i jordens kaliumindhold.

I de kunstgødede forsøgsled har stigende kvælstoftilførsel ført til et fald i jordens Rt, Ft og Kt, hvilket harmonerer med, at stigende udbytter tærrer på jordens mineralstofindhold.

Anvendelse af affaldsproduktet har medført en stigning i jordens indhold af bly og cadmium, medens der ikke er fundet signifikante ændringer i cobolt-, crom- og nikkelindhold.

Diskussion

Kvælstofvirkningen efter anvendelse af et affaldsprodukt som pyrolyseslagge-slam kan kun

Tabel 12. Jordprøver, udtaget ved forsøgets afslutning i 1975
Results of soil analyses at the termination of the experiments in 1975

	Ingen forsøgs- gødning without N-supply	50 kg N/ha i kunstgødning,- årligt fertilizer, yearly	100	20	40 t pyrolyseslagge-slam/ha pyrolyseslag-sludge årligt yearly	80 ved anlæg at start
				Rt		
Askov	6,7	6,6	6,5	6,7	7,1	6,8
Lundgård	5,6	5,5	5,4	6,1	6,6	6,1
				Ft		
Askov	4,4	4,0	3,9	5,9	8,7	5,7
Lundgård	7,4	7,8	7,2	8,1	9,7	8,1
				Kt		
Askov	10,3	8,5	7,4	10,7	10,4	8,5
Lundgård	7,5	7,3	6,7	7,2	8,4	8,3
Spormetaller, ppm i jord <i>Trace elements, ppm in soil</i>				Co		
Askov	1,1	1,3	1,3	1,3	1,5	1,3
Lundgård	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0
				Cr		
Askov	9	9	9	9	8	8
Lundgård	3	3	3	3	3	3
				Ni		
Askov	3	4	4	4	5	4
Lundgård	1	1	1	2	2	2
				Pb		
Askov	9	9	9	19	32	20
Lundgård	6	6	7	13	13	10
				Cd		
Askov	0,13	0,13	0,13	0,22	0,53	0,30
Lundgård	0,14	0,14	0,14	0,22	0,30	0,20

tilskrives kvælstofindholdet i slamfraktionen, idet den høje temperatur som dagrenovationen underkastes i retortovnen vil udelukke, at der er kvælstof tilbage i pyrolyseslaggen. Størrelsesordenen for kvælstofindhold vil derfor være afhængig af slamtilsætningen.

Kvælstofindholdet i slam afhænger naturligvis af slammets oprindelse, men vil ofte være i en størrelsesorden på 2–4 pct. i tørstoffet. Kvælstofindholdet i det anvendte affaldsprodukt var, som vist i tabel 1, lidt over 1 pct. af tørstoffet.

Resultaterne tyder på, at affaldsproduktet pyrolyseslagge-slam bør anvendes til afgrøder med lang vækstperiode såsom roer og kartofler. Når der ikke opnås lignende virkning af anvendelse til græs i forsøget ved Askov 1974 (tabel 9), beror det sikkert foruden dette års ugunstige vækstbetingelser også på, at affaldsproduktet blev udspredd på græsdækket jord uden nogen form for senere indarbejdning. Derimod ses det af resultaterne fra karforsøget 1973 (hovedtabel II), at den gradvise frigivelse af det relativt stærkt bundne kvælstof,

når affaldsproduktet er iblandet jorden, har resultateret i, at der i dette forsøg både i 3. og 4. slæt i græs høstes større udbytter efter pyrolyseslagge-slamtilførsel end i de kunstgødede forsøgsled.

I praksis vil en spredning af affaldsproduktet på græsmark være u hensigtsmæssig af den grund, at der ved afhugning af græsset, især med anvendelse af grønthøster, vil kunne overføres affaldsprodukter til det høstede græs, hvorved indholdet af spormetaller forøges med senere risiko for indfyldelse i fødekæderne.

Sundhedsmæssig risiko for mennesker og husdyr ved jordbrugsanvendelse af slam er i første række knyttet til slammets belastning med spormetaller og patogene smitstoffer. Der er i disse forsøg med pyrolyseslagge-slam ikke foretaget undersøgelser vedrørende problemet smitstoffer. Ifølge midtvejsrapport for dansk slamforskning (1976), frembyder smitteproblematikken dog ikke større hindringer for jordbrugsanvendelse af slam, end de vil kunne imødegås ved praktiske forholdsregler.

De fundne værdier for spormetaller i den anvendte pyrolyseslagge-slam blanding ligger på linie med de metalkoncentrationer, der tidligere af *H. Pauly* (1973) er fundet i slam fra kommunale spildevandsrensaneanlæg i Danmark, som ikke modtager særligt metalbelastet spildevand fra industri.

De procentiske indhold af spormetaller efter tilførsel af 40 tons pyrolyseslagge-slam pr. ha årligt (hovedtabel V, forsøgsled 5), svarer nøje til, hvad der er fundet i forsøg efter anvendelse af 30 tons tørstof pr. ha af lavt metalbelastet slam fra rensningsanlæg. *Damgaard-Larsen* (1976), *Larsen* (1975).

Når det skal vurderes, hvor og hvordan slam og andre affaldsprodukter som f.eks. pyrolyseslagge-slam kan slutdeponeres, er det særlig cadmium og bly blandt spormetallerne, som er i søgelyset.

Afgrødeanalyserne i hovedtabel V viser for cadmium og bly ingen sikre udslag for varierende tilførsel, men i forsøg med slam fra rensningsanlæg er der konstateret øget cadmiumindhold for stigende cadmiumtilførsel, hvorimod afgrødernes blyindhold var relativt upåvirket. *Damgaard-Larsen* (1976), *Larsen* (1975).

Derimod fremgår det af resultaterne, at der er stor variation med hensyn til de forskellige afgrøders og afgrødedeles indhold af disse metaller, hvor det er de plantedele, som høstes grønne, der er mest udsat for belastning.

Selvom afgrøderne i forsøgsperioden ikke har vist nævneværdig forøgelse af uønskede metaller, bør man være opmærksom på, at der ikke tilføres jorden større mængder af disse.

Som det fremgår af jordbundsundersøgelserne ved forsøgets afslutning (tabel 12), har der været en ophobning af f.eks. cadmium og bly. Det vides på nuværende tidspunkt ikke, om disse metaller over en årrække bliver mere eller mindre plantetilgængelige.

Ifølge rapport om slam fra spildevandsanlæg udarbejdet af en arbejdsgruppe nedsat af miljøstyrelsen (1975), foreslås det, at slam kan udbringes på jord med konsumafgrøder, såfremt cadmiumbelastningen udgør mindre end 15 g/ha/år og blybelastningen gøres mindre end 600 g/ha/år. Drejer det sig om jord, hvor der ikke dyrkes konsumafgrøder, er de tilsvarende belastninger sat til 30 g og 1200 g/ha/år.

Til sammenligning kan anføres, at der med 20 tons pyrolyseslagge-slam af den anvendte type tilføres 180 g cadmium og ca. 12 kg bly pr. ha/år (tabel 1 og 5).

Pyrolyseslagge-slam bør derfor underkastes samme regler som foreslået for slam som udbringes på jord, og det bør deklareres bl.a. med hensyn til indhold af cadmium og bly, men også for indhold af plantenæringsstoffer.

Pyrolyseslagge-slam har, som det fremgår af tabel 1, et højt tørstofindhold, ca. 95 pct., og produktet vil foruden granulater indeholde en del fint støv, som er generende ved håndtering af produktet. Det må formodes, at det på grund af lagring og transport ikke vil være hensigtsmæssigt at tilsætte vand til binding af støv.

I forbindelse med forsøget 1974-75 blev 1 tons pyrolyseslagge-slam udlagt plastdækket i en bunke på jorden 3 mdr. før udbringning i forsøget. Efter de 3 mdr. blev der foretaget vandbestemmelse forskellige steder i bunken med følgende resultat: Øverst i bunken var vandindholdet 11,2 pct., midt i bunken 10,7 pct. og nederst i bunken

var vandprocenten 24,7 pct. Efter en opblanding viste det sig, at det opsugede vand havde bundet støvet, og spredning kunne foretages uden større gener.

Konklusion

En betingelse, for at jordbruget kan have interesse for et affaldsprodukt som pyrolyseslagge blandet med slam, er, at gødningsvirkningen er tilstrækkelig god i forhold til omkostninger og ulemper igrøvrigt, og at belastningen af jorden specielt med cadmium og bly ikke øges.

De i denne beretning omhandlede forsøg viser, at størstedelen af kvælstoffet i pyrolyseslagge-slam er til stede i tungt opløselige organiske forbindelser, idet 50 kg N til byg i kalkkammonsalpeter og 63 kg N til roer kunne erstatte virkningen af 20 tons affaldsstof med 210 kg N. Det vil sige, at kun 20–30 pct. af kvælstoffet har været umiddelbart plantetilgængeligt.

Dertil kommer, at jordbundsanalyser har vist, at anvendelse af affaldsproduktet har medført en stigning i jordens indhold af cadmium og bly, samt stabilisering af jordens pH.

Anvendelse af pyrolyseslagge-slam i landbruget vil være betinget af:

1. At der er økonomisk basis for at anvende dette.
2. At affaldsstoffet ikke indeholder nævneværdige mængder af uønskede, giftige metaller.
3. At indholdet er deklareret, herunder også indhold af tungmetaller.

Litteratur:

- Forureningsrådet 1971*: Fast affald. Forureningsrådets sekretariat. Pub. nr. 20.
- Damgaard-Larsen, S.* (1976): Statens Planteavlsmøde 1976 s. 13–19.
- Kofoed, A. Dam* (1975): Tungmetaller og jordbruget. N.J.F. seminar på Ladelund Landbrugsskole, 21–23. okt. 1975.
- Larsen, S. Damgaard.* (1975): Planternes optagelse af tungmetaller. N.J.F. seminar på Ladelund Landbrugsskole 21–23. okt. 1975.
- Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd.* (1976): Slammets Jordbrugsanvendelse – Midtvejsrapport for dansk Slamforskning. Overblik og Fokusering.
- Miljøstyrelsen.* (1975): Slam fra spildevandsanlæg. Rapport fra en arbejdsgruppe.
- Pauly, H.* (1973): Tungmetalloforekomster i slam fra rensningsanlæg og konsekvenser for slutanvendelsen.
- Särtryck ur:
Sammenställing av konferenser i samband med den internationella fackmässan om renhållning och avfallshantering i Jönköping 27.8–31.8 1973.

Manuskript modtaget den 1. december 1977.

Hovedtabel I. Karforsøg med pyrolyseslagge-slam ved Askov 1972

Pot experiment with pyrolyseslag-sludge. Askov 1972

Udbytte, g/m² og mineralstofindhold, pct. i tørstof

Yield, g/m² and content of minerals, per cent in dry matter

Led number	Udb. yield	N	P	K	Na	Ca	Mg
<i>Bederoer, rod beet, root</i>							
1.1	40	1,35	0,31	1,31	1,24	2,27	0,39
1.2	165	1,48	0,27	3,57	1,09	3,41	0,50
1.3	372	1,51	0,15	3,28	1,51	4,17	0,64
2.1	186	1,24	0,17	3,60	0,45	3,22	0,22
2.2	318	1,45	0,21	3,19	0,34	3,42	0,20
2.3	537	1,76	0,23	3,11	0,35	3,16	0,18
<i>Bederoer, top beet, leaves</i>							
1.1	110	0,78	0,16	0,89	0,14	0,76	0,14
1.2	202	1,03	0,17	1,17	0,10	0,46	0,15
1.3	577	0,88	0,14	1,02	0,09	0,43	0,15
2.1	441	0,61	0,12	0,97	0,05	0,60	0,09
2.2	858	0,59	0,13	0,95	0,04	0,44	0,07
2.3	2025	0,69	0,13	0,90	0,03	0,38	0,04
<i>Kålroer, rod swedes, root</i>							
1.1	31	2,09	0,24	2,62	0,35	1,87	0,16
1.2	55	1,96	0,22	2,07	0,24	1,51	0,16
1.3	97	1,76	0,12	1,67	0,30	1,14	0,12
2.1	47	1,98	0,32	3,31	0,05	1,07	0,16
2.2	68	2,01	0,30	3,05	0,04	1,64	0,12
2.3	101	2,55	0,42	4,32	0,05	1,05	0,13
<i>Kålroer, top swedes, leaves</i>							
1.1	103	1,33	0,27	1,06	0,17	0,52	0,14
1.2	229	1,45	0,23	1,17	0,25	0,56	0,16
1.3	357	1,77	0,21	1,28	0,29	0,54	0,16
2.1	514	1,04	0,26	1,29	0,07	0,48	0,13
2.2	919	0,92	0,25	1,14	0,15	0,48	0,11
2.3	1537	1,09	0,27	1,46	0,07	0,43	0,10
<i>Kartofler, knolde potatoes</i>							
1.1	223	1,35	0,19	2,29	0,10	0,14	0,10
1.2	390	1,36	0,16	2,35	0,09	0,13	0,10
1.3	560	1,82	0,14	2,27	0,11	0,12	0,10
2.1	687	1,27	0,14	2,02	0,02	0,07	0,07
2.2	1102	1,30	0,13	1,82	0,01	0,07	0,06
2.3	1852	1,50	0,15	1,89	0,02	0,08	0,06
<i>Græs, 1. slæt grass, 1. cut</i>							
1.1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1	136	2,54	0,26	2,04	0,04	0,27	0,04
2.2	187	2,61	0,25	2,27	0,04	0,27	0,04
2.3	212	2,34	0,23	1,95	0,05	0,24	0,04
<i>Græs, 2. slæt grass, 2. cut</i>							
1.1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.2	168	1,60	0,20	2,00	0,31	0,79	0,14
1.3	302	2,05	0,19	2,27	0,52	0,85	0,18
2.1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2	131	1,77	0,29	2,37	0,06	0,83	0,06
2.3	360	2,55	0,31	3,55	0,09	0,57	0,06

fortsættes

Led number	Udb. yield	N	P	K	Na	Ca	Mg
<i>Græs, 3. slæt grass, 3. cut</i>							
1.1	102	1,07	0,19	2,08	0,12	0,87	0,14
1.2	107	1,18	0,24	2,13	0,12	1,09	0,18
1.3	168	1,34	0,18	2,16	0,25	1,16	0,20
2.1	86	1,31	0,30	2,49	0,10	0,89	0,12
2.2	115	1,26	0,33	2,13	0,07	1,12	0,09
2.3	303	1,18	0,22	1,95	0,09	1,00	0,09
<i>Græs, 4. slæt grass, 4. cut</i>							
1.1	80	1,28	0,23	1,95	0,13	0,97	0,13
1.2	100	1,26	0,27	1,37	0,13	1,02	0,16
1.3	196	1,35	0,23	1,44	0,23	1,01	0,18
2.1	75	1,31	0,30	1,44	0,12	0,95	0,10
2.2	85	1,36	0,35	1,41	0,11	1,07	0,10
2.3	164	1,18	0,29	1,53	0,12	0,99	0,09

Hovedtabel II. Karforsøg med pyrolyseslagge-slam ved Askov 1973
Pot experiment with pyrolyseslag-sludge. Askov 1973
 Udbytte, g/m² og mineralstofindhold, pct. i tørstof
Yield, g/m² and content of minerals, per cent in dry matter

Led number	Udb. yield	N	P	K	Na	Ca	Mg
<i>Bederøer, rod beet, root</i>							
1.1	294	1,14	0,12	2,26	0,93	3,40	0,45
1.2	362	1,26	0,12	2,29	1,31	3,66	0,50
1.3	568	0,89	0,14	2,72	1,70	2,74	0,91
2.1	242	1,68	0,19	3,01	0,61	3,37	0,37
2.2	367	1,59	0,25	2,85	0,52	3,87	0,39
2.3	806	1,50	0,33	2,39	0,35	2,99	0,31
<i>Bederøer, top beet, leaves</i>							
1.1	780	0,47	0,09	0,79	0,07	0,43	0,11
1.2	1543	0,43	0,09	0,75	0,08	0,32	0,11
1.3	2448	0,53	0,12	0,77	0,08	0,22	0,13
2.1	970	0,45	0,15	1,00	0,04	0,33	0,09
2.2	1632	0,55	0,15	0,86	0,05	0,34	0,09
2.3	2332	0,76	0,15	0,87	0,04	0,41	0,07
<i>Kålroer, rod swedes, root</i>							
1.1	34	3,20	0,38	2,56	0,20	0,85	0,20
1.2	80	2,93	0,42	2,89	0,13	0,96	0,21
1.3	164	3,42	0,44	3,23	0,29	1,04	0,26
2.1	54	2,57	0,45	2,24	0,06	1,18	0,18
2.2	80	3,48	0,63	3,26	0,05	0,94	0,23
2.3	179	2,66	0,47	2,78	0,08	1,13	0,15
<i>Kålroer, top swedes, leaves</i>							
1.1	417	1,06	0,14	0,87	0,37	0,62	0,15
1.2	1041	0,95	0,14	0,96	0,34	0,56	0,15
1.3	1308	0,64	0,16	0,99	0,42	0,44	0,16
2.1	763	0,84	0,25	1,08	0,14	0,65	0,15
2.2	1377	1,03	0,31	1,13	0,11	0,51	0,13
2.3	2453	0,88	0,28	1,04	0,09	0,44	0,12

fortsættes

Led number	Udb. yield	N	P	K	Na	Ca	Mg
<i>Kartofler, knolde potatoes</i>							
1.1	40	1,44	0,11	1,88	0,06	0,15	0,09
1.2	65	1,43	0,10	2,00	0,08	0,14	0,08
1.3	63	1,48	0,10	2,05	0,10	0,15	0,09
2.1	112	0,96	0,13	1,96	0,01	0,12	0,08
2.2	191	0,95	0,13	1,97	0,01	0,11	0,07
2.3	220	1,28	0,16	2,13	0,01	0,12	0,08
<i>Græs, 1. slået grass, 1. cut</i>							
1.1	120	1,96	0,20	1,97	0,30	0,78	0,11
1.2	205	2,30	0,24	2,40	0,52	0,67	0,12
1.3	314	3,79	0,39	3,88	0,18	0,70	0,15
2.1	270	2,96	0,31	2,94	0,60	0,52	0,13
2.2	418	2,66	0,34	3,24	0,12	0,70	0,12
2.3	501	2,23	0,30	2,25	0,13	0,83	0,13
<i>Græs, 2. slået grass, 2. cut</i>							
1.1	126	1,22	0,28	1,90	0,13	1,18	0,19
1.2	219	1,30	0,27	1,99	0,23	1,12	0,19
1.3	361	1,73	0,26	2,36	0,47	0,95	0,30
2.1	133	0,99	0,29	1,54	0,06	1,55	0,18
2.2	239	1,07	0,34	1,62	0,06	1,49	0,17
2.3	514	1,17	0,32	2,00	0,08	0,99	0,14
<i>Græs, 3. slået grass, 3. cut</i>							
1.1	207	1,30	0,22	1,38	0,08	0,98	0,19
1.2	295	1,15	0,18	1,34	0,14	0,98	0,19
1.3	467	1,15	0,16	1,29	0,29	0,86	0,19
2.1	168	1,13	0,29	1,20	0,10	1,25	0,16
2.2	192	1,14	0,38	1,20	0,10	1,32	0,15
2.3	294	1,13	0,46	1,19	0,09	1,51	0,14
<i>Græs, 4. slået grass, 4. cut</i>							
1.1	53	2,46	0,69	2,82	0,24	0,99	0,32
1.2	70	2,76	0,72	2,39	0,67	0,84	0,32
1.3	112	2,42	0,71	1,88	0,97	0,90	0,30
2.1	26	2,24	0,97	2,07	0,20	1,85	0,30
2.2	35	2,03	0,97	1,97	0,26	1,67	0,29
2.3	36	2,00	0,97	1,90	0,25	1,60	0,29

Hovedtabel III. Markforsøg med pyrolyseslagge-slam, Askov

Field experiments with pyrolyseslag-sludge

Udbytte i hkg/ha, afgrødeanalyse: pct. i tørstof

Yield, hkg/ha, crop analyse: per cent in dry matter

Led number	Udb. yield	N	P	K	Na	Ca	Mg
Askov 1972	1. forsøgsår <i>experimental year</i>	Bederoer, rod <i>Beet, root</i>					
1	51,3	0,86	0,14	1,71	0,13	0,19	0,11
2	60,7	0,84	0,11	1,72	0,17	0,21	0,11
3	65,0	0,94	0,10	1,55	0,16	0,24	0,11
4	75,6	0,84	0,11	1,76	0,24	0,18	0,11
5	79,4	0,89	0,10	1,71	0,23	0,20	0,11
6	82,0	0,98	0,11	1,82	0,36	0,18	0,11
Askov 1972	1. forsøgsår	Bederoer, top <i>Beet, leaves</i>					
1	21,6	2,04	0,20	2,91	1,26	1,19	0,18
2	26,4	2,14	0,18	2,80	1,61	1,35	0,23
3	32,2	2,29	0,16	2,62	1,17	1,64	0,22
4	28,5	1,92	0,16	2,82	1,86	1,29	0,21
5	32,5	2,03	0,16	2,93	2,48	1,18	0,21
6	34,2	2,19	0,16	2,81	2,59	1,06	0,19
Askov 1973	2. forsøgsår	Byg, kærne <i>Barley, grain</i>					
1	30,0	1,54	0,35	0,47	0,01	0,05	0,12
2	43,8	1,50	0,34	0,43	0,00	0,05	0,13
3	46,7	1,72	0,31	0,42	0,01	0,05	0,12
4	44,0	1,51	0,34	0,42	0,01	0,05	0,12
5	51,6	1,72	0,35	0,44	0,01	0,05	0,12
6	37,2	1,55	0,42	0,51	0,01	0,06	0,14
Askov 1973	2. forsøgsår	Byg, halm <i>Barley, straw</i>					
1	26,6	0,57	0,08	1,00	0,04	0,32	0,07
2	52,1	0,49	0,06	0,85	0,03	0,35	0,07
3	53,9	0,62	0,06	0,97	0,04	0,35	0,06
4	47,0	0,51	0,06	0,93	0,06	0,32	0,05
5	59,2	0,57	0,06	0,99	0,05	0,35	0,07
6	39,4	0,47	0,08	1,03	0,06	0,32	0,06
Askov 1974	3. forsøgsår	Græs <i>Grass</i>					
1	52,1	1,61	0,29	2,22	0,06	0,87	0,11
2	82,4	1,94	0,24	2,50	0,05	0,53	0,10
3	107,5	2,30	0,24	2,68	0,09	0,50	0,11
4	63,1	1,62	0,29	2,46	0,06	0,58	0,11
5	87,4	2,76	0,30	2,62	0,09	0,56	0,12
6	66,6	1,47	0,29	2,41	0,07	0,80	0,11
Askov 1975	4. forsøgsår	Havre, kærne <i>Oats, grain</i>					
1	32,1	1,90	0,39	0,54	0,01	0,10	0,13
2	36,9	1,85	0,36	0,50	0,01	0,09	0,12
3	36,8	2,23	0,36	0,50	0,01	0,10	0,11
4	30,4	2,38	0,40	0,52	0,02	0,09	0,12
5	29,3	2,29	0,39	0,55	0,02	0,10	0,12
6	28,8	1,92	0,40	0,51	0,01	0,09	0,12
Askov 1975	4. forsøgsår	Havre, halm <i>Oats, straw</i>					
1	33,9	0,47	0,11	2,38	0,52	0,43	0,10
2	39,9	0,63	0,09	2,31	0,84	0,48	0,11
3	32,1	0,72	0,11	2,61	0,71	0,55	0,12
4	33,6	0,80	0,11	2,58	0,91	0,72	0,14
5	32,6	0,70	0,11	2,53	0,62	0,60	0,11
6	31,3	0,67	0,10	2,04	0,77	0,63	0,11

Hovedtabel IV. Markforsøg med pyrolyseslagge-slam, Lundgård

Field experiment with pyrolyseslag-sludge

Udbytte i hkg/ha, afgrødeanalyse: pct. i tørstof
Yield, hkg/ha, crop analyse: per cent in dry matter

Led number	Udb. yield	N	P	K	Na	Ca	Mg
Lundgaard	1972	1. forsøgsår Byg, kærne <i>Barley, grain</i> <i>experimental year</i>					
1	15,1	1,36	0,41	0,61	0,01	0,05	0,13
2	36,2	1,42	0,35	0,55	0,01	0,05	0,10
3	35,7	1,61	0,36	0,55	0,01	0,06	0,11
4	34,2	1,30	0,33	0,53	0,01	0,05	0,11
5	41,7	1,46	0,34	0,54	0,01	0,05	0,11
6	34,5	2,26	0,41	0,57	0,02	0,07	0,12
Lundgaard	1972	1. forsøgsår Byg, halm <i>Barley, straw</i>					
1	8,1	0,47	0,06	0,69	0,02	0,26	0,09
2	27,4	0,31	0,06	0,66	0,02	0,26	0,09
3	33,3	0,41	0,06	0,60	0,02	0,28	0,08
4	21,8	0,34	0,05	0,58	0,05	0,23	0,09
5	31,2	0,33	0,05	0,47	0,07	0,22	0,08
6	47,6	0,38	0,11	0,54	0,14	0,26	0,09
Lundgaard	1974	3. forsøgsår Byg, kærne <i>Barley, grain</i>					
1	6,5	1,87	0,38	0,36	0,01	0,07	0,11
2	21,1	1,83	0,32	0,36	0,01	0,05	0,11
3	28,1	2,14	0,31	0,35	0,01	0,05	0,11
4	16,4	1,95	0,40	0,39	0,01	0,05	0,11
5	22,2	2,03	0,42	0,39	0,01	0,05	0,12
6	8,8	1,95	0,42	0,39	0,01	0,05	0,12
Lundgaard	1974	3. forsøgsår Byg, halm <i>Barley, straw</i>					
1	6,0	0,77	0,06	1,35	0,08	0,31	0,09
2	14,0	0,62	0,06	1,19	0,08	0,29	0,06
3	19,0	0,85	0,07	1,59	0,09	0,35	0,06
4	15,2	0,60	0,09	1,21	0,11	0,29	0,08
5	17,2	0,81	0,13	1,45	0,15	0,41	0,09
6	6,9	0,71	0,12	1,47	0,07	0,31	0,09
Lundgaard	1975	4. forsøgsår Havre, kærne <i>Oats, grain</i>					
1	6,4	1,67	0,36	0,50	0,01	0,10	0,13
2	12,9	1,86	0,31	0,51	0,01	0,10	0,11
3	13,7	2,11	0,30	0,51	0,01	0,12	0,10
4	13,4	1,98	0,33	0,50	0,01	0,09	0,11
5	13,0	2,12	0,28	0,53	0,02	0,10	0,10
6	6,3	1,73	0,39	0,51	0,01	0,09	0,14
Lundgaard	1975	4. forsøgsår Havre, halm <i>Oats, straw</i>					
1	3,8	0,54	0,16	2,51	0,07	0,51	0,14
2	9,8	0,73	0,09	1,83	0,09	0,62	0,11
3	11,2	0,85	0,08	1,88	0,13	0,80	0,11
4	11,8	0,80	0,09	1,93	0,27	0,75	0,15
5	12,9	1,06	0,12	2,25	0,47	0,87	0,18
6	3,6	0,53	0,21	2,03	0,06	0,51	0,15

Hovedtabel V. Markforsøg med pyrolyseslagge-slam. Afgrødeanalyse, ppm = mg/kg tørstof
Field experiment with pyrolyseslag-sludge, crop analyse, ppm = mg/kg dry matter

	led number	Ni	Cd	Cr	Pb	Cu	Mn	Zn	Co
Askov		Rødtørstof <i>Beet root dry matter</i>							
Bederoer, <i>beet</i> , 1972	3	0,9	0,40	0,3	0,7	10,2	34	35	0,05
1. forsøgsår	5	1,1	0,45	0,3	1,0	7,1	35	38	0,05
Experimental year	6	0,9	0,45	0,3	0,8	9,2	36	42	0,05
		Sandholdigt toptørstof <i>Beet leaves dry matter</i>							
	3	2,0	1,20	1,4	2,8	11,7	119	65	0,40
	5	2,0	1,20	1,6	2,8	13,6	92	105	0,40
	6	1,9	1,65	1,5	3,2	17,0	115	102	0,45
		Kærne, <i>grain</i>							
Byg, <i>barley</i> , 1973	3	0,3	0,05	0,2	0,5	5,1	17	35	0,03
2. forsøgsår	5	0,4	0,05	0,2	0,3	6,9	15	41	0,02
	6	0,3	0,05	0,2	0,2	6,3	16	40	0,02
		Halm, <i>straw</i>							
	3	0,8	0,20	0,3	1,2	3,6	26	18	0,04
	5	0,8	0,20	0,3	1,2	3,6	26	18	0,04
	6	0,9	0,19	0,3	1,3	5,4	14	33	0,04
		Grøstørstof <i>Grass dry matter</i>							
Græs, <i>grass</i> , 1974	3	0,5	0,10	1,1	2,6	3,6	68	38	0,08
3. forsøgsår	5	1,2	0,14	2,6	5,8	22,0	68	78	0,25
	6	0,2	0,07	1,0	3,0	4,0	59	42	0,07
		Kærne, <i>grain</i>							
Havre, <i>oats</i> , 1975	3	0,9	0,35	0,1	0,1	4,0	39	36	0,03
4. forsøgsår	5	1,0	0,68	0,1	1,2	5,2	17	60	0,02
	6	0,7	0,15	0,1	0,1	4,7	42	52	0,01
		Halm, <i>straw</i>							
	3	0,2	0,18	0,9	1,5	3,7	30	93	0,10
	5	0,3	0,23	0,1	0,6	2,1	9	38	0,03
	6	1,2	0,22	0,1	1,0	2,3	18	38	0,03
Lundgaard		Kærne, <i>grain</i>							
Byg, <i>barley</i> , 1972	3	0,3	0,02	0,2	0,3	3,3	23	34	0,02
1. forsøgsår	5	0,3	0,02	0,2	0,3	4,4	17	37	0,02
	6	0,1	0,05	0,3	2,5	8,4	24	57	0,03
		Halm, <i>straw</i>							
	3	0,8	0,08	0,3	2,0	3,7	36	20	0,05
	5	0,8	0,10	0,3	2,0	2,7	19	20	0,05
	6	0,8	0,15	0,3	3,0	4,7	25	52	0,05
		Kærne, <i>grain</i>							
Byg, <i>barley</i> , 1974	3	0,1	0,06	0,6	0,1	3,6	29	53	0,05
3. forsøgsår	5	0,1	0,09	0,6	0,1	6,9	18	70	0,05
	6	0,2	0,05	0,9	0,3	5,9	16	60	0,06
		Halm, <i>straw</i>							
	3	0,8	0,19	0,3	1,8	4,2	20	27	0,04
	5	0,2	0,24	0,9	1,5	1,9	72	4	0,07
	6	0,2	0,24	0,8	1,3	3,3	23	120	0,07
		Kærne, <i>grain</i>							
Havre, <i>oats</i> , 1975	3	1,4	0,09	0,4	0,1	3,0	38	35	0,02
4. forsøgsår	5	1,8	0,12	0,5	0,1	4,4	36	62	0,03
	6	1,5	0,16	0,1	0,2	4,5	26	65	0,03
		Halm, <i>straw</i>							
	3	0,3	0,19	0,1	1,0	1,9	43	25	0,03
	5	0,3	0,25	0,4	0,8	1,6	28	38	0,02
	6	0,3	0,20	0,4	0,5	1,9	6	65	0,07