



Samkompostering av rötslam, halm och djupströ gödsel för framställning av ett lätthanterligt gödsel- och jord- förbättringsmedel

*Pilotstudie på Kungsgården, Gudhem, Västergötland
1999-2000*

Börje Lindén

FÖRORD

I föreliggande rapport redovisas en pilotstudie avseende samkompostering av rötslam, hackad kornhalm och djupströgödsel, som utfördes under hösten och vintern 1999-2000 på Kungsgården, Gudhem i Falbygden, Västergötland. Undersökningen ägde rum i samverkan med följande intressenter:

- Konsult Bengt Bergman, Agnestad, Falköping
- Lantbrukarna Stina och Nils-Gunnar Jonsson, Kungsgården, Gudhem, Falköping
- Recycling Husgärdet AB, Skara

Själva komposteringsarbetet utfördes av Nils-Gunnar Jonsson, tillsammans med Bengt Bergman, som utvecklat konceptet av samkompostera rötslam, halm och djupströbäddsgödsel. Stina Jonsson genomförde mätningar av temperaturen i kompoststrängen under komposteringsperioden. Analyserna av ämnesinnehållet i de ingående komponenterna i komposten och det färdigkomposterade materialet bekostades av Rambo AB, Lysekil.

Skara i december 2000

Författaren

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
FÖRORD	2
INLEDNING	4
MATERIAL OCH METODER	5
RESULTAT	8
<i>Temperaturer under komposteringen</i>	8
<i>Förändringar av kompostmaterialets innehåll av växtnäringsämnen</i>	13
<i>Kompostmaterialets innehåll av tungmetaller och icke önskvärda organiska ämnen (indikatorämnen)</i>	14
DISKUSSION	15
<i>Varför samkompostering av rötslam, halm och djupströgödsel?</i>	15
<i>Innehåll av tungmetaller och organiska indikatorämnen</i>	16
SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER	16
LITTERATUR	18

INLEDNING

Endast omkring 30-40 % av det rötslam som produceras i Sverige har under senare år använts som gödsel- och jordförbättringsmedel i jordbruket (se bl.a. Brolin et al., 1996), även om det råder regionala avvikelser. Det mesta av den återstående delen av slammet har istället placerats på tippor. På grund av den införda avgiften för deponering på tipp har behovet av andra lösningar påtagligt stigit. När förbudet mot deponering av slam införs år 2005, bör det därför finnas färdiga, realistiska alternativ.

En möjlig lösning är förbränning, men i den allmänna samhällsdebatten understryks starkt vikten av hushållning med ändliga resurser och återföring till åkermark av den växtnäring som via livsmedlen kommer därifrån. Kväve och fosfor m.fl. växtnäringsämnen som ingår i rötslam bör därför infogas ett kretslopp, som är så slutet som möjligt från åkermark till livsmedelskonsumtion och tillbaka. Med deponering på tipp antingen av rötslam eller aska efter förbränning av slammet bryts detta kretslopp, med miljörisker som följd. Från deponerat rötslam kan kväveoxider och metan avgå i gasform, vilket har miljöpåverkande effekter på atmosfären. Kväve och andra ämnen kan förloras med lakvatten och därmed nå vattendragen. Växtnäring som på så sätt hamnar utanför nämnda kretslopp måste i jordbruket ersättas med inköpt handelsgödsel. Detta medför onödiga kostnader för livsmedelsproduktionen och utgör därmed en nationalekonomisk förlust. Härtill kommer att handelsgödsel sammantaget är det insatsmedel i jordbruket som kräver mest energi i framställningen i form av fossila bränslen, med konsekvenser för miljön och för vår hushållning med ändliga resurser som följd.

Å andra sidan medför spridning av rötslam på åkerjord, att kadmium m.fl. tungmetaller samt oönskade organiska ämnen tillförs mark som utnyttjas i jordbruksproduktionen (se t.ex. Bergkvist & Kirchmann, 1989; Pettersson, 1992; Edner et al., 1994). Även om ett antal organisationer inom lantbrukssektorn ställt sig tveksamma till spridning av rötslam på åker, ger överenskommelsen 1994 mellan Naturvårdsverket (SNV), Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) samt Svenska Vatten- och Avloppsverksförbundet (VAV) om att främja återföringen av rötslammets innehåll av växtnäringsämnen och organiskt material till åkermark (Naturvårdsverket et al., 1995) enskilda kommuner stöd för användning av rötslam som gödsel- och jordförbättringsmedel i jordbruket och som komponent i anläggningsjord i parker m.m. Hertil kommer det pågående arbetet i kommunerna med att reducera innehållet av skadliga ämnen i slammet. Behovet av anläggningsjord framställd av bl.a. rötslam kan vidare beräknas öka, eftersom jordtäkt på åker endast kan ske i begränsad omfattning genom sin karaktär av rovdraft på en ändlig resurs.

För att främja och underlätta användningen av rötslam som gödsel- och jordförbättringsmedel är det viktigt att slammet har karaktären av en produkt som är lätt att hantera, har ett klart deklarerat odlingsvärde, saknar obehaglig lukt och inte medför hälsorisker vid hanteringen och efter tillförseln till marken. En nackdel med rötslam är dess kladdiga konsistens, som också kan försvåra jämn spridning. Från jordbrukssynpunkt är detta angeläget för att undgå stråkvisa över- och underskott av växtnäring efter spridning på fältet i fråga. Rötslammets lukt medför vidare, att spridning nära bebyggelse och vägar bör undvikas. Det kan vara svårt att i detta avseende finna lämplig mark i mer eller mindre tätbebyggda jordbruksområden. Ett sätt att slippa dessa nackdelar är att kompostera slammet tillsammans med kolrikt, lättomsättbart organiskt material (som halm och djupströgödsel) till en kompostjordsliknande produkt.

De patogener som kan ingå i rötslam, bl.a. salmonella, innebär potentiella hälsorisker (Albihn 1998a; Feachem et al., 1983). Men även om det i konventionella behandlingssystem för t.ex. aluminiumfällt slam sker en viss reduktion av ingående patogena mikroorganismer, såsom vid termisk behandling vid 35 °C eller långtidslagring, innebär detta inte någon hygienisering (Albihn, 1998a och b). En del av slammet här i landet sprids också utan någon hygieniserande behandling. Förutom spridning via skördade produkter efter slamtillförsel på åkermark kan sjukdomsalstrare spridas via djur, som kommer i kontakt med slammet under lagring, transport och efter spridning. Genom kompostering i strängkompost vid tillräckligt hög temperatur och under tillfredsställande lång tid (t.ex. minst 55 °C i 2 x 2 veckor med vändning av komposten däremellan) kan de hygieniska riskerna minimeras (jfr. Johansson & Lundeberg, 2000). För avdödning av salmonella krävs dock minst 70 °C.

För att omvandla rötslam till en produkt som har ovannämnda egenskaper genomfördes på Kungsgården, Gudhem i Falköpings kommun en pilotstudie under hösten och vintern 1999-2000 med samkompostering av rötslam, kornhalm och halmrik djupströbgödsel. Preliminära studier utförda hos Recycling Husgärdet AB i Skara kommun har visat, att en hanteringsvänlig slutprodukt kan erhållas med ett sådant förfarande. Avsikten med undersökningen på Kungsgården var bl.a. att studera, hur komposteringen bör utföras för att uppnå uppställda hanterings- och miljökrav samt att undersöka kompostens egenskaper som organiskt gödselmedel. Pilotstudien tog vidare sikte på att följa processen bl.a. genom analyser av innehållet av olika ämnen och mätning av temperaturen i komposten för att på så sätt få underlag för vidareutveckling av en metod som kan användas i praktiken och som samtidigt bör klara god hygienisering.

MATERIAL OCH METODER

Komposten anlades på en upphöjd sandbädd i en öppen hall med kraftigt plåttak på Kungsgården (figur 1). Regnvatten kom således inte in. Med hjälp av taket undveks uppkomsten av lakvatten från komposten samt därmed förluster av olika ämnen till yt- och grundvatten. De ingående komponenternas ursprungliga vattenhalt var vidare så liten att lakvatten inte uppstod. Hallen hade tre öppna sidor och därför var komposteringen utsatt för de rådande temperaturerna och de förhållande vindarna under hösten och vintern 1999-2000. Komposteringen uppdelades i två skeden:

Förkomposteringsperiod 27 oktober 1999 – 11 januari 2000. Vid anläggningen av komposten blandades först rötslam från Sotenäs kommun i Bohuslän noggrant in i hackad kornhalm den 27 oktober med en komposteringsmaskin (kompostvändare) av fabrikat Sandberger (Dittersdorf 10, A-4084 St. Agatha, Österrike), varefter ytterligare rötslam tillfördes den 6 november och blandades in. De ingående mängderna vägdes i samband med tillförseln (tabell 1). Komposten lades upp som en konformig sträng. Någon mer omfattande omsättning av de båda ingående materialen, vilken bl.a. kunde bedömas genom kraftigare temperaturförhöjning, ägde inte rum under denna period.

Huvudkomposteringsperiod 12 januari – 3 mars 2000. Halmrik djupströbgödsel från ett köttjursstall på Kungsgården inblandades den 12 januari 2000. Komposten lades även nu upp som en konformig sträng (figur 1). Den 18 januari, då temperaturmätningar påbörjades (se nedan) var komposten ca 1,0 m hög, ca 2,3 m bred vid basen och omkring 50 m lång.



Figur 1. Överst: kompoststrängen (t.v. på bilden) på Kungsgården, Gudhem i januari 2000 efter inblandning av djupströgödsel. Nederst: närbild av det blandade materialet (rötslam, halm och djupströgödsel) vid samma tidpunkt.

Tabell 1. Anläggning och skötsel av komposten vid Kungsgården, Gudhem 1999-2000.

Datum	Åtgärder	Iakttagelser och bedömningar
27 okt. 1999	En halmsträng motsvarande ca 4 ton ts lades ut, varefter rötslam (30 ton eller omkring 4,6 ton ts) tillfördes.	
	Blandning 1 gång med kompostvändare.	
6 nov.	Ytterligare 50 ton rötslam motsvarande omkring 7,8 ton ts tillfördes.	
	Blandning 3 gånger.	
11 nov.	Blandning 1 gång.	
13 nov.	Blandning 1 gång.	Temperaturen i komposten hade börjat stiga och visade 29 grader centralt i komposten.
17 nov.	Blandning 1 gång.	
12 jan. 2000	32 ton djupströgödsel motsvarande 7,4 ton ts tillfördes och blandades in.	
14 jan.	Blandning 2 gånger.	Temperaturen centralt i komposten var 43 grader.
18 jan.	Blandning 1 gång. Regelbundna temperaturmätningar på börjades.	
19 jan.	Blandning 1 gång.	
27 jan.	Blandning 1 gång.	
28 jan.	Blandning 1 gång.	
12 febr.	Blandning 2 gånger.	
18 febr.	Blandning 1 gång.	
3 mars	Blandning 1 gång. Temperaturen i komposten var låg och mätningarna upphörde.	
6 mars	Blandning 1 gång.	
7 mars	Temperaturen steg inte trots omblandningen dagen innan. Komposteringsperioden avslutades.	

Under båda komposteringsperioderna omblandades materialet ett flertal gånger (tabell 1), bl.a. för att styra komposteringstemperaturen och få en homogen slutprodukt. Efter hand som materialet omsattes och minskade i vikt genom brinningen fördes detta samman till en allt kortare sträng i avsikt att upprätthålla ett omfång som gav så hög temperatur som möjligt. När komposten hade mognat och undersökningarna avslutades, vägdes och analyserades den slutliga kompostprodukten.

Vid tillförseln av de tre komponenterna kornhalm, rötslam och djupströ gödsel provtogs varje sådant material genom uttagning av 20 slumpmässigt fördelade delprover. Dessa slogs ihop till samlingsprover av alla tre slagen, vilka sedan analyserades. På samma sätt togs prov av den slutliga kompostprodukten den 7 mars 2000. Det kemiska innehållet bestämdes i de ingående komponenterna och i slutprodukten: dels ämnen som är till nytta från växtnäringssynpunkt och dels miljöskadliga ämnen såsom tungmetaller (bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink) samt vissa organiska ämnen (de s.k. indikatorämnena PCB, PAH och nonylfenol). Växtnäringsinnehållet analyserades med avseende på totalkväve, ammoniumkväve, totalfosfor och totalkol. Vidare bestämdes pH och torrsubstanshalt. Analyserna utfördes av Alcontrol Laboratories, Skara med de officiella metoder som gäller för undersökning av rötslam. Av kostnadsskäl gjordes endast enkelbestämningar utom med avseende på ts, total-P, total-C och tungmetallerna, där dubbelbestämning utfördes. För bedömning av slamkompostens kvävelevererande förmåga som gödselmedel beräknades kol-kväveknoten (C/N).

Temperaturen mättes fortlöpande med s.k. temperaturspjut (av fabrikat Sandberger, se ovan) under huvudkomposteringsperioden dels vertikalt på 30, 60 och 90 cm djup från toppen och ned mot mitten samt dels diagonalt från mitten på kompostens långsidor och snett nedåt på 30, 60 och 90 cm avstånd från dessa. Mätningarna gjordes vid varje tidpunkt med tre upprepningar fördelade på tre positioner jämnt placerade i kompoststrängens längdriktning. Temperaturmätningarna utfördes för att beskriva omsättningarnas intensitet och för att kunna bedöma graden av hygienisering genom temperaturförhöjning. Överstiger som nämnts komposteringstemperaturen 55 °C under loppet av 2 x 2 veckor med en vändning av komposten däremellan, kan risken för smittospridning anses ha reducerats.

RESULTAT

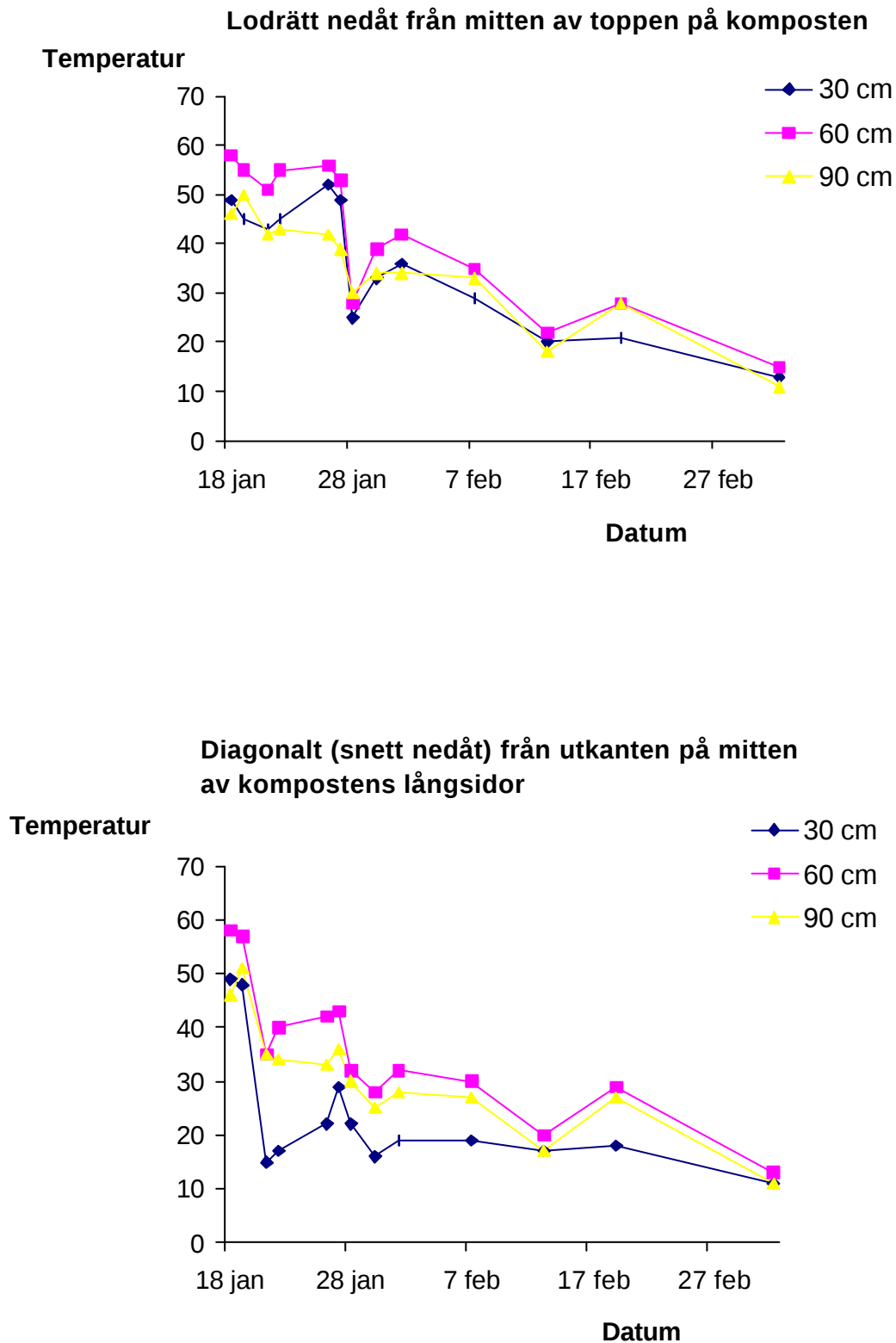
Temperaturer under komposteringen

Under förkomposteringsperioden den 27 oktober – 12 januari förblev temperaturen i komposten ganska låg, vilket tyder på att omsättningen av blandningen av halm och rötslam pågick långsamt. Först efter inblandningen av djupströ gödseln den 12 januari kom brinningen igång med starkt stigande värmebildning som följde. Temperaturen höll sig i januari mellan 40 och 55 °C på alla tre mätdjupen (30, 60 och 90 cm) vertikalt från toppen av komposten och ned genom mitten av denna (figur 2). Enstaka värden på omkring 60 °C fastställdes också. Varmast var det på 60 cm djup. Det är möjligt att sämre tillgång på syre hämmade omsättningen något längst ned, så att temperaturen bara kom upp till ca 50 °C under en kort period i början. Från de sista dagarna i januari sjönk temperaturerna i vertikalsnittet och i månadskiftet februari-mars började brinningen där avstanna.

Diagonalt snett in i komposten från mitten av dess långsidor blev temperaturförändringarna liknande. Från omkring 50 °C på 30 och 90 cm samt över 55 °C på 60 cm avstånd från kompostens utsidor under de första dagarna efter inblandningen av djupströ gödseln sjönk dock temperaturen särskilt i det yttersta läget vid kallt väder med minusgrader i senare delen av januari. Komposten frös t.o.m. tillfälligt på ena sidan. Vid mildare väder igen ökade temperaturerna något, men omkring den 1 februari frös sidorna delvis igen. Fr.o.m. början av februari avklingade värmealstringen och

temperaturerna sjönk sedan allt mer ned mot ca 15 °C. På avståndet 30 cm mättes aldrig mer än 19 °C från månadsskiftet januari-februari och framåt.

På 30 cm avstånd från utkanten på långsidorna blev temperaturena lägre än i motsvarande läge på 30 cm djup från toppen, där det var nästan lika varmt som i kompostens centrala del. Detta sammanhänger troligen med strömningen av varm luft upp mot toppen och ut genom denna, samtidigt som ny, kall luft tydligen sögs in genom sidornas nederdel.



Figur 2. Temperaturer (°C) i kompostens olika delar från inblandningen av djupströgsödsel den 12 januari till dess att brinningen började upphöra i början av mars. Temperaturmätningarna avslutades den 3 mars.

Tabell 2. Mängder av de ingående komponenterna i komposten (kornhalm, rötslam och djupströgödsel) och i den färdiga komposten samt innehåll av olika växtnäringsämnen.

	Halm		Rötslam		Djupströgödsel		Kompost	
pH	8,9		7,7		8,8		7,3	
	% av ts	kg	%	kg	%	kg	%	kg
Våtvikt		5.000		80.000		31.500		37.400
Ts-mängd	81	4.000	16	12.500	23	7.300	46	17.200
Totalkol	42,1	1.700	24,5	3.100	35,4	2.600	25,9	4.500
Totalkväve	0,90	36	4,10	513	3,10	228	1,90	327
Ammoniumkväve	0,13	5	1,40	175	0,33	24	0,17	29
Kol-kvävekvot	47			6		11		14
Totalfosfor	0,29	12	2,50	313	0,87	64	3,70	637
	Total mängd i de tre komponenterna		Förändring av mängderna under komposteringen					
	kg		kg		%			
Ts-mängd	23.900		6.700		-28			
Totalkol	7.400		-2.900		-39			
Totalkväve	776		-450		-58			
Ammoniumkväve	204		-175		-86			
Totalfosfor	388		249		64 ökning			

Tabell 3. Mängder av de ingående komponenterna i komposten (kornhalm, rötslam och djupströgödsel) och i den färdiga komposten samt innehåll av tungmetaller och icke önskvärda organiska substanser.

	Halm		Rötslam		Djupströgödsel		Summa av de tre komponenterna	Kompost		Innehållsförändring under komposteringen	
	%	kg	%	kg	%	kg	kg	%	kg	kg	%
Våtvikt		5.000		80.000		31.500	116.500		37.400	-79.100	-68
Ts-mängd	81	4.000	16	12.500	23	7.300	23.900	46	17.200	-6.700	-28
	Mg/kg	kg	mg/kg	kg	mg/kg	kg	kg	mg/kg	kg	kg	%
Bly	<5		33	0,413	<5		0,413	20	0,344	-0,068	-17
Kadmium	0,10	0,000	0,89	0,011	0,19	0,001	0,013	0,53	0,009	-0,004	-29
Koppar	7,5	0,030	220	2,750	25	0,183	2,964	120	2,066	-0,897	-30
Totalkrom	<5		46	0,575	<5		0,575	25	0,431	-0,145	-25
Kvicksilver	<0,05	0,000	1,1	0,014	<0,05		0,014	0,54	0,009	-0,005	-33
Nickel	<2		11	0,138	2,1	0,015	0,153	8,9	0,153	0,000	0
Zink	27	0,109	720	9,000	88	0,646	9,755	420	7,232	-2,522	-26
PCB-28 Triklorbifenyl	<0,003		<0,003		<0,003			<0,003			
PCB-52 Tetraklorbifenyl	<0,003		0,0046	0,00006	<0,003		0,00006	<0,003	0,00005	-0,00001	-10
PCB-101 Pentaklorbifenyl	<0,003		0,009	0,00011	<0,003		0,00011	0,0051	0,00009	-0,00002	-22
PCB-118 Pentaklorbifenyl	<0,003		0,0061	0,00008	<0,003		0,00008	<0,003	0,00005	-0,00002	-32
PCB-153 Hexaklorbifenyl	<0,003		0,022	0,00028	<0,003		0,00028	0,011	0,00019	-0,00009	-31
PCB-138 Hexaklorbifenyl	<0,003		0,027	0,00034	<0,003		0,00034	0,011	0,00019	-0,00015	-44
PCB-180 Heptaklorbifenyl	<0,003		0,014	0,00018	<0,003		0,00018	0,0045	0,00006	-0,00012	-68
Summa 7 PCB	<0,02		0,084	0,00105	<0,02		0,00105	0,035	0,00044	-0,00061	-59
Fluoranten	<0,1		0,29	0,00363	<0,1		0,00363	0,1	0,00124	-0,00238	-66
Benso(b)fluoranten	<0,1		0,13	0,00163	<0,1		0,00163	<0,1	0,00062	-0,00100	-62
Benso(k)fluoranten	<0,1		<0,1		<0,1			<0,1			
Beso(a)pyren	<0,1		<0,1		<0,1			<0,1			
Indo(1,2,3-cd)pyren	<0,1		<0,1		<0,1			<0,1			
Benso(ghi)perylene	<0,1		0,12	0,00150	<0,1		0,00150	<0,1	0,00172	0,00022	15
Summa 6 PAH	0,3	0,00121	0,69	0,00863	0,3	0,00220	0,01204	0,3	0,00373	-0,00831	-69
Nonylfenol	<0,1		9	0,11250	0,48	0,00352	0,11602	0,81	0,01007	-0,10595	-91

Den 7 mars konstaterades att komposten var så kall att den uppenbarligen slutat "brinna". Den hade sjunkit ihop till en ca 60 cm hög sträng, samtidigt som strängkompostens längd tidigare förkortats i syfte att behålla en så stor tvärsnittsytta som möjligt. Dagen innan hade komposten vänts en sista gång, men detta ökade ändå inte värmealstringen. Den produkt som fanns vid denna tidpunkt liknade brunnen stallgödsel, men med en större andel jämnt fördelade, smärre halmbitar som tycktes vara obetydligt nedbrutna. Det gick inte att urskilja några rötslams-klumpar längre. Den karakteristiska rötslamslukten var helt borta. Istället förmams den typis-ka, subjektivt sett behagliga doften av färdig kompost.

Orsaken till att brinningen i komposten kom igång ordentligt först efter inblandningen av djupströgödseln kan sammanhålla med förbättrad tillgång på kväve (ammoniumkväve) och energi som kunde utnyttjas av de nedbrytande mikroorganismerna. Det är tydligt att den lättillgängliga energin började ta slut när brinningen alltmer upphörde i månadsskiftet februari-mars. En del av energin i halmen kan ha förbrukats under förkomposteringsperioden.

Månadsmedelestemperaturerna (°C) under perioden oktober 1999 – mars 2000 vid Lanna försöksstation ca 3 mil från Gudhem var följande:

Oktober	November	December	Januari	Februari	Mars
+7	+2	+6	0	0	0

Det bör emellertid ha varit någon grads lägre temperatur i medeltal vid Gudhem genom det högre topografiska läget. Periodvis uppmättes 5-7 minusgrader. Kylan i kombination med kall vind kan ha bidragit till att temperaturen inte blev tillräckligt hög (minst 55 °C under en sammanhängande period av 2 x 2 veckor, jmf. Johansson & Lundeberg, 2000) för att därmed teoretiskt sett medge erforderlig hygienisering. Önskvärt vore med ännu längre tid med sådan värme, så att yttre kompostskikt, som efter blandning hamnar mer centralt i komposten, också befinner sig tillräckligt länge vid dessa temperaturer.

Förändringar av kompostmaterialets innehåll av växtnäringsämnen

Mängderna av de ingående tre materialen i komposten redovisas i tabell 1 och 2. Genom brinningen minskade den samlade materialmängden med 28 % från totalt ca 24 ton torrs substans till drygt 17 ton (tabell 2). Den totala mängden uttryckt som våtvikt reducerades dock med så mycket som 68 %. Detta tyder på en mycket stor vattenavgång under komposteringsperioden, främst i samband med intensivare brinning. Samtidigt avtog kolmängden samt totalkväve- och ammoniumkväveinnehållet med 39, 58 respektive 86 %. Enligt analyserna skulle mer totalfosfor finnas i komposten än totalt sett i utgångsmaterialet, vilket väcker frågan om tillämpbarheten av det använda analysförfarandet. Att kolmängden minskade hör givetvis samman med koldioxidbildningen vid nedbrytningen av det organiska materialet. Den fastställda nedgången i kväveinnehållet torde sammanhålla med kväveförluster, främst genom avdunstning av ursprungligt ammoniak/ammoniumkväve och kväve av detta slag som bildats i samband med nedbrytningen av rötslammet och djupströgödseln under komposteringen (jmf. Kirchmann, 1985; Jeppsson, 1995). Ammoniakavgång gynnas av högt pH-värde. I de ingående komponenterna halm, rötslam och djupströgödsel uppgick pH-värdena till 8,9,

7,7 respektive 8,8 samt i den färdiga komposten till 7,3 (tabell 2), alltså överlag alkaliska förhållanden som måste ha gynnat bildningen av ammoniak- framför ammoniumkväve.

Rötslammet hade en C/N-kvot på 6, vilket torde ha inneburit nettofrigörelse av kväve vid nedbrytning av slammet i komposten. Vid kol-kvävekvoter under 25 anses ju betingelser för nettomineralisering av kväve föreligga. Djupströgsödseln låga C/N-kvot (11) bör delvis sammanhålla med dess ammoniumkväveinnehåll, medan nedbrytningen av delar av det organiska materialet i gödseln (inkl. halm) torde ha medfört nettofastläggning av kväve. Vid omsättningen av halmen, som hade en kol-kvävekvot på 47 (tabell 2), måste också kväve ha fastlagts. I och för sig skulle en större mängd halm i komposten ha kunnat binda mer kväve vid nedbrytningen, men detta kunde i sin tur ha medfört långsammare brinning och därmed lägre temperatur genom för liten kvävetillgång för mikroorganismerna totalt sett. Vid avslutad brinning i början av mars hade komposten en C/N-kvot på 14, vilket enligt ovan måste innebära nettomineralisering av kväve en kort tid efter gödsling med denna produkt.

Kompostmaterialets innehåll av tungmetaller och icke önskvärda organiska ämnen (indikatorämnena)

Innehållet av tungmetaller och icke önskvärda organiska ämnen (betecknade som s.k. indikatorämnena) i rötslammet, halmen och djupströgsödseln samt i det färdiga kompostmaterialet framgår av tabell 3. Enligt förordningen (1985:840) om vissa hälso- och miljöfarliga produkter och Naturvårdsverkets kungörelse (SNFS 1994:2) får avloppsslam för jordbruksändamål saluföras och överlåtas endast om metallhalterna inte överstiger följande värden (se Naturvårdsverket, VAV och LRF, 1995):

<i>Metall</i>	<i>mg per kg torrsubstans</i>
Bly	100
Kadmium	2
Koppar	600
Krom	100
Kviksilver	2,5
Nickel	50
Zink	800

Som framgår att tabell 3 översteg inte innehållet av dessa ämnen i rötslammet i komposten på Gudhems Kungsgård i något fall dessa gränsvärden. Zink kom dock ganska nära gränsen med en halt på 720 mg/kg ts. I den slutliga kompostprodukten blev koncentrationerna ännu lägre. Av indikatorämnena nonylfenol, polyaromatiska kolväten (PAH) och polyklorerade bifenyl (PCB) innehöll rötslammet halter, som var klart lägre än de gränsvärden som gäller vid användning av avloppsslam i jordbruket (Naturvårdsverket, VAV och LRF, 1995) och som här återges:

<i>Indikatorämne</i>	<i>mg/kg ts</i>
Nonylfenol	100
Summa PAH (6 föreningar)	3,0
Summa PCB (7 föreningar)	0,4

I halmen och djupströgödseln var halterna av indikatorämnena generellt lägre än i rötslammet. Även om man tar hänsyn den utspädning med avseende på koncentrationerna av dessa ämnen i rötslammet som blandningen av detta med halm och djupströgödsel innebär, minskade både halterna och de absoluta mängderna uppenbarligen genom komposteringen.

DISKUSSION

Varför samkompostering av rötslam, halm och djupströgödsel?

Även om tillförsel av rötslam på åker inte allmänt accepteras i dagsläget, kan ytterligare minskad kontaminering med oönskade substanser i framtiden medföra att metoder för rationell hantering av rötslam i jordbruket i ökad grad kommer att efterfrågas. Utöver förekomst av icke önskvärda ämnen är nackdelarna med slammet lukt, inte minst vid spridning, och en kletighet som försvårar jämn fördelning och inbrukning i marken på åkern. Skall rötslam kunna användas som jordförbättringsmedel på grönytor och överhuvudtaget nära bostäder m.m. är lukten ett hinder. Den färdiga komposten på Kungsgården i Gudhem saknade helt rötslamslukt och hade istället en typisk och subjektivt sett behaglig kompostjordsdoft. Materialet hade lucker konsistens, som måste ha gjort jämn spridning och homogen inblandning i jord fullt möjlig. En sådan produkt bör passa bra som gödsel- och jordförbättringsmedel inte minst i urban miljö.

Det mesta av kvävet i rötslam är bundet i organisk substans, men en viss mängd fritt och därmed växttillgängligt kväve finns normalt (jämför tabell 2). Färsch djupströgödsel, som är en halmrik form av stallgödsel, har däremot dålig direkt kväveverkan. Omsättningen och nedbrytningen av det organiska materialet går långsamt inne i ladugården eller stallet. Den s.k. kol-kväveknoten i en del av det organiska materialet (halm m.m.) är som antytts normalt hög. Detta innebär att det finns alltför mycket organiskt kol i materialet i jämförelse med kväve för de nedbrytande mikroorganismernas behov. Mer kväve behövs för omsättningen. Om sådan obrunnen gödsel direkt sprids och brukas ned på åkermark, kommer mikroberna att tillgodose sitt kvävebehov genom att binda kväve, som växterna skulle behöva utnyttja. För grödornas del blir det alltså kvävebrist i marken, som varar till dess att djupströgödseln är tillräckligt nedbruten.

För att undvika detta måste gödseln komposteras före spridningen. Genom tillförseln av rötslammet i komposteringsförsöket på Kungsgården erhöles också ett kvävetillskott, som mikroorganismerna torde ha utnyttjat vid nedbrytningen av det organiska materialet (bl.a. halm) i djupströgödseln och därtill i den tillförda halmen. Genom komposteringen förbränns kol som avgår i form av koldioxid, så att kol-kväveknoten så småningom sjunker till lägre värden (under 25) i den organiska delen av djupströgödseln och i tillförd halm. Vid C/N-kvoter under 25 har så mycket kol förbränts, att det vid fortsatt nedbrytning uppkommer ett överskott av kväve med avseende på mikroorganismernas behov. Dessa frigör därmed kväve vid den fortsatta nedbrytningen. Först då blir alltså kväve tillgängligt för växternas behov.

I icke omsatt djupströbädd finns från början som framgått ett underskott på kväve. Genom att blanda djupströgödseln med rötslam, där en del kväve som är fritt eller lätt omsättbart brukar finnas, underlättas som nämnts nedbrytningen av det organiska materialet från djupströbädden och i tillförd halm vid komposteringen. Nedbrytningen gynnas av en porös och luftig konsistens bl.a. genom att

syretillförseln då underlättas och bildad koldioxid lättare ventileras ut. Tillförsel av halm medverkar till detta. Hastigare nedbrytning innebär att temperaturen i komposten blir högre. Därmed skapas som nämnts förutsättningar för nedbrytning av smittoämnen i rötslammet snabbare än annars.

I den färdiga komposten vid Kungsgården uppgick C/N-kvoten vid avslutad brinning i början av mars till 11. En sådan produkt bör tämligen omgående leverera kväve genom fortsatt mineralisering efter nedbrukning i marken. Då komposten lagrades ända fram till sensommaren, innan den togs omhand för spridning, torde ytterligare nedbrytning med frigörelse av kväve ha ägt rum. Komposten borde därmed ha fungerat väl som kvävegödselmedel.

Genom bortgången av ”onödigt” kol nedbringas vidare vikten och volymen. Därmed blir spridningsmängden mindre. Detta minskar i sin tur drivmedels- och arbetsåtgången vid spridningen. Genom mindre antal lass blir markpackningen då också mindre.

Att temperaturhöjningen i komposten på Gudhem inte blev tillräckligt hög och långvarig kan bero på förbrukning av energi under förkomposteringsperioden och på det kalla vädret under tiden januari-mars. För att bättre bevara värmen, ytterligare öka denna och uppnå säkrare hygieniserande verkan kunde man vid kompostering särskilt under årets kallaste månader täcka komposten med fiberduk eller likvärdigt, måttligt ventilerande material. Detta kan även motverka ammoniakavgång och minskning av kväveinnehållet i komposten (Jeppsson, 1995). Som nämnts syntes sådana kväveförluster uppkomma under komposteringen på Kungsgården.

Innehåll av tungmetaller och organiska indikatorämnen

Summeras mängderna i tabell 3 av varje ämne i rötslammet, halmen och djupströgödseln och jämförs denna summa med innehållet i kompostprodukten vid avslutningen av komposteringsperioden, finner man att de analyserade mängderna av tungmetallerna minskat. Vissa av de organiska ämnena (PCB-180 heptaklorbifenyl, summa 7 PCB-föreningar, fluoranten, benso(b)fluoranten, summa 6 PCB-föreningar och nonylfenol) uppvisade minskningar på 60-90 %. Det kan inte uteslutas, att den mikrobiella omsättningen i komposten medförde viss nedbrytning av dessa organiska ämnen. Det borde studeras i litteraturen inom forskningsområdet och genom fortsatta, mer detaljerade undersökningar, i vilken utsträckning sådan nedbrytning kan förväntas äga rum.

SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

- I en pilotstudie under tiden oktober 1999 – mars 2000 på Kungsgården, Gudhem i Västergötland samkomposterades rötslam, hackad kornhalm och djupströgödsel i en konformigt upplagd strängkompost, som var ca en meter hög, omkring 2,3 m vid basen och ca 50 m lång. I slutet av oktober blandades som ett första steg rötslam in i halmen. Efter denna förkompostering, som varade till i början av januari, inblandades djupströgödsel från ett köttdjursstall på Kungsgården. Under komposteringen blandades kompostmaterialet om ordentligt upprepade gånger med kompostvändare.

- Fram till i början av januari blev värmeutvecklingen i komposten svag, vilket tyder på långsam nedbrytning av blandningen av halm och rötslam. Efter det att djupströ gödseln blandats in, ökade temperaturen till 40-55 °C i kompoststrängens centralare delar. Åt sidorna var det dock något kallare. Det är uppenbart att djupströ gödseln var nödvändig för att få i gång nedbrytningen ordentligt. Den relativt höga temperaturnivån varade till i månadskiftet januari-februari, varefter värmebildningen successivt avtog. I början av mars hade temperaturen sjunkit till ca 15 °C, och brinningen tycktes upphöra. För att uppnå tillräcklig grad av hygienisering i en strängkompost fordras emellertid enligt litteraturuppgifter, att temperaturen överstiger 55 °C under en period av 2 x 2 veckor med vändning av komposten däremellan. Detta mål kunde inte uppnås. Orsaken kan bl.a. vara att en del av den tillgängliga energin i halmen förbrukades under förkomposteringsperioden. Vidare kylde vintervädret ned komposten, åtminstone periodvis.
- Komposten minskade i vikt och volym under komposterings tiden. Den samlade våtvikten sattes ned med 68 %, vilket främst tyder på mycket stor vattenavdunstning. Vid avslutad kompostering i början av mars hade torrsubstansmängden minskat med 28 % och mängderna kol, totalkväve och ammoniumkväve med 39, 58 resp. 86 %. Det är således uppenbart att inte bara kol avgick (genom koldioxidbildning) utan även kväve förlorades, troligen främst genom ammoniakavdunstning. De höga pH-värdena i de olika komposteringsmaterialen bör ha medverkat till detta. Slutprodukten blev ett kompostjordslignande, subjektivt sett behagligt luktande material med lucker konsistens, om än med tändsticksstora, mer ofullständigt nedbrutna halmbitar i större mängd. Kol-kvävekvoten uppgick i de ursprungliga komponenterna kornhalm, rötslam och djupströ gödsel till 47, 6 resp. 11 och blev i den slutbrunna komposten 14. En sådan låg kvot måste medge nettomineralisering av kväve efter gödsling med produkten och därmed ge god kväveverkan.
- Genom avvägda vattenhalter i de ingående materialen i komposten och genom att komposten anlades under tak i en öppen hall och på en sandbädd som var upphöjd över omgivande mark, uppkom inget lakvatten under komposteringen, vilket annars kunde ha medfört föroreningsrisker.
- Halterna i rötslammet av olika tungmetaller och av organiska, s.k. indikatorämnen (summa PAH, summa PCB och nonylfenol) som avser icke önskvärda substanser i röt-slammet, låg under de gällande gränsvärdena för tillförsel av slam till åkermark. Koncentrationerna av dessa ämnen i halmen och djupströ gödseln var av naturliga skäl ännu lägre. I den färdiga kompostprodukten erhöles lägre halter än i det ursprungliga rötslammet. Härtill konstaterades en betydande minskning av de absoluta mängderna av de nämnda, icke önskvärda organiska ämnena i den färdiga komposten, vilket tyder på att nedbrytning av dessa substanser ägt rum under komposteringen.
- Avsikten med pilotstudien var att utveckla en metod att av rötslam framställa ett gödsel- och jordförbättringsmedel, som passar att användas i jordbruk och i urban miljö, genom att det ursprungliga slammets lukt och dåliga spridningsegenskaper elimineras och innehållet av vissa av de ingående, skadliga ämnena förhoppningsvis reduceras. Härtill var målet att skapa förutsättningar för tillfredsställande hygienisering av slammet. Samtidigt har man på gårdar med djupströ gödsel behov av att kompostera denna gödsel för att inte få negativ kväveeffekt efter spridning genom kvävefastläggning vid det ingående organiska materialets nedbrytning. Den genomförda komposteringen av rötslam och djupströ gödsel med inblandning av halm (bl.a. för

att få en lucker konsistens med god luftväxling och syretillförsel) påvisar möjligheter att förena dessa önskemål. Däremot lyckades det inte att uppnå erforderligt hög temperatur under komposteringen för en teoretiskt sett godtagbar hygieniserande effekt med avseende på komposteringsmaterialets möjliga innehåll av patogener. För att upprätthålla tillräckligt stor värmealstring i detta avseende bör uppenbarligen komposter av detta slag täckas med fiberduk eller liknande delvis luftgenomsläppligt material, särskilt vintertid.

LITTERATUR

Albihn, A. 1998. Hygienic aspects of organic waste use in agriculture. NJF-seminarium nr 292 "Use of Municipal Organic Waste" i Jokioinen, Finland den 23-25 nov. 1998. Nordiska Jordbruksforskarens Förening.

Albihn, A. 1998b. Organiskt avfall i kretslopp: Finns det risk för spridning av smitta till djur och människor? Biologik, nr 2, 1998, 4-10.

Bergkvist, P. & Kirchmann, H. 1989. Organiska miljöföroreningar i slam. Egenskaper och effekter på mark-växsystemet. Rapport 3624, Naturvårdsverket, Stockholm.

Brolin, L., Lindberg, A., Linders, H. & Cederberg, Chr. 1996. Flöden av organiskt avfall. Rapport 4611, Naturvårdsverket, Stockholm.

Edner, S., Nilsson, P. & Andersson, P.-G. 1994. Slamspridning på åkermark. Resultat av 12 års fältförsök i sydvästra Skåne. Lägesrapport IV. Malmöhus läns hushållningssällskap, Bjärred, VATEKNIK, Lunds Tekniska Högskola och SYSAV Utvecklings AB, Malmö.

Johansson, Ch. & Lundeberg, S. 2000. Sjösättning av certifieringssystem för kompost och rötrest. Svenska Renhållningsverksföreningen i samarbete med Avfallsforskningsrådet och Naturvårdsverket. Rapport nr 99:2 från Svenska Renhållningsverksföreningen, Lund.

Feachem, R. G., Bradley, D. J., Garelick, H. & Duncan Mara, D. 1983. Sanitation and disease; Health aspects of excreta and wastewater management. World Bank studies in Water Supply and Sanitation 3. Pitman Press, Bath, Storbritannien.

Jeppsson, K.-H. 1995. Kväveförluster från djupströbäddar. Fakta-Teknik nr 199, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Kirchmann, H. 1985. Losses, plant uptake and utilisation of manure nitrogen during a production cycle. Doktorsavhandling. Acta Agriculturae Scandinavica, Supplement 24.

Naturvårdsverket, VAV och LRF, 1995. Användning av avloppsslam i jordbruket. Rapport 4418, Naturvårdsverket, Stockholm.

Pettersson, O. 1992. Kretslopp i odling och samhälle. Sveriges lantbruksuniversitet. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 408, Mark-Växter. Uppsala.

Förteckning över utgivna rapporter i serien Tekniska rapporter från Institutionen för jordbruksvetenskap Skara:

1. Engström, L., Lindén, B. & Roland, J. 1998. Ekologiska demonstrationsodlingar på Lanna försöksstation 1996-97.
2. Engström, L., Lindén, B. & Roland, J. 1999. Ekologiska demonstrationsodlingar på Lanna försöksstation 1996-98.
3. Engström, L., Lindén, B. & Roland, J. 1999. Ekologiska demonstrationsodlingar på Lanna försöksstation 1996-99.
4. Engström, L., Lindén, B. & Roland, J. 2000. Ekologiska demonstrationsodlingar på Lanna försöksstation 1996-2000.
5. Lindén, B. 2000. Samkompostering av rötslam, halm och djupströgödsel för framställning av ett lätthanterligt gödsel- och jordförbättringsmedel. *Pilotstudie på Kungsgården, Gudhem, Västergötland 1999-2000.*

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, som är en temainstitution med mark/växt- och husdjurskompetens, bedriver tillämpad, tvärvetenskaplig forskning. Detta sker bl.a. på försöksstationerna Lanna, Götala och Bjertorp samt på gårdar i olika slag av fältförsök. Huvudsyftet med denna forskning är att förbättra den ekonomiska uthålligheten i svenskt lantbruk genom att förbättra avkastning och kvalitet hos våra jordbruksprodukter och samtidigt utnyttja våra naturliga tillgångar på ett miljövänligt och resursbevarande sätt. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning.

Serien ***Tekniska rapporter*** tar sikte på att fortlöpande informera om aktuella resultat från pågående undersökningar, från pilotstudier m.m.

Rapporterna kan beställas från institutionen, se nedan. Förteckning över samtliga publikationer erhålles kostnadsfritt. Rapporterna finns också tillgängliga på nedanstående internetadress.

Distribution:

Pris: 50:- (exkl. moms)

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara

Box 234

532 23 Skara

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134, e-post: Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se

Internet: <http://www.jvsk.slu.se>