

KOMPOSTERING AV HALMRIK STALLGÖDSEL VID FRITT RESPEKTIVE BEGRÄNSAT LUFTTILLTRÄDE

Composting of straw-rich farmyard
manure under free vs. limited ventilation

PAUL RIESINGER



Abstrakt

Kompostering av stallgödsel medför höga förluster av kol och kväve. Begränsat luftutbyte kan möjligtvis minska dessa förluster. Vid komposteringen av halmrik hästgödsel jämfördes en behandling där stukans långsidor täcktes med en presenning med en behandling där stukan plastades in runt om och där luftutbytet begränsades till fyra dräneringsrör som lagts i botten av stukan. Prover togs i samband med uppläggnings i maj och 132 dagar senare i oktober.

I förhållande till fosforhalterna minskade kolhalterna med 51 respektive 75 procent och totalkvävehalterna med 19 respektive 29 procent (fritt respektive begränsat lufttillträde). Resultaten stödde inte antagandet om att en begränsning av luftutbytet skulle minska de förluster av kol och kväve som kompostering ger upphov till. Markens bördighet gagnas således bäst genom tillförsel av icke-nedbrutna organiska gödselmedel.

Nyckelord: Kompostering, stallgödsel, luftväxling.

Sökord: Kreatursgödsel, organisk gödsel, luftutbyte, aerob nedbrytning, anaerob nedbrytning, växtnäringsförluster, kol, kväve, markbördighet.

Abstract

Composting of animal manure implies extensive volatilisation of carbon and nitrogen to the atmosphere. Limited ventilation may possibly decrease these losses. Straw-rich horse manure was composted by two different treatments. One windrow was covered with a tarpaulin along the sides, the other was enclosed with plastic sheeting, except for four drainage pipes at the bottom. Probes were taken subsequent to the construction of the windrows in May and after 132 days in October.

In relation to the concentrations of phosphorus, carbon and nitrogen concentrations decreased by 51 vs. 75 percent and 19 vs. 29 percent, respectively (free vs. limited ventilation). These results do not support the assumption that limited ventilation might decrease the losses of carbon and nitrogen caused by composting. Thus, soil fertility benefits more from the application of non-degraded organic manures.

Kompostering av halmrik stallgödsel vid fritt respektive begränsat lufttillträde

Composting of straw-rich farmyard manure under free vs. limited ventilation

AFD Paul Riesinger, Yrkeshögskolan Novia

Inom ramen för ett gemensamt projekt med andra yrkeshögskolor inom lantbruksutbildningen (Ravinne- ja energiähtökas maatala) valde YH Novia/Raseborg att undersöka komposteringen av stallgödsel. Resultaten av undersökningarna skall dokumenteras och kunskapsnyttan skall presenteras för regionens företagare samt användas i undervisningssyfte. Kunskap och erfarenheter skall även delas mellan yrkeshögskolorna i nätverket.

Formuleringen av försöksfrågan föregicks av en kartläggning av stallgödselhanteringen på sex gårdar inom staden Raseborg. Därpå undersöktes strängkompostering av halmrik hästgödsel i form av en aerob behandling där bara stukans långsidor täcktes med en presenning respektive en behandling där luftväxlingen begränsades till dräneringsrör i botten av en för övrigt inplastad stuka.

Bakgrund

Kompostering av organiskt material kan innebära en bättre hushållning med resurser och därmed medföra en bioekonomisk vinst. Återförslin av organiskt material har varit avgörande för att odlingsmarken i Kina, Korea och Japan förmått ge skörd i över 4 000 år (King, 1911). I Europa kände man också till stallgödselns betydelse för åkermarkens bördighet (Thaer, 1809). Forskningen kring en styrd nedbrytning av organiskt material kom dock inte igång förrän på 1900-talet (Howard & Yeshwant, 1931; Howard, 1943; Pfeiffer, 1956; Rohde, 1957).

Tillgången till relativt billig mineralgödsel ledde under andra hälften av 1900-talet till ett minskat intresse för återförslin av organiskt material till odlingsmarken, vilket ledde till att stora mängder organiskt "avfall" deponerades tillsammans med oorganiska sopor. I Finland begränsas deponeringen av organiskt avfall på avstjälningsplatser sedan 2013 (Statsrådets förordning 331/2013, Bilaga 1). Därtill har den i synnerhet i södra Finland allmänna minskningen av mullhalterna i åkermarken väckt lantbrukarnas uppmärksamhet. Vid kreaturslös drift och odling av enbart ettåriga växtarter kan tillförsel av organiskt material i form av kompost vid sidan om odlingen av bottengrödor och grüngödslingsgrödor bidra till att hålla odlingsmarkens mullhalt på en tillfredsställande nivå (Joon, 2008; Mustonen, 2010).

Kompostering avser en styrd biologisk nedbrytning av organiskt material (Gottschall, 1992, s. 60). Nedbrytningen sker under aeroba förhållanden (luftväxling) och är självuppvärmande. Organiska föreningar så som stärkelse, cellulosa, lignin och protein bryts ner till enkla organiska och oorganiska ämnen, såsom kolföreningar och mineralämnen. Komposteringsprocessen kan delas in i fyra faser: Nedbrytningen av socker och aminosyror åtföljs av nedbrytningen av cellulosa och fetter samt av hemicellulosa och lignin; mot slutet av komposteringsprocessen börjar humusföreningar bildas. Mineralämnena, dvs. växtnäringsämnena binds delvis in i denna humusbildningsprocess. pH-värdet minskar till en början då organiska syror bildas, men komposten blir så småningom basiskt då syrorna förbrukas, ammoniak frigörs och baskatjoner mineraliseras (Gottschall, 1992, s. 102-148; Riesinger, 2006, s. 160-185).

Med avseende på temperaturförändringarna i komposten kan processen delas in i en uppvärmningsfas, en värmefas, en avkylningsfas och en mognadsfas. De för dessa faser karakteristiska temperaturerna ligger kring 40, 45-70, 30-40 respektive 10-20 °Celsius. Värmefasen nås inom några dagar efter kompostens uppsättning. Värmefasen pågår i några veckor. Efter den några veckor till ett par månader omfattande avkylningsfasen inleds till sist mognadsfasen. Allt som allt torde komposteringen vara avslutad inom tre till sex månader (Gottschall, 1992, s. 102-148; Riesinger, 2006, s. 160-185). Processens längd och slutprodukten karakteriseras av drivvariabler som omfattar utgångsmaterial (främst dess kolkvävekvot, C/N-kvot), porositet, vatteninnehåll, pH-värde och omgivningstemperatur. Den ideala kolkvävekvoten ligger mellan 25-35/1, vilket motsvarar 7-8 kilogram halm per ko och dag. Kolbrist leder till förluster av kväve i gasform, kolöverskott däremot innebär att mikroorganismernas aktivitet begränsas av kvävebrist (Kirchmann, 1985).

Mineraliseringen av organiskt material medför en volymminskning, homogenisering och hygienisering. Kompostering minskar således kostnaderna för transport och spridning

(Michel, Pecchia, Rigot & Keener, 2004). Komposterat organiskt material medger dessutom en jämnare spridning över åkern. Under värmefasen bryts ogräsfrön och patogener ned, vilket ökar kompostens användbarhet. Tillförsel av kompost ökar markens porositet och förbättrar både dess vattenbindning och dess dränering. Dessutom ökar markens kapacitet att binda och avge växtnäringsämnen. Den direkta växtnäringseffekten är däremot relativt obetydlig eftersom en stor del av växtnäringen är inbunden i organiska föreningar. En kompost är således ett jordförbättrings- snarare än ett gödselmedel (Gottschall, 1992, s. 149-202).

Dessvärre medför kompostering av organiskt material omfattande förluster av kol och kväve, i form av koldioxid (CO₂), respektive ammoniak (NH₃), dikväve (N₂), kväveoxider (NO_x) och lustgas (N₂O). Enligt Kirchmann (1985), Eghball, Power, Gilley och Doran (1997), Eklind (1998), Sommer (2001), Raviv, Medina, Krasnovsky och Ziadna (2002) samt Tiquia, Richard och Honeyman (2002) ligger dessa förluster kring 50 procent, relaterade till de ursprungliga mängderna av kol, respektive kväve. Petersen, Lind och Sommer (1998) påpekar dock att det förekommer stora skillnader mellan olika typer av stallgödsel med avseende på omsättningen av det organiska materialet och därmed ammoniakförlusterna. Avgörande variabler är gödselns kemiska sammansättning och dess fysikaliska struktur. Gödselns struktur avgör lufttillträdet och därmed uppvärmningen och ammoniakavgången. Förutom förluster av kol, kväve och svavel (S) i form av gas kan betydande förluster av växtnäringsämnen också uppstå som följd av avrinning och utlakning (Ulén, 1993; Eghball m.fl., 1997; Carneiro, De M. Costa, De M. Costa, Martins & Rozatti, 2013). Förlusterna ökar med tiden (Kirchmann, 1985) och komposteringstiden borde därför inte överstiga 6-7 månader. Vändning av komposten försnabbar nedbrytningen av det organiska materialet men ökar förlusterna av kol, kväve och andra växtnäringsämnen (Tiquia m.fl., 2002).

Mull består till 58 procent av kol. Enligt Markkarteringsinstitutet (2000) skulle den ideala mullhalten i finländska mineraljordar vara 15 procent. Mullhalterna i den finländska åkermarken har dock sjunkit och ligger nu på knappt sex procent (Mäkelä-Kurto & Sippola, 2002). Om markens bördighet skall bevaras måste den nuvarande mullhalten bibehållas, eller helst ökas. Den mineralisering av mull som dränering och jordbearbetning ger upphov till måste balanseras genom en tillförsel av kol i form av organiskt material. Den i en kompost återstående mängden kol är relativt stabil mot vidare nedbrytning och bidrar således till en mer omfattande ökning av mullhalten än vad spridningen av obehandlad stallgödsel ger upphov till (Gottschall, 1992, s. 149-185).

Ändå kan spridningen av obehandlad stallgödsel och därmed tillförseln av hela den ursprungliga mängden kol ha en större positiv effekt än komposterat organiskt material. Grund nedbrukning av färsk stallgödsel stimulerar markorganismerna, vilket leder vidare till en ökad mobilisering av växtnäringen och en mera omfattande aggregering av markpartiklar. Detta i sin tur resulterar i högre skördar, men också i en mer omfattande tillförsel av rotbiomassa och skörderester till marken, vilket skapar förutsättningen för en ökad bildning av humus (Petterson & von Wistinghausen, 1979; Sommer, 2001).

I Danmark uppmättes från stallgödselkomposter som varit upplagda under vinterhalvåret förluster på 24-51, 21-26 och 51-58 procent av de ursprungliga halterna av kväve, fosfor och kalium (Nielsen, 1987). Tiquia m.fl. (2002) rapporterade att förlusterna av fosfor,

kalium och magnesium vid kompostering av ströbäddar uppgick till mellan en femtedel och upp till hälften av det ursprungliga innehållet. Michel m.fl. (2004) komposterade nötkreatursgödsel som blandats med sågspån respektive halm. Förlusterna av kväve, fosfor och kalium under komposteringen låg mellan några få och upp till 40 procent. Förlusterna minskade som en funktion av en ökande mängd strömedel. För lantbrukets del innebär förluster av växtnäringsämnen en finansiell förlust. För miljöns del resulterar avdunstningen av kväve i form av ammoniak och lustgas i försurning och övergödning på regional nivå, respektive i ett bidrag till den globala klimatförändringen. Utlakningen och avrinningen av kväve och fosfor driver eutrofieringen av vattendrag, sjöar och hav.

Täckning av stallgödselstukor med halm respektive presenning kan enligt Karlsson och Jeppson (1995), Roinila (1995) och Karlsson (1996) minska utlakningsförlusterna av fosfor och kalium till hälften, respektive till en fjärdedel. Enligt Torstensson (2003) är täckning med halm otillräcklig då det efter en komposteringstid på åtta månader bara återstod en tredjedel av nötkreatursgödselns ursprungliga kaliuminnehåll. Sommer (2001) rapporterade en minskning av kväveförlusterna med hälften då stukan täcktes med en porös presenning; på samma sätt kan också förlusterna av kalium och magnesium minskas (Carneiro m.fl., 2013) En halvering av kväveförlusterna kan också uppnås då stukorna kompakteras i samband med uppläggningsen (Karlsson, 1996; Sommer, 2001).

Förlusterna av kväve i form av ammoniak från kväverikt organiskt material kan i viss mån förebyggas genom en tillsats av kolrikt material, såsom strömaterial i form av halm eller torv (Kirchmann, 1985; Sommer, 2001). Steiner, Das, Melear och Lakly (2010) fann att tillsats av biokol minskade förlusterna av kväve med upp till 50 procent, men inte förlusterna av kol. Michel m.fl. (2004) rekommenderar att kol-kväveknoten i utgångsmaterialet skall ligga över 40. Torv ökar inte bara kolkväveknoten utan förmår dessutom binda kväve i form av ammoniak (Witter & Kirchmann, 1989; Steineck, Svensson, Tersmeden, Åkerhjelm & Karlsson, 2001). Enligt Eklind (1998) förloras dock över 40 procent av den ursprungliga kvävemängden till och med vid tillsats av torv.

Ett flertal av de argument som talar för en kompostering av trädgårds- och livsmedels"avfall" gäller inte för stallgödsel. Stallgödsel har passerat djurens matsmältning, vilket innebär en omfattande nedbrytning och homogenisering. I den så kallade fasta stallgödseln tillkommer visserligen förutom djurens avföring även strömedel. De rutiner som tillämpas inom lantbruket kräver inte någon särskild hygienisering av stallgödsel, men däremot av påsldjursgödsel (Andersson, 2006; Esselström, 2005) eller reningsverksslam (Ala-Kleemola, 2016). Då stallgödseln sprids på gårdens åkrar uppvägs det merarbete som komposteringen medför inte av de besparingar som i samband med transport och spridning hänförs till den åstadkomna volymminskningen. Då nyttoeffekterna i allmänhet saknas talar de höga förlusterna av kol, kväve och svavel mot en kompostering av stallgödsel.

Wärnå m.fl. (2016) kartlade hanteringen av stallgödsel på sex gårdar i Raseborg. Gårdarna höll hästar, nötkreatur respektive får. I samtliga fall användes mycket strö, eller så blandades gödsel från liggavdelningar med gödsel från fodergångar eller rastytor. I sin hantering av den strörika stallgödseln syftade lantbrukarna främst till en mellanlagring, i viss mån till en homogenisering och, för djupströbäddarnas del även till en bättre spridbarhet. Wärnå m.fl. (2016) rekommenderade kompostering i sträng då denna metod

är tekniskt enkel att tillämpa i gårdsförhållanden och då arbetet kan skötas med den befintliga maskinutrustningen.

Med utgångspunkt i den av Wärnå m.fl. (2016) utförda förstudien inriktade sig denna undersökning på kompostering av halmrik hästgödsel i sträng. Är det med avseende på dess värde som gödslings- och jordförbättringsmedel ändamålsenligt att kompostera halmrik stallgödsel? Prediktionen var att förlusterna av torrsbstans och växtnäringsämnen kan minskas genom att begränsa luftutbytet under komposteringsprocessen.

Material och metoder

Effekterna av en kompostering av halmrik hästgödsel undersöktes i form av två behandlingar, fri luftväxling respektive begränsat luftutbyte. 20 kubikmeter hästgödsel hämtades 24.5.2016 med en fastgödselspridare av märket JF, modell ST 9500, från gården Smeds i Ingå till Västankvarn försöksgård (N 60° 4,557' - E 23° 52,981'). Genom upprepad lastning och lossning genom spridarens vertikalt stående valsar blandades gödseln om två gånger (Bild 1). Med hjälp av samma fastgödselspridare etablerades följande dag två gödselstukor, tre meter breda, 1,5 meter höga och 6 meter långa.



Bild 1. Som utgångsmaterial för försöket användes halmrik hästgödsel.

Försöket utgjordes av två led: En hästgödselstuka som täcktes med en presenning respektive en stuka som omslötts runt om med en plastfolie. I den med presenningen täckta stukan förblev gavlarna och de nedersta 0,2 meter av sidorna öppna så att luften kunde cirkulera relativt fritt. Ändå skyddades komposten från utlakning genom nederbörd. Hos den inplastade stukan begränsades luftomväxlingen till fyra rör med en diameter på 0,11 meter var som låg under basen av stukan. Under de första 24 dyggen var rörens öppningar inneslutna av plastfolien (Bild 2).



Bild 2. Halmrik hästgödsel som lagts upp för kompostering i stukor, t.v. fri luftväxling (före täckning med presenning), t.h. begränsat luftutbyte (25.5.2016).

I samband med uppläggnen av stukorna togs fyra samlingsprov från vardera stuka. Varje samlingsprov bestod av tio delprover som togs inom en radie av en meter (Bilaga 2). Dessutom försågs varje stuka för temperaturmätning med tre dataloggers var, på 0,2 och 0,4 samt 0,6 meter djup. De hål som tagits upp i plasten för detta ändamål tejpades fast. För att förebygga skador täcktes den inplastade stukan med ett skyddsnät. Skyddsnätet och den därunder liggande plasten respektive presenningen tyngdes ner med hjälp av uppskurna lastbilsringar. Komposterna besiktigades sju dygn efter att försöket etablerats (Bild 3). I det inplastade ledet öppnades lufttillförseln via dräneringsrören 24 dygn efter att komposten lagts upp. 68 dygn efter uppläggnen stramades presenningen och plasten åt.



Bild 3. Halmrik hästgödsel som lagts upp för kompostering i stukor, t.v. fri luftväxling, t.h. begränsat luftutbyte (31.5.2016).

Efter att komposterna hade legat 132 dygn togs prover på nytt (Bild 4). Från varje sträng togs fyra samlingsprover, med början i den sydöstra delen, sedan i de nordöstra och nordvästra delarna och med slutet i den sydvästra delen av strängen (proverna 1, 2, 3 respektive 4). Samlingsproverna bestod igen av tio delprover som togs inom ett radius av en meter. Ämnen omfördelas under komposteringsprocessen på grund av sättning och som följd av en omfördelning i vätske- och gasfas. Målet var därför inte att ta delproverna från exakt de punkter från vilka den första provtagningen hade skett. Proverna analyserades av företaget Novalab Oy på torrsubstanshalt (ts-halt), volymvikt och halterna av totalkväve (N_{tot}), lösligt kväve ($N_{\text{lös}}$), fosfor och kalium. Lösligt kväve omfattar ammoniak-, ammonium-, och nitratkväve (NH_3^- , NH_4^+ - respektive NO_3^- -N). Analysresultaten återges i Bilagorna 3 och 4.



Bild 4. Volymminskningen vid kompostering av halmrik hästgödsel, t.v. fri luftväxling, t.h. begränsat luftutbyte (4.10.2016).

Den i försöket använda halmrika hästgödseln hade en högre torrsubstanshalt och en lägre volymvikt jämfört med allmänna värden för hästgödsel i Finland (Bilaga 5). Detta tyder på en mera omfattande inblandning av poröst strömaterial. Den totala kvävehalten var högre medan halten av lösligt kväve var betydligt lägre i den i undersökningen använda hästgödseln. Medan fosforhalten i stort sett motsvarade de finländska medelvärdena, var kaliumhalten mer än dubbelt så hög. Detta beror troligtvis på att den aktuella gödseln var mycket halmrik, medan det på många andra håll används mera kaliumfattiga strömedel så som torv (Bilaga 5).

Från organiskt material förloras i synnerhet vid aerob lagring och kompostering kol, kväve och svavel i gasform. I viss utsträckning avgår också andra näringsämnen genom avrinning och utlakning. Förlusten av kol innebär en massaförlust. Komposteringsmetoder kan således inte jämföras med avseende på slutproduktens innehåll av växtnäringsämnen per kilogram färskvikt eller torrsubstans. Ett alternativ hade varit att fullständigt

homogenisera utgångsmaterialet och sedan tillföra exakt samma volym- och viktmängder till båda försöksleden. Detta alternativ valdes bort eftersom försöket utfördes i gårdsförhållanden.

Istället antas här att mängden fosfor hålls konstant, dvs., att det under komposteringsprocessen inte förekommer förluster av fosfor. Ett sådant antagande förutsätter att komposterna skyddas från utlakning genom nederbörd, vilket var fallet då stukorna täcktes med en presenning, respektive omslötts av plast. Massaförlusterna för respektive behandling beräknades således genom att utgå från förändringen av fosforhalten uttryckt i kilogram per ton torrsubstans: en ökning av fosforhalten i kilogram per ton torrsubstans innebär en motsvarande torrsubstansförlust. Enligt samma resonemang relaterades kväve- och kaliumhalten till respektive fosforhalter.

Resultat

Utgångsmaterialet var relativt enhetligt med avseende på torrsubstanshalt och volymvikt. Med avseende på växtnäringsinnehållet var variationen större, i synnerhet vad gäller halterna av lösligt kväve och kalium. Parametervärdena för medeltal och median motsvarade varandra (Tabell 1, Bilagorna 2 och 5).

Tabell 1. Torrsubstanshalt, volymvikt och växtnäringsinnehåll i den halmblandade hästgödsel som användes som utgångsmaterial i försöket (n = 4).

	Medeltal	Median	Standard- avvikelse	Variations- koefficient
Torrsubstans (%)	29,41	29,2	1,53	5,19
Volymvikt (kg/m ³)	586,25	580	39,21	6,69
Totalkväve (kg/ton)	5,11	5,2	0,54	10,60
Lösligt kväve (kg/ton)	0,14	0,15	0,06	41,40
Fosfor (kg/ton)	1,06	1,1	0,13	12,39
Kalium (kg/ton)	8,1	7,5	1,77	21,82

Sju dagar efter uppsättningen hade komposterna minskat med ungefär en tredjedel i höjd. Volymminskningen fortsatte i båda leden fram till andra provtagningstillfället 132 dagar senare. Volymminskningen verkade vara mera omfattande i den täckta än i den inplastade stukan (bilderna 5 respektive 6).



Bilderna 5 respektive 6. Volymminskningen vid kompostering av halmrik hästgödsel, t.v. fri luftväxling, t.h. begränsat luftutbyte (4.10.2016).

Provtagningen 132 dagar efter uppläggningsen påvisade en lägre torrsubstanshalt och en högre volymvikt vid kompostering med begränsat lufttillträde jämfört med fri luftväxling. Näringshalterna i kilogram per ton komposterad hästgödsel låg nära varandra. Begränsat luftutbyte resulterade i obetydligt lägre värden, med något tydligare skillnader för totalkväve och kalium. Medeltalen och medianerna ligger för båda behandlingarna nära

varandra. Den största skillnaden mellan behandlingarna var den för samtliga parametrar betydligt högre variationen vid fri luftväxling (Tabellerna 2 och 3, bilagorna 3 och 4).

Tabell 2. Parametervärden efter kompostering av halmblandad hästgödsel med fri luftväxling (132 dygn) (n = 4).

	Medeltal	Median	Standard- avvikelse	Variations- koefficient
Torrsubstans (%)	31	27,75	8,13	26,22
Volymvikt (kg/m ³)	611,25	634,5	124,82	20,42
Totalkväve (kg/ton)	6,8	6,1	1,86	27,31
Lösligt kväve (kg/ton)	0,105	0,1	0,009	8,25
Fosfor (kg/ton)	1,675	1,55	0,38	22,49
Kalium (kg/ton)	10,75	10,25	2,97	27,61

Tabell 3. Parametervärden efter kompostering av halmblandad hästgödsel med begränsat luftutbyte (132 dygn) (n = 4).

	Medeltal	Median	Standard- avvikelse	Variations- koefficient
Torrsubstans (%)	24,1	23,8	1,007	4,18
Volymvikt (kg/m ³)	888,25	895,5	108,77	12,25
Totalkväve (kg/ton)	5,57	5,3	0,60	10,79
Lösligt kväve (kg/ton)	0,10	0,1	0,004	4,22
Fosfor (kg/ton)	1,52	1,55	0,15	9,70
Kalium (kg/ton)	9,07	9,1	0,57	6,30

Då näringsinnehållet relateras till 100 procent torrsubstans var halterna för samtliga undersökta näringsämnen högre då komposteringen skedde vid begränsat luftutbyte jämfört med fri luftväxling: Ett ton torrsubstans innehöll 23,1 vs. 21,9 kg totalkväve, 0,4 vs. 0,35 kg lösligt kväve, 6,3 vs. 5,4 kg fosfor och 37,7 vs. 34,7 kg kalium. Variationen för lösligt kväve och kalium var högre vid fri luftväxling, koncentrationerna av totalkväve och fosfor varierade mer vid begränsat luftutbyte.

Mängden fosfor i kilogram per ton torrsubstans ökade från 3,61 i utgångsmaterialet till 5,45 och 6,32 som följd av kompostering vid fritt respektive begränsat lufttillträde (Tabell 4). Ökningen av fosforhalterna med 51 respektive 75 procent motsvaras av en minskning av torrsubstans- och därmed kolhalterna i motsvarande utsträckning.

Tabell 4. Förändringar i förhållande till utgångsmaterialet av fosformängd samt av kvoterna mellan fosfor och totalkväve, lösligt kväve respektive kalium vid kompostering av halmblandad hästgödsel under fri luftväxling respektive begränsat luftutbyte (vid 100 procent torrsubstans).

	Utgångsmaterial	Fri luftväxling	Begränsat luftutbyte
Fosfor kg/ton	3,61	5,45	6,32
Fosfor/totalkväve	0,21	0,25	0,27
Fosfor/lösligt kväve	7,35	15,8	14,9
Fosfor/kalium	0,14	0,16	0,17

Den ursprungliga kvoten mellan fosfor och totalkväve ökade med 19 respektive 29 procent, för det lösliga kvävet var ökningen 115 respektive 103 procent (fritt respektive begränsat lufttillträde, Tabell 4). Med motsvarande procenttal minskade stukornas innehåll av total- respektive lösligt kväve. Kaliumförlusterna var förhållandevis låga, 14 respektive 21 procent, räknat utifrån till den ursprungliga kvoten mellan fosfor och kalium (fritt respektive begränsat lufttillträde, Tabell 4).

Diskussion

Effekter av kompostering vid fritt respektive begränsat lufttillträde

Både vid fritt och begränsat lufttillträde ledde kompostering till höga förluster av framförallt kol men också av kväve. Båda stukor formades på samma sätt med hjälp av en spridarvagn där gödseln matades ut genom spridarvalsarna. Båda behandlingar resulterade således i ett intensivt lufttillträde. Som följd av det höga halminnehållet var stukorna inledningsvis mycket porösa. Intensivt lufttillträde och hög porositet leder till en kraftig temperaturökning och därmed till höga kol- och kväveförluster. Aerob nedbrytning höjer dessutom pH-värdet, vilket i sin tur resulterar i en ökad omvandling av ammonium till ammoniak (Kirchmann, 1985).

Petersen m.fl. (1998) fann att en temperatur i stukan på 60-70 °Celsius ledde till att 50 procent av stallgödselns kol- och kväveinnehåll avgick i gasform. Då temperaturen i stallgödselstukan motsvarade omgivningstemperaturen uppmättes däremot inga signifikanta förluster av kol och kväve. Intensivt lufttillträde i samband med stukornas uppläggning kan undvikas om gödseln bara tippas av från ett flak, istället för att matas genom spridarvagnens valsar (Kruckelmann, 1983). Kompaktering i direkt anslutning till uppläggningsytan hade ytterligare kunnat begränsa lufttillträdet, och därmed uppvärmningen och den resulterande avdunstningen av kol och kväve i (Sommer, 2001). Vid kompostering med fri luftväxling kan kol ha sparats som följd av uttorkning, vid begränsat luftutbyte som följd av ett högre ångtryck i den inplastade stukan. I det förra fallet har också mineraliseringen av kväve stannat upp, i det senare fallet har en del mineraliserat kväve bundits till kol.

Den hästgödsel som användes i undersökningen var mycket halmrik och en del kväve kan ha avmobiliserats av mikroorganismerna när halmnedbrytningen väl kommit igång (jmf. Steiner m.fl., 2010). I den här redovisade undersökningen har dock betydande förluster av kväve uppkommit fastän gödseln varit mycket halmrik, dvs. fastän mikroorganismernas inbindning av kväve till organiska föreningar knappast begränsats av tillgången på energi (kol). Kaliumförlusterna var förhållandevis låga jämfört med de uppgifter som förekommer i referenslitteraturen. Fastän stukorna har varit täckta har ändå i båda behandlingar förekommit en viss utlakning och avrinning. Detta påvisar att kompoststukor inte bara bör täckas med en presenning, utan att de dessutom bör läggas upp på ett skikt av absorberande material, företrädesvis torv, respektive dräneras till en brunn.

Resultaten stöder inte antagandet om att ett begränsat luftutbyte skulle minska förlusterna av kol och kväve. Tvärtom var förlusterna av kol och totalkväve högre vid begränsat lufttillträde. Troligtvis medgav den tack vare inplastningen högre och jämnare vattenhalten en mera omfattande nedbrytning och därmed till och med högre förluster av kol och kväve (och således också av svavel) än vad som var fallet vid kompostering med fri luftväxling. I vilken mån högre temperaturer i den inplastade stukan kan ha bidragit till de högre förlusterna återstår att analyseras. Möjligtvis hade de gasformiga förlusterna av kol och kväve kunnat minskas om lufttillförseln via dräneringsrören varit mindre intensiv eller om den hade strypts då värmefasen nåtts. Ett alltför begränsat luftutbyte kan dock resultera i att materialet konserveras istället för att brytas ned. Den lämpliga tidpunkten för minskningen av lufttillförseln kan bestämmas genom en undersökning av temperaturutvecklingen under komposteringsprocessen. Med hänseende till

koncentrationen av växtnäringsämnen per ton torrsubstans gav kompostering med begränsat respektive fritt lufttillträde nära på samma resultat. Den lägre torrsubstanshalten och högre volymvikten vid kompostering under begränsat luftutbyte betingar en högre kostnad för transport och spridning. Med hänseende till de undersökta parametrarna gav dock ett begränsat luftutbyte en jämnare slutprodukt. Inplastning medgav en mera konstant och högre vattenhalt och således en mera omfattande och jämnare nedbrytning. Då stukan enbart täcktes med presenning torkade hästgödseln istället ut. Enligt Beck-Friis (1999) bör kompostens totala volym utgöras till en tredjedel var av torrsubstans, vattenfylld porositet och luftfylld porositet. Fri luftväxling minskade således vattenhalten under den gräns som är behövlig för en förmultning av organiskt material.

Sampelstorleken var begränsad till fyra samlingsprover per behandling. Detta kan ha inverkan på resultaten och speciellt deras allmängiltighet. De här presenterade resultaten är dock i linje med tidigare undersökningar vad gäller förlusterna av kol, kväve och kalium i samband med komposteringen av stallgödsel. Förlusterna av torrsubstans (dvs. kol), kväve och kalium beräknades i relation till en konstant fosforhalt. Karlsson och Jeppson (1995) och Roinila (1995) fann att täckning av stallgödselstukor med presenning visserligen minskade förlusterna av fosfor, men att de ändå uppgick till en fjärdedel av den ursprungliga mängden. Till fosforhalten relaterade förluster av kol och andra ämnen bör således ökas i den utsträckning som det kan ha förekommit fosforförluster.

Om man enligt de ovan anförda referenserna antar att fosforförlusterna uppgått till en fjärdedel av den ursprungliga mängden så innebär detta för den här redovisade undersökningen att närmare hälften av det ursprungliga kolinnehållet förlorats. Enligt samma resonemang har komposteringen lett till en förlust av drygt en tredjedel av det ursprungliga totalkväveinnehållet. Förlusterna av lösligt kväve var visserligen betydligt högre. Detta är föga överraskande eftersom det är just denna kvävefraktion som lätt övergår till gasform. I den undersökta hästgödseln var dock andelen lösligt kväve i förhållande till den totala kvävemängden mycket låg, både före och efter komposteringen. Den andel av det totala kväveinnehållet som inte ingår under beteckningen lösligt kväve är organiskt bundet kväve. Organiskt bundet kväve måste mineraliseras till lösligt kväve av mikroberna innan förluster i gasform kan ske.

Aerob eller anaerob hantering av organiskt material?

Denna undersökning tyder på att kompostering medför omfattande förluster av kol och kväve, både vid fri och begränsad lufttillförsel. Förluster i samma storleksordning har också uppmätts i andra undersökningar, bl.a. av Kirchmann (1985), Eghball m.fl. (1997), Eklind (1998), Sommer (2001), Raviv m.fl. (2002) och Tiquia m.fl. (2002). Med hänvisning till de höga förlusterna av kol, kväve och andra näringsämnen rekommenderar Kirchmann (1985) och Eghball m.fl. (1997) att stallgödsel inte skall komposteras utan istället tillföras marken direkt. Kirchmann och Witter (1989) anser att anaerob hantering generellt är att föredra före aerob hantering av stallgödsel.

Kolhalten i organiskt material utnyttjas bäst då detta tillförs marken i färsk form. Detta stimulerar mikroorganismerna, med positiva följd effekter på markstrukturen, biomassaskördarna och således anrikningen av organiskt material i marken. I ett klimat

med en kort växtsäsong och en låg temperatursumma behöver stallgödselns innehåll av lösligt kväve bevaras så långt som möjligt. Jämfört med den kolrika hästgödseln medför kompostering ännu högre förluster från mera kväverika gödselslag, såsom mindre strörik fastgödsel och kletgödsel. I synnerhet kväverika organiska material och gödselmedel som flytgödsel och urin bör hanteras anaerobt, dvs. lagras utan luftväxling eller rötas till biogas (Riesinger, 2006, s. 160-164).

Vid anaerob nedbrytning bevaras största delen av det ursprungliga kväveinnehållet. Anaerob nedbrytning resulterar nämligen i bildningen av syror, med andra ord en sänkning av pH-värdet. Ett lägre pH-värde förskjuter i sin tur kvävefasen från ammoniak till ammonium, dvs. från en kväveform som kan avgå i gasform till en kväveform som inte kan förloras på annat sätt än genom avrinning eller utlakning (Riesinger, 2006, s. 160-164). Vid rötning avgår visserligen metan (CH_4) och koldioxid, varvid metan används som biogas. I rötad gödsel bevaras utgångsmaterialets kvävehalt och en betydande del av denna omvandlas dessutom till direkt växttillgängligt ammoniumkväve. Detta har en positiv effekt på grödornas biomassabildning; i förlängningen ökar anrikningen av marken med organisk substans och därmed markens bördighet (Riesinger, 2006, s. 192-194; Mustonen, 2016).

Från sådana organiska gödselmedel där en betydande andel av det totala kväveinnehållet utgörs av ammoniumkväve eller snabbt övergår till denna kväveform, såsom urin, flytgödsel och rötresten kan stora mängder kväve förloras vid och i anslutning till spridning. För att minimera avdunstning och därmed förluster av ammoniakkväve bör spridningen av dessa gödselmedel principiellt ske vid en hög relativ luftfuktighet samt vid mulet och vindstilla väderlek. Gödseln bör helst ledas via slangar direkt till marken och antingen myllas i samband eller i direkt anslutning till spridning (Kirchmann & Lundvall, 1998; Mattila, 2006). Nedbrukning i synnerhet av stora mängder färskt organiskt material, såsom kolrik stallgödsel eller gröngödsling leder till förruttelse istället för förmultning. Orsaken till detta är anaeroba förhållanden, dvs. bristande luftväxling. Förruttelse genererar gaser och syror som äventyrar groning och plantbildning. Organiskt material bör därför blandas in i markytan, t.ex. med hjälp av en kultivator eller ett tallriksredskap innan det vänds ner djupare, dock inte till djup som saknar luftväxling (Riesinger, 2006, s. 133-157).

Hästgödselns lämplighet som gödselmedel

I motsats till flytgödsel och urin karakteriseras fast stallgödsel av en hög heterogenitet, ett lågt innehåll av växttillgängligt kväve och en hög kolkvävekvot. Detta gäller i synnerhet strörik hästgödsel. Den halmblandade hästgödsel som användes som utgångsmaterial för detta försök visade sig ännu efter tre omblandningar vara heterogen i sitt näringsinnehåll, främst med avseende på lösligt kväve och kalium. Genom att tillföra åkern mindre mängder per spridningstillfälle och istället sprida stallgödsel mera frekvent förebygger man en ojämn fördelning av t.ex. fosfor över åkern. Detta gäller generellt samtliga organiska gödselmedel som karakteriseras av en hög heterogenitet. Mer frekventa spridningstillfällen tillför dessutom mikroberna organisk substans i en mera jämn takt. En högre och jämnare mikrobaktivitet upprätthåller i sin tur en bättre markstruktur. Detta gäller generellt alla organiska gödselmedel, även sådana med högre kvävehalt och/eller högre homogenitet.

Stallgödselns näringsinnehåll och -sammansättning motsvarar inte de grödor som djuren har utfodrats med. Detta beror dels på omfattande förluster av kol, kväve och svavel i gasform, dels på tillsatsen av olika typer av strömedel. Sammantaget innebär detta att stallgödsel som gödselmedel inte motsvarar grödornas relativa behov av olika växtnäringsämnen. Om en spannmålsgrödans försörjning med kväve skulle baseras på den halmblandade hästgödsel som användes i detta försök borde man sprida över 700 ton gödsel per hektar åker. I detta fall skulle det samtidigt tillföras över 700 kilogram fosfor och knappt 5 800 kilogram kalium per hektar, dvs. mängder som vida överstiger grödans behov (Svenska lantbrukssällskapens förbund, 2017, s. 172-179).

Tillförseln av stallgödsel till åkermark begränsas i praktiken av fosforkoncentrationen i den enskilda åkern och gödselns fosforhalt. Om åkerns fosforhalt ligger i bördighetsklass tillfredsställande (IV) får man enligt reglerna för det för tillfället gällande miljöersättningssystemet under en femårsperiod tillföra 75 kilogram fosfor per hektar, under förutsättningen att man åberopar det så kallade stallgödselundantaget. Detta skulle motsvara en tillförsel av drygt 70 ton halmblandad hästgödsel under fem år. Vid lägre bördighetsklasser tillåts en större tillförsel av fosfor och därmed hästgödsel (Svenska lantbrukssällskapens förbund, 2017, s. 172-179). Den utifrån dess fosforinnehåll tillåtna tillförseln av hästgödsel kan ändå inte närmelsevis tillfredsställa grödornas kvävebehov.

Mobiliseringen av växtnäringsämnen från organiska gödselmedel ombesörjs av mikroorganismer. Faktorer som ökar mikroorganismernas aktivitet ökar således mineraliseringen av växtnäringsämnen från organiskt material. De huvudsakliga drivvariablerna i detta sammanhang är kolföreningar (energi), kväve, syre, vatten och temperatur. Mikroorganismernas aktivitet begränsas av den för tillfället mest ogynnsamma miljöfaktorn, t.ex. av låg temperatur. I strörik stallgödsel är dessutom kvoten mellan kol och kväve hög, vilket innebär att det föreligger en relativ brist på kväve. Detta leder till att mikrobernas nedbrytning av kolrikt material binder upp markkväve. I anslutning till spridningen av kolrika och samtidigt kvävefattiga organiska gödselmedel minskar således grödans kvävetillgång (Riesinger, 2006, s. 133-157).

Kolrika organiska gödselmedel kan med fördel spridas på hösten. I detta fall kommer nedbrytningen igång och immobiliseringen av kväve kan till och med binda upp lösligt markkväve inför vintern. Kolrikt organiskt material fungerar således som en fånggröda. På våren begränsas mikroorganismernas aktivitet i Finland till en början av en låg marktemperatur och senare möjligtvis av försommartorka. Då stallgödsel med en hög kolkvävekvot tillförs på våren är det alltså omöjligt att förutsäga mobiliseringen av kväve och andra näringsämnen. Eftersträvar man en förutsägbar och jämn avkastning så borde hästgödsel och andra kolrika och samtidigt kvävefattiga organiska gödselmedel inte användas som den enda växtnäringskällan, de borde inte tillföras i alltför stora mängder och de borde inför etableringen av en vårsådd gröda inte spridas på våren utan redan föregående höst (Riesinger, 2006, s. 133-157).

Grödans växtnäringsförsörjning måste baseras på leveransen från markförrådet. Möjligtvis tillkommer en mobilisering från förfruktens växtbiomassa, från tillförseln av organiska gödselmedel eller från baljväxternas symbiotiskt fixerade kväve. Vill man uppnå en hög skördenivå behövs ofta en kompletterande tillförsel av ett kväverikt gödselmedel. En anpassning till försommarens väderlek kan uppnås genom en delning av denna kvävegiva:

Ifall våren är varm och fuktig mobiliseras mera kväve från markförrådet och från organiska gödselmedel. I detta fall kan en grundgiva i samband med sådd vara tillräckligt. Ifall kvävemobiliseringen begränsas av kyla eller försommartorka så kompenseras detta genom en tilläggsgiva i form av ett kväverikt gödselmedel.

Slutsatser

Inplastning av organiskt material säkerställer en tillräckligt hög och jämn vattenhalt, vilket är en förutsättning för komposteringsprocessen. En annan förutsättning för nedbrytningen av organiskt material är ett visst lufttillträde. Begränsat luftutbyte har dock i detta försök lett till högre förluster av kol och kväve än fri luftväxling. Dessa förluster kan möjligtvis minskas genom att kompaktera stukorna och genom att styra luftväxlingen enligt temperaturutvecklingen i stukan.

Kompostering leder ändå ofrånkomligen till betydande förluster av kol och kväve. Kol utgör mer än hälften av mullens torrsustansvikt, medan kvävet är det för växterna i praktiken mest betydelsefulla näringsämnet. Organiskt material borde således principiellt återföras direkt till marken, för att dess innehåll av kol, kväve och andra ämnen skall komma mikroorganismerna och grödorna tillgodo.

Kompostering lämpar sig för organiskt "avfall" som behöver homogeniseras eller hygieniseras, såsom livsmedelsrester, trädgårdsavfall, pälsdjursgödsel och reningsverkslam. Kompostering av stallgödsel kan vara aktuell i regioner där det uppkommer mer stallgödsel än vad som kan tillföras åkermarken. Kompostering underlättar i detta fall transporten och marknadsföringen.

Referenser

- Ala-Kleemola, K., 2016. Puhdistamolietettä pellolle - puolesta vai vastaan? *Käytännön Maamies*, 11, s. 34-37.
- Andersson, T., 2006. *Näringsrika restprodukter i ett skogligt kretslopp. Kvävebindande komposteringsförsök med pålsdjursgödsel i naturlig miljö*. Svenska Yrkehögskolan. Teknik och Kommunikation. Forskning och Utveckling. Vasa. 21 s.
- Beck-Friis, B., 1999. Föreläsning inom kursen *Organic Wastes*. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Carneiro, L.J., De M. Costa, M., De M. Costa, L., Martins, M.F.L. & Rozatti M.A.T., 2013. Nutrient loss in composting of agroindustrial residues. *Engenharia Agrícola*, 33, s. 796-807.
- Eghball, B., Power, J.F., Gilley, J.E. & Doran, J.W., 1997. Nutrient, carbon, and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. *Journal of Environmental Quality*, 26, s. 189-193.
- Eklind, Y., 1998. *Carbon and Nitrogen Turnover During Composting and Quality of the Compost Product*. PhD-thesis. Agraria 93. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala. 29 s.
- Esselström, J., 2005. *Näringsrika restprodukter i ett skogligt kretslopp. Kvävebindande komposteringsförsök av pålsdjursgödsel*. Svenska Yrkehögskolan. Teknik och Kommunikation. Forskning och Utveckling. Vasa. 46 s.
- Howard, A. & Yeshwant, D., 1931. *The Waste Products of Agriculture: Their Utilization as Humus*. Humphrey Milford & Oxford University Press. Oxford. 167 s.
- Howard, A., 1943. *An Agricultural Testament*. Oxford University Press. Oxford. 253 s.
- Joonas, J., 2008. Kompostit ovat ravinteikkaita maanparannusaineita. *Käytännön Maamies*, 4, s. 28-32.
- Karlsson, S., 1996. *Åtgärder för att minska ammoniakemissionerna vid lagring av stallgödsel*. JTI Rapport 228. Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala. 55 s.
- Karlsson, S. & Jeppsson, K., 1995. *Djupströbädd i stall och mellanlager*. JTI Rapport 204. Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala. 120 s.
- King, F.H., 1911. *Farmers of Forty Centuries*. Madison, Wisconsin. 269 s.
- Kirchmann, H., 1985. Losses, plant uptake and utilisation of manure nitrogen during a production cycle. *Acta Agriculturae Scandinavica. Supplementum* 24. 77 s.
- Kirchmann, H. & Witter, E., 1989. Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition. *Plant and Soil*, 115, s. 35-41.
- Kirchmann, H. & Lundvall, A., 1998. Treatment of solid animal manures: identification of low NH₃ emission practices. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, s. 65-71.
- Kruckelmann, W., 1983. Muntligt meddelande. Gut Rothenhausen, Lübeck.
- Mattila, P.K., 2006. *Ammonia emissions from pig and cattle slurry in the field and utilization of slurry nitrogen in crop production*. PhD-thesis. Agrifood Research Reports 87. Agrifood Research Finland. 136 s.
- Markkarteringstjänst, 2000. *Tolkning av markkarteringen vid åkerbruk*. Viljavuuspalvelu Oy. Aalto Oy/Etelä-Savon Kirjapaino Oy. 31 s.
- Michel, F.C. Jr., Pecchia, J.A., Rigot, J. & Keener, H.M., 2004. Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or straw. *Compost Science & Utilization*, 12, s. 323-334.
- Mäkelä-Kurtto, R. & Sippola, J., 2002. Monitoring of Finnish arable land: changes in soil quality between 1987 and 1998. *Agricultural and Food Science in Finland*, 11, s. 273-284.

- Mustonen, E., 2010. Ravinnekierto kiihtyy. *Käytännön Maamies*, 3, s. 10-12.
- Mustonen, E., 2016. Nurmen muunto biokaasuksi haasteellista. *Käytännön Maamies*, 11, s. 26-32.
- Nielsen, L.K., 1987. Kompostering av husdjursgødning. *Ugeskrift for jordbrug*, 49, s. 1539-1543.
- Petersen, S.O., Lind, A.-M. & Sommer, S.G., 1998. Nitrogen and organic matter losses during storage of cattle and pig manure. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 130, s. 69-79.
- Pettersson, B.D. & Wistinghausen E. von, 1979. Effects of organic and inorganic fertilizers on soils and crops. *Meddelande 30. Nordisk Forskningsring. Järna*. 44 s.
- Pfeiffer, E., 1956. *The compost manufacturers manual: The practice of large scale composting*. Pfeiffer Foundation. ASIN B0007G1MWC. 137 s.
- Raviv, M., Medina, A., Krasnovsky, A. & Ziadna, H., 2002. Loss of nitrous compounds during composting of animal wastes. *BioCycle*, 43, s. 48-51.
- Riesinger, P., 2006. *Grunder för ekologisk växtodling*. Volym II Växtnäring. Karis. 195 s.
- Rohde, G., 1957. *Lehrbuch der natürlichen Kompostierung*. Deutscher Bauernverlag. VEB Landesdruckerei Thüringen. Weimar. 136 s.
- Roinila, P., 1995. *Kattamisen vaikutus ravinnetappioihin karjanlannan aumakompostoinnissa*. Pro Gradu. Kasvinviljelytiede. Kasvintuotantotieteen laitos. Helsingin yliopisto. Helsinki. 57 s.
- Sommer, S.G., 2001. Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. *European Journal of Agronomy*, 14, s. 123-133.
- Statsrådets förordning, 331, 2013. *Statsrådets förordning om avstjälningsplatser*. Se bilaga 5.
- Steineck, S., Svensson, L., Tersmeden, M., Åkerhjelm, L. & Karlsson, S., 2001. Miljöanpassad hantering av hästgödsel. JTI-rapport Lantbruk och industri 280. Uppsala. 19 s.
- Steiner, C., Das, K.C., Melear, N. & Lakly, D., 2010. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *Journal of Environmental Quality*, 39, s. 1236-1242.
- Svenska lantbrukssällskapens förbund, 2017. *Lantbrukskalender 2017*. Helsingfors. 372 s.
- Thaer, A. (1809). *Grundsätze der rationellen Landwirthschaft*. Realschulbuchhandlung. 431 s.
- Tiquia, S.M., Richard, T.L. & Honeyman, M.S., 2002. Carbon, nutrient, and mass loss during composting. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62, s. 15-24.
- Torstensson, G., 2003. *Ekologisk odling - utlakningsrisker och kväveomsättning*. Ekohydrologi 73. Avdelningen för vattenvårdslära. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala. 45 s.
- Ulén, B., 1993. Losses of nutrients through leaching and surface runoff from manure-containing composts. *Biological Agriculture and Horticulture*, 10, s. 29-37.
- Wärnå, S., Skogberg, L., Rintamäki, J., Karlsson, K., Lagerroos, F., Suni, A., Allén, R., Hollmerus, A., Storsjö, M., 2016 *Kompostering av gödsel*. Utbildningen för miljöplanering, YH Novia/Raseborg. 8 s. Opublicerat.

Bilagor

Bilaga 1. Statsrådets förordning om avstjälningsplatser 331/2013, 28 § begränsar deponering av organiskt avfall:

” I avfallsupplag eller konstruktioner under tätskiktet i ytkonstruktionen för en avstjälningsplats för vanligt avfall godkänns endast vanligt avfall där halten av biologiskt nedbrytbart och annat organiskt material bestämt som totalt organiskt kol eller glödförlust är högst 10 procent.”

I 15 § i samma förordning står det också att ” På avstjälningsplatser godkänns endast förbehandlat avfall.”

Med förbehandling avses ”sortering samt andra fysikaliska, kemiska, biologiska eller termiska metoder med hjälp av vilka avfallens egenskaper ändras så att dess mängd eller skadlighet minskas, dess bortskaffande underlättas eller dess återvinning effektiveras” (3 § 1 mom. 10 punkten).

I slutet av förordningen framgår vilka EU-stadganden som den här förordningen bygger på.

Bilaga 2. Resultaten från analysen av samlingsprover som togs från halmrik hästgödsel i samband med uppläggnings av komposterna (A = fri luftväxling, B = begränsat luftutbyte).

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
Torrsubstans (%)	28,2	27,8	28,1	30,7	31,8	27,7	30,8	30,2
Volymvikt (kg/m ³)	510	578	643	582	616	625	560	576
Totalkväve (kg/ton)	5	5,3	4,3	5,9	5,2	4,3	5,7	5,2
Lösligt kväve (kg/ton)	0,21	0,21	0,18	0,16	0,029	0,14	0,1	0,1
Fosfor (kg/ton)	0,8	1,1	1,1	1,1	1,2	0,9	1,2	1,1
Kalium (kg/ton)	11	7,2	6,8	7,9	7,7	5,9	11	7,3

Bilaga 3. Resultaten från analysen av samlingsprover från halmrik hästgödsel som komposterats i 132 dygn under fri luftväxling.

	A1	A2	A3	A4
Torrsubstans (%)	23,8	29,1	44,7	26,4
Volymvikt (kg/m ³)	749	570	427	699
Totalkväve (kg/ton)	5,1	6,5	9,9	5,7
Lösligt kväve (kg/ton)	0,1	0,1	0,12	0,1
Fosfor (kg/ton)	1,3	1,6	2,3	1,5
Kalium (kg/ton)	8,5	12	15	7,5

Bilaga 4. Resultaten från analysen av samlingsprover från halmrik hästgödsel som komposterats i 132 dygn under begränsat lufttillträde.

	B1	B2	B3	B4
Torrsubstans (%)	24,2	23,1	25,7	23,4
Volymvikt (kg/m ³)	765	996	997	795
Totalkväve (kg/ton)	5,2	5,4	6,6	5,1
Lösligt kväve (kg/ton)	0,1	0,11	0,1	0,1
Fosfor (kg/ton)	1,5	1,6	1,7	1,3
Kalium (kg/ton)	8,8	9,4	9,8	8,3

Bilaga 5. Medelvärden för den halmrika hästgödsel som användes som utgångsmaterial i försöket jämfört med medelvärden för finsk hästgödsel.

	Den i försöket använda halmrika hästgödseln (medeltal)	Finländsk hästgödsel (medeltal)*
Torrsubstans (%)	29,41	27
Volymvikt (kg/m ³)	586,25	650
Totalkväve (kg/ton)	5,11	4,6
Lösligt kväve (kg/ton)	0,14	0,6
Fosfor (kg/ton)	1,06	0,9
Kalium (kg/ton)	8,1	3,1

*Markkarteringstjänst 2000 (Tabell 11, s. 19).

YRKESHÖGSKOLAN
NOVIA

Novia är den största svenskspråkiga yrkeshögskolan i Finland med examensinriktad ungdoms- och vuxenutbildning, utbildning som leder till högre yrkeshögskoleexamen samt fortbildning och specialiseringsutbildning. Nova har ca 4000 studerande på sex campus i Vasa, Jakobstad, Raseborg och Åbo.

Yrkeshögskolan Nova är en internationell yrkeshögskola, via samarbetsavtal utomlands och internationalisering på hemmaplan. Novias styrka ligger i närvaron och nätverket i hela Svenskfinland.

Novia representerar med sitt breda utbildningsutbud de flesta samhällssektorer. Det är få organisationer som kan uppvisa en sådan kompetensmässig och geografisk täckning. Högklassiga och moderna utbildningsprogram ger studerande en bra plattform för sina framtida yrkeskarriärer.

YRKESHÖGSKOLAN NOVIA

Wolffskavägen 33, vån 4, 65200 Vasa
Växel tfn (06) 328 5000
Fax (06) 328 5110
www.novia.fi

ANSÖKNINGSBYRÅN

Wolffskavägen 33, 65200 Vasa
Tfn (06) 328 5555
Fax (06) 328 5117
ansokningsbyran@novia.fi

Yrkeshögskolan Nova upprätthåller en publikations- och produktionsserie för att sprida information och kunskap om verksamheten såväl regionalt, nationellt som internationellt. Publikations- och produktionsserien är indelad i fem kategorier:

R - Rapporter • P - Produktioner • A - Artiklar • L - Läromedel • S - Studerandes arbete

Läs våra senaste publikationer på www.novia.fi/FoU/publikation-och-produktion