



MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 2/87

EILA PALDANIUS
Keski-Suomen tutkimusasema

**Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja
typpilähteinä käyttäen**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 2/87

Eila Paldanius

Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja
typpilähteinä käyttäen

Keski-Suomen tutkimusasema

41340 Laukaa

(941 - 633740)

ISSN 0359 - 7652

SISÄLLYSLUETTELO	SIVU
1 JOHDANTO	1
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	3
3 TULOKSET	8
3.1 LÄMPÖTILA	8
3.2 KOSTEUS	16
3.3 KUIVA-AINEHÄVIÖT	16
3.4 ORGAANISEN HIILEN HÄVIÖT	18
3.5 TYPPIHÄVIÖT JA KOKONAISTYPPI	18
3.6 C:N -SUHDE	23
3.7 AMMONIUM-, NITRAATTI- ja NITRIITTI- TYPPI	24
3.8 pH	27
3.9 JOHTOLUKU	28
3.10 HEHKUTUSHÄVIÖ	29
3.11 KASVINRAVINTEET	30
3.12 KYPSYYSTESTIT	32
3.13 LIEROKOMPOSTIT	33
4 TULOSTEN TARKASTELU	
4.1 LÄMPÖTILA	33
4.2 KOSTEUS	36
4.3 KUIVA-AINEHÄVIÖT	37
4.4 ORGAANISEN HIILEN HÄVIÖT	38
4.5 TYPPIHÄVIÖT JA KOKONAISTYPPI SEKÄ C:N -SUHDE	38
4.6 AMMONIUM-; NITRAATTI- JA NITRIITTI- TYPPI	41
4.7 pH	43
4.8 JOHTOLUKU	44
4.9 HEHKUTUSHÄVIÖ	44
4.10 KASVINRAVINTEET	45
4.11 KYPSYYSTESTIT	47
4.12 LIEROKOMPOSTIT	49
5 PÄÄTELMÄT	50
6 TIIVISTELMÄ	51
7 KIRJALLISUUS	53

JOHDANTO

Kompostointia on jo vanhastaan käytetty orgaanisten jätteiden käsittelymenetelmänä. Sen tarkoituksena on saada jätteet hajottajaeliöiden avulla nopeasti humukseksi, jossa ravinteet ovat hitaasti kasvien käyttöön vapautuvina orgaanisina yhdisteinä ja joka samalla toimii maanparannusaineena. Viime aikoina on jätteiden kompostointiin alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota jätemäärien kasvaessa ja "pehmeiden" elämasenteiden yleistyessä.

Tärkeimmät kompostointiprosessiin vaikuttavat tekijät ovat hapensaanti, kosteus, lämpötila, pH, prosessikaasujen poisto, ravinnepitoisuudet ja ravinteiden keskinäiset suhteet sekä hajottajaeliöstö (Paatero & Lehtokari 1980). Prosessin aikana osa orgaanisen aineen sisältämästä hiilestä häviää kompostista hiilidioksiidina ja mikäli ravinnesuhteet ovat oikeat, typpeä rikastuu jäljelle jäävään orgaaniseen ainekseen. Kompostointiprosessiin liittyy lämpötilan väliaikainen nousu sekä pH:n vaihtelut.

Kompostointiprosessiin liittyviä biologisia ja biokemiallisia tapahtumia ja niihin vaikuttavia tekijöitä on tutkittu paljon ja niistä onkin laadittu useita katsauksia (esimerkiksi Gotaas 1956, Gray ym 1971a ja 1971b, Gray & Biddlestone 1974 sekä Golueke 1975). Kompostoinnin onnistumisen edellytyksistä ovat Haukioja ym. (1983) laatineet käytännön kompostointiin opastavan selvityksen. Kompostoinnin perusteet ja kompostointisovellutukset on esitetty laajasti Paateron ym (1984) selvityksessä.

Kompostoinnin yleistymistä maatiloilla ovat rajoittaneet etenkin taloudelliset seikat. Kompostointi vaatii paljon ihmistyövoimaa ja koneistuksen sekä energiaa. Myöskään kompostoinnin aikana tapahtuvia ravinnetappioita eikä lopputuotteen laatua ole tutkittu riittävästi, mikä saattaa myös vaikuttaa kompostoinnin yleistymiseen.

Ravinnehäviöistä typpitappiot ovat tutkituimpia (esim. Kaila 1952 a, Hoyle & Mattingly 1954). Typpihäviöiden suuruus on tutkimuksissa vaihdellut nolasta aina talousjätekompostin 82 %:iin (Lilja 1982). Typpihäviöiden lisäksi ovat Rinne ja Sippola (1984 a ja 1984 b) tutkineet myös fosforin ja kaliumin häviöitä: fosforihäviöt vaihtelivat 2-36 % ja kaliumhäviöt 10-68 % kyseisissä tutkimuksissa.

Olkea maataloilla syntyy runsaasti: Suomen vuotuinen olkisato on 4,3 miljoonaa tonnia (Orava 1980). Olkea voidaan käyttää karjataloudessa kuivikkeena ja rehuna, se voidaan kyntää sellaisenaan peltoon tai polttaa energiatuotannossa. Yksi oljen käyttömuoto on sen kompostointi ja valmiin kompostin käyttö maanparannusaineena. Olki kompostoituu kuitenkin huonosti sellaisenaan, koska se sisältää ravinteita väärässä suhteessa hajoittajaeliöiden tarpeeseen nähden. Erityisesti typen vähäys hidastaa kompostoitumista, ja sen vuoksi sitä tulee lisätä jonkin typpipitoisen aineen muodossa kompostiin. Tällaisia typpipitoisia aineita ovat esimerkiksi karjanlanta, puhdistamoliete, typpilannoitteet, tuore ruoho ja palkokasvit.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli verrata oljen kompostoitumista erilaisilla typen lähteillä. Kompostoitumisen astetta kuvaavien kemiallisten analyysien lisäksi mitattiin ravinnetappioiden suuruutta, lopputuotteen sisältämiä ravinne- ja lopputuotteen laatua maanparannusaineena.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineistona oli 39 kompostia, jotka tehtiin kesän 1984 aikana MTTK:n Keski-Suomen tutkimusasemalla Laukaassa. Kompostoitavina materiaaleina käytettiin kauran ja ohran olkea. Typen lähteinä olivat puhdistamoliete (Laukaan jätevedenpuhdistamolta), urea, puna-apila (Trifolium pratense) sekä sinilupiini (Lupinus angustifolius). Koejäseninä olivat erilaisten typen lähteiden lisäksi typen (seosaineen) eri määrät suhteessa olkeen.

Kompostit tehtiin 1 m³:n kokoisiin laatikoihin, joiden etu- ja takaseinässä oli harva laudoitus. Sivuseinät oli tehty vanerilevyistä, ja kompostilaatikot olivat vierekkäin pitkissä riveissä kuivumisen vähentämiseksi. Lisäksi kompostit suojattiin eteläpuolelta olkipaaleilla. Kompostien pohjalla oli kolme salaojaputkea, ja ne pidettiin peitettynä paksulla säkkikankaalla. Kompostit tehtiin laittamalla laatikoihin vuorotellen olkea ja typenlähdettä. Olki poljettiin tiiviiksi ja kasteltiin samalla.

Kompostien lähtöaineet ja kesällä 1985 jäljellä ollut aines punnittiin kymmenysvaa'alla. Lämpötilan mittaukseen käytettiin Wallac DTM. 10 -lämpömittaria ja Alnorin lämpöantureita, jotka asetettiin kompostin keskelle tekovaiheessa. Lämpötilat mitattiin jokaisesta kompostista viitenä aamuna viikossa.

Komposteja kasteltiin varsinkin termofiilivaiheen aikana 2-3 kertaa viikossa kutakin 10-20 litraa kerrallaan. Myöhemmin kastelua vähennettiin ja loppukesällä lopetettiin kokonaan. Kompostit käännettiin, kun niiden lämpötila laski alle 30°C (tilapäistä laskua kompostoinnin alussa ei otettu huomioon).

Näytteet otettiin lähtöaineista perustamisen yhteydessä (kummastakin erikseen) sekä komposteista kääntövaiheiden aikana syksyllä (19.9.1984) ja seuraavana kesänä (24.6.1985) heti kun kompostit sulivat. Analyysyjä varten otettiin kompostin keskialueelta suuri näyte-erä, josta sekoituksen jälkeen otettiin kahden litran näyte muovipussiin. Kompostin reunaosat jätettiin pois näytteestä, koska niissä olki oli pysynyt jokseenkin muuttumattomana.

Näytteet lähtöaineista lähetettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen keskuslaboratorioon analysoitavaksi. Kääntövaiheen ja valmiin kompostin näytteet analysoitiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maantutkimusosastolla. Myös liete ja urea 3:n sekä urea 4:n lähtöaineet analysoitiin siellä. Analyysit tehtiin ko. laboratorioden vakiomenetelmiä käyttäen.

Näytteistä tehtiin seuraavat analyysit:

- | | |
|-----------------------|-------------|
| - orgaaninen hiili | - johtoluku |
| - kokonaistyyppi | - fosfori |
| - ammoniumtyppi | - kalsium |
| - nitraattityppi | - kalium |
| - nitriittityppi | - magnesium |
| - kuiva-ainepitoisuus | - mangaani |
| - pH | - kupari |
| - hehkutushäviö | - sinkki |

Koska näytteitä ei analysoitu heti, voi joissakin analyysituloksissa (esim. pH, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-) olla virheitä tämän vuoksi. Näytteet säilytettiin laboratoriossa ennen analyysien tekoa pakasteessa.

Näytteistä tehtiin myös ns. kypsyystestit syksyllä 1984 ja kesällä 1985. Testi oli seuraava: pH-mittauksen jälkeen näytettä laitettiin suljetussa lasipurkissa lämpökaappiin 55°C lämpötilaan. 24 tunnin kuluttua pH mitattiin uudelleen. Mikäli pH ei ollut muuttunut, kompostin pääteltiin olevan kypsää. Testi perustui Jannin ym. (1959) kehittämään menetelmään.

Kompostien lähtöaineiden määrät (tuorepainot ja kuivapainot) kiloina, perustamisen yhteydessä lisätyn veden määrä litroina sekä toistojen lukumäärät selviävät taulukosta 1. Kompostien tekopäivät, kääntöjen ajankohta vuorokausina laskettuna tekopäivästä sekä maatumisaika ennen syksyn näytteenottoa näkyvät taulukossa 2.

Kompostit, joiden typen lähteenä oli liete, tehtiin kauran oljesta ja Laukaan jätevedenpuhdistamolta tuodusta liettestä. Lietteen määriä suhteessa olkeen oli kaksi, ja kompostit nimettiin lietel- ja liete2-komposteiksi lietteen määrän mukaan.

Ureaa sisältävät kompostit tehtiin ohran oljesta ja ureasta. Niihin lisättiin myös dolomiittikalkkia, joka sisältää 31 % kalsiumia ja 7 % magnesiumia sekä superfosfaattia, joka sisältää fosforia 8,7 %. Urean typpipitoisuus on 46,3 %. Olkea oli kolmen laatuista (irralisena ladossa talven yli säilytettyä, paalattuna ulkona talven yli säilytettyä ja paalattuna ladossa talven yli säilytettyä), joten kustakin olkilaadusta tehtiin kahdella eri ureamäärällä kaksi toistoa.

Urea1 ja urea2 tehtiin irralisena ladossa säilytetystä oljesta. Kalkkijauhoa ja superfosfaattia niihin lisättiin 2 kg kumpaakin.

Urea3 ja urea4 tehtiin paalattuna ulkona säilytetystä ja josittain maatuneesta oljesta. Myös niihin lisättiin 2 kg kalkkijauhoa ja 2 kg superfosfaattia.

Urea5 ja urea6 tehtiin paalattuna sisällä säilytetystä oljesta. Niihin lisättiin 1 kg kalkkijauhoa ja 1 kg superfosfaattia.

Apila1:n, apila2:n ja apila3:n raaka-aineina olivat ohran olki ja puna-apila (lajikkeet Tapa ja Bjursele). Apila oli ollut maassa kasassa 5 päivää ennen kompostien tekoa. Se oli sateen jäljiltä hyvin kostea.

Liero1, liero2 ja liero3 tehtiin samalla tavalla kuin apila1, apila2 ja apila3. Niitä ei käännetty vaan 30 päivän kuluttua niihin lisättiin tunkiolieroja (Eisenia fetida Sav.) 900 kappaletta jokaiseen. 83 päivän kuluttua tekopäivästä komposteista otettiin 80 l:n näyte, josta lierot laskettiin. Samana päivänä otettiin myös syksyn näyte.

Kompostit, joissa typenlähteenä käytettiin sinilupiinia (lajike Turkus), tehtiin myös ohran oljesta. Syksyn näytettä niistä ei otettu ollenkaan.

Tilastolliset analyysit suoritettiin Jyväskylän yliopiston Laskentakeskuksen tietokoneella SPSS-tilasto-ohjelmistolla. Analyysinä käytettiin t-testiä ja varianssianalyysiä, jossa keskiarvojen parittaiset vertailut suoritettiin Scheffen menetelmää käyttäen ($p < .05$). Lierokomposteja ei verrattu muihin kuin apilakomposteihin, ja tähän vertailuun käytettiin t-testiä.

Taulukko 1. Kompostien raaka-aineiden tuorepainot ja kuivapainot kiloina, perustamisen yhteydessä lisätyn veden määrä litroina sekä toistojen lukumäärät.

koe- jäsen	olkea t.p.	olkea k.p.	typen lähde	t.p.	k.p.	vettä lisättiin	toistot
liete1	130	73	liete	312	139	100	3
liete2	130	72	liete	624	266	40	3
urea1	150	72	urea	2.2	-	100	2
urea2	150	76	urea	4.4	-	100	2
urea3	220	80	urea	2.2	-	40	2
urea4	220	87	urea	4.4	-	40	2
urea5	75	63	urea	1.1	-	120	2
urea6	75	63	urea	2.2	-	120	2
apila1	60	38	apila	45	7	30	3
apila2	50	32	apila	75	11	30	3
apila3	43	27	apila	96	14	30	3
liero1	60	38	apila	45	7	30	1
liero2	50	32	apila	75	11	30	1
liero3	43	27	apila	96	14	30	1
lup1	60	38	lupiini	45	8	60	3
lup2	50	32	lupiini	75	13	75	3
lup3	43	27	lupiini	96	16	90	3
						yht.	39

Taulukko 2. Kompostien tekopäivät sekä käännöt ja maatumisaika ennen syksyn näytteenottoa laskettuna tekopäivästä.

	tekopäivä	I kääntö	II kääntö	maatumisaika
liete1	24.5	47	84	118
liete2	24 - 25.5	47	84	117 - 118
urea1	25.5	47	-	117
urea2	25 - 28.5	52 - 57	-	114 - 117
urea3	28 - 29.5	57 - 59	-	113 - 114
urea4	28 - 29.5	59 - 79	-	113 - 114
urea5	14.6	39	-	97
urea6	14.6	39	-	97
apila1	25.6	52	-	85
apila2	25.6	52	-	85
apila3	25.6	52	-	85
liero1	25.6	-	-	83
liero2	25.6	-	-	83
liero3	25.6	-	-	83
lup1	21.8	22	-	-
lup2	21.8	22	-	-
lup3	20.8	23	-	-

3 TULOKSET

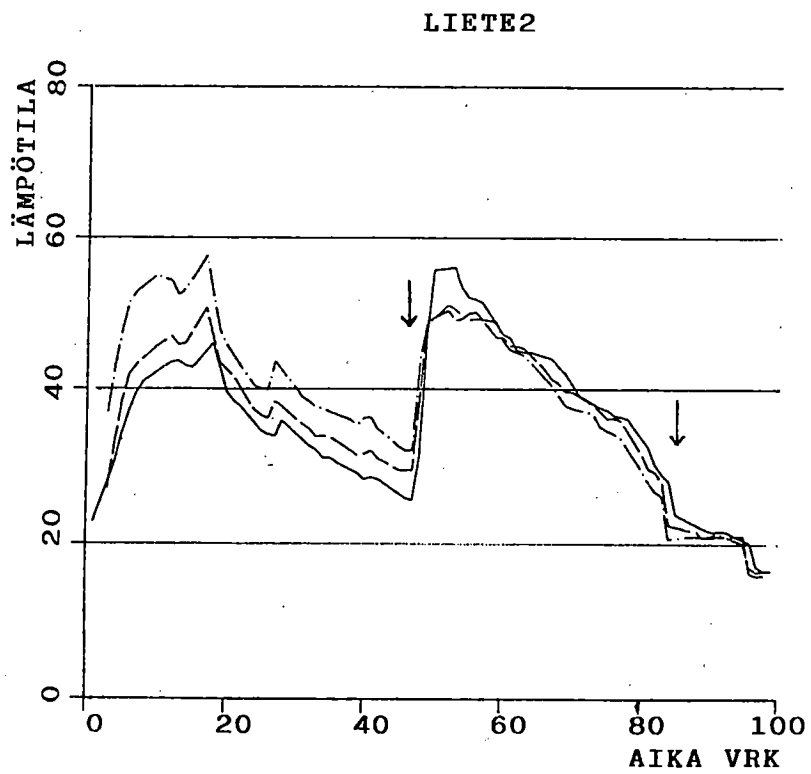
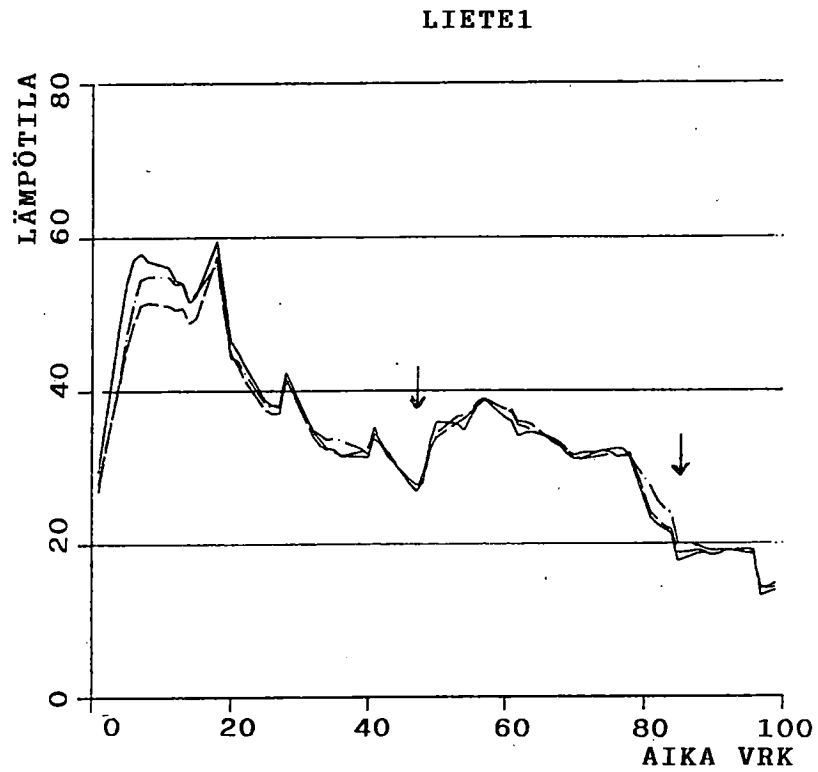
3.1 LÄMPÖTILA

Ensimmäinen lämpötilahuippu saavutettiin 2 - 15 päivää kompostien perustamisen jälkeen (Kuva 1). Hitaimmin lämpötila nousi urea3- ja urea4-komposteissa. Ensimmäistä lämpötilahuippua seurasi yleensä 8 - 29 päivän kuluttua kompostien perustamisesta toinen matalampi lämpötilahuippu. Lämpötilat pysyivät termofiilisella lämpötila-alueella (yli 40°C) liete-komposteissa keskimäärin 17, ureakomposteissa 24 ja apila-komposteissa 16 vuorokautta ennen kompostien kääntämistä. Lupiinikomposteissa, jotka perustettiin vasta elokuussa, lämpötila oli termofiilisella lämpötila-alueella keskimäärin 7 päivän ajan. Lämpötilat nousivat yleensä yli 60°C, jopa yli 70°C paitsi lietekomposteissa ja urea4- ja urea6-komposteissa, joissa korkein lämpötila jäi 50 ja 60 asteen välille.

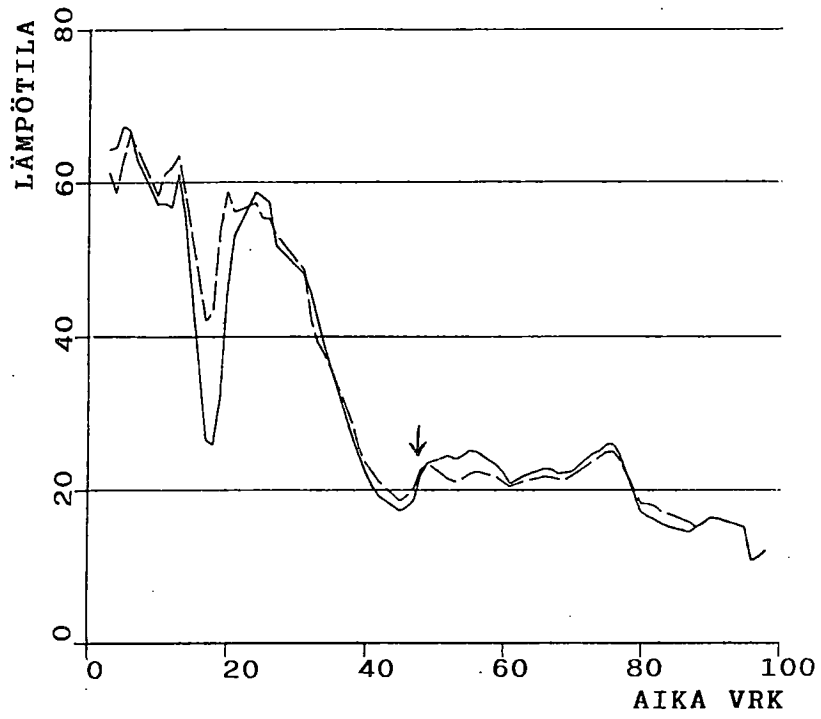
Kompostien kääntämisen jälkeen lämpötila nousi yleensä 5 - 20 astetta, jonka jälkeen lämpötilat laskivat syksyä kohden. Talvella kompostit olivat jäässä ja sulivat alkukesän kylmyyden takia vasta juhannuksena.

Liete- ja ureakomposteissa lämpötila nousi nopeammin maksimiinsa ja maksimilämpötila oli korkeampi, kun seosaineen määrä (typen taso) oli pienempi. Apila- ja lupiinilisäys vaikutti päinvastoin: mitä enemmän palkokasvia lisättiin sitä korkeammaksi lämpötila nousi. Lämpötilan kohoamisnopeuteen apilan tai lupiinin määrä ei näyttänyt vaikuttavan.

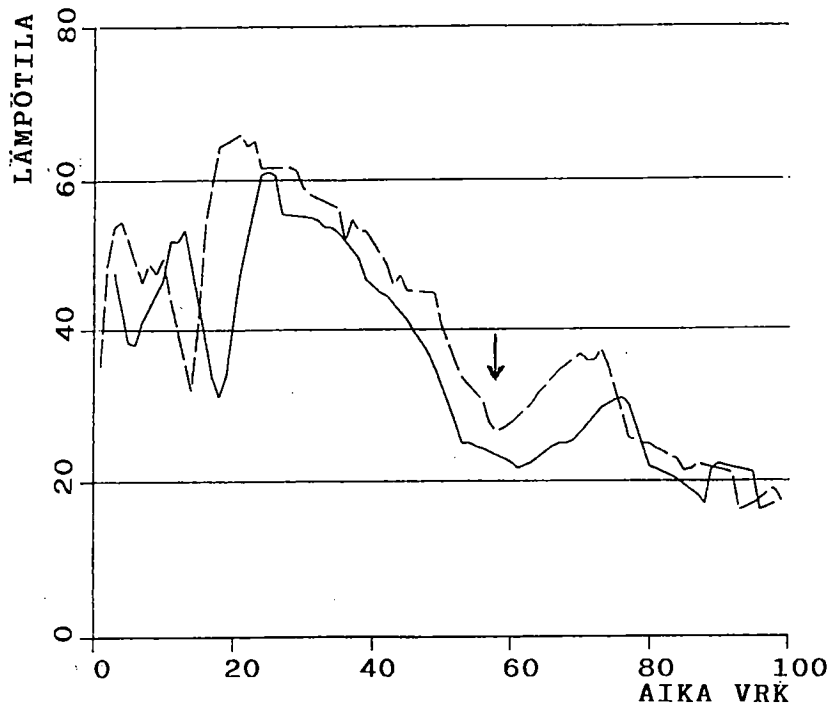
Kuva 1. Kompostien lämpötilat. Jokaisen kerranteen lämpötilat on piirretty omalla käyrällä. Kääntöjen ajankohdat on merkitty nuolella.



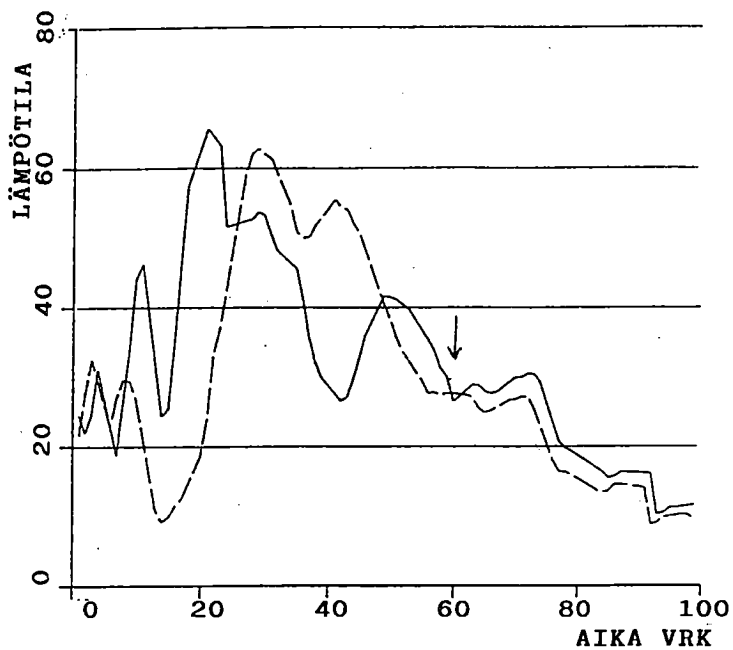
UREA1



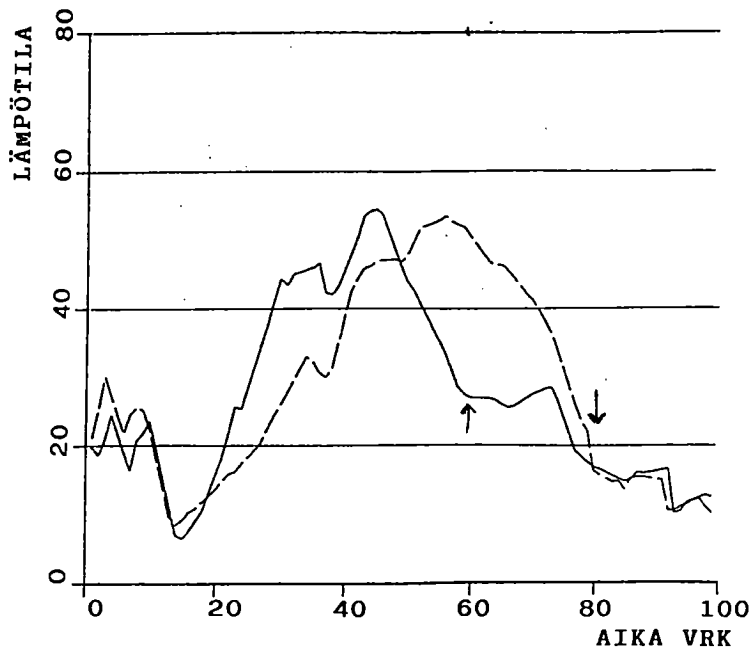
UREA2

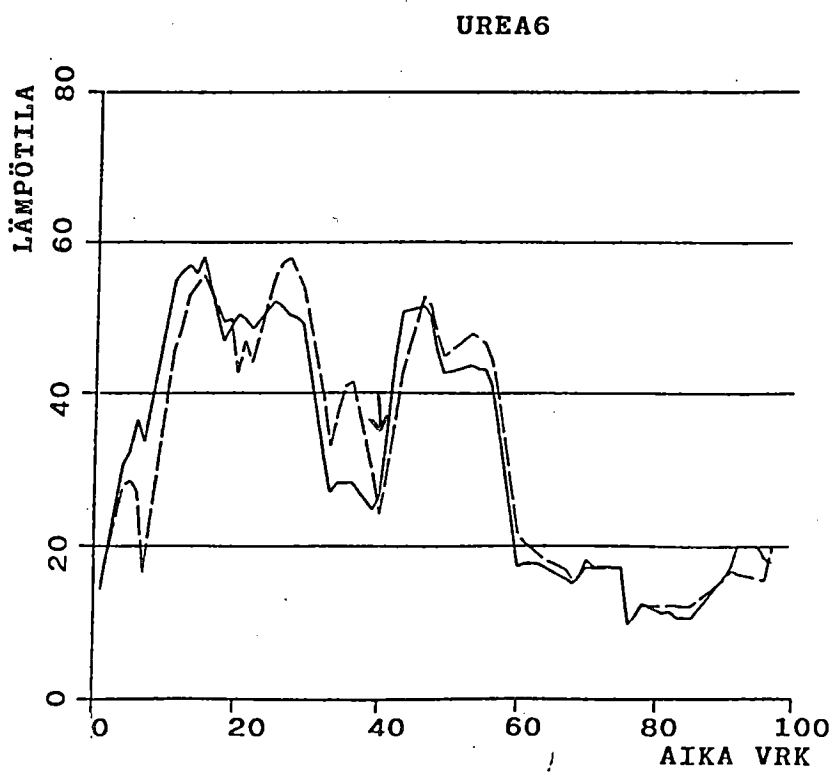
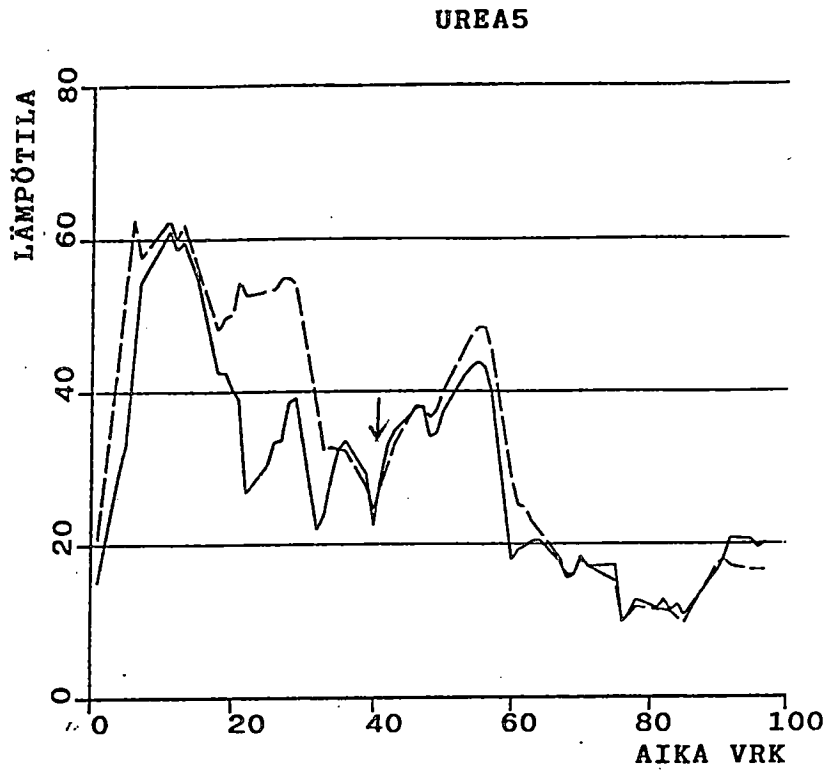


UREA3

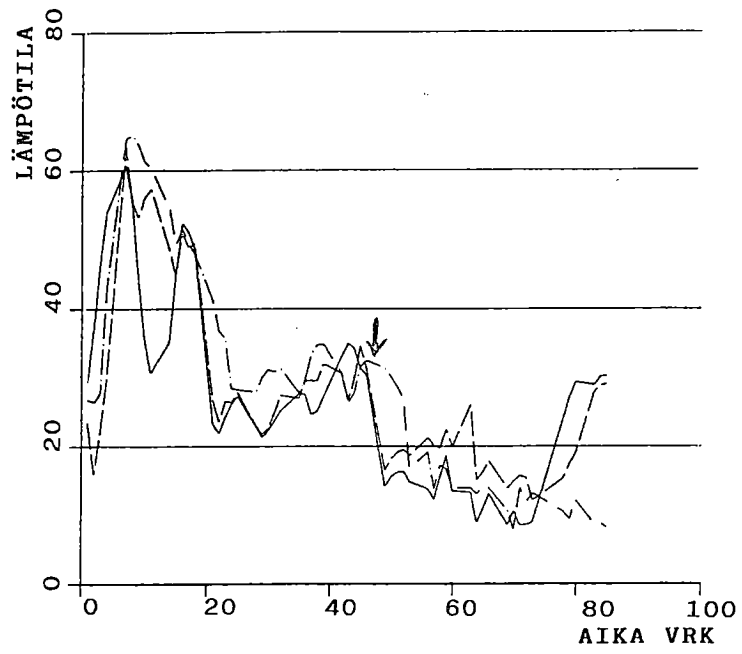


UREA4

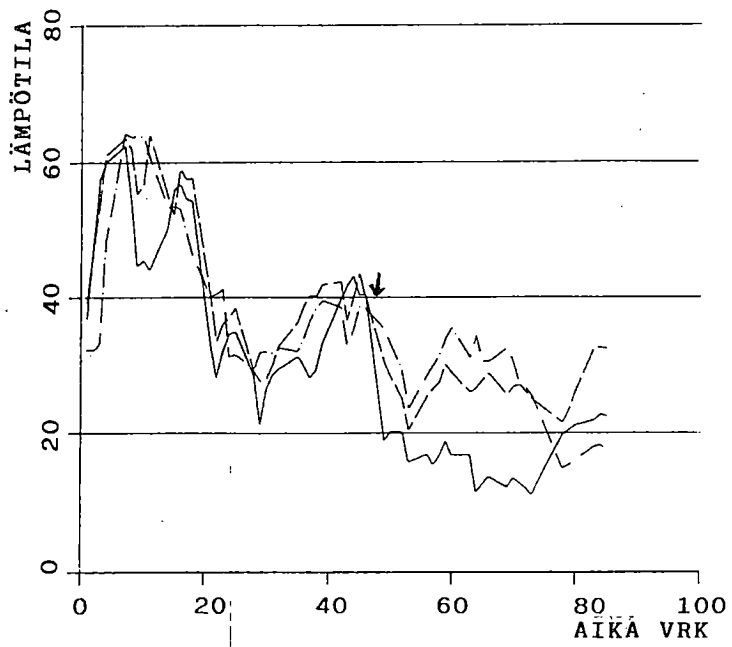




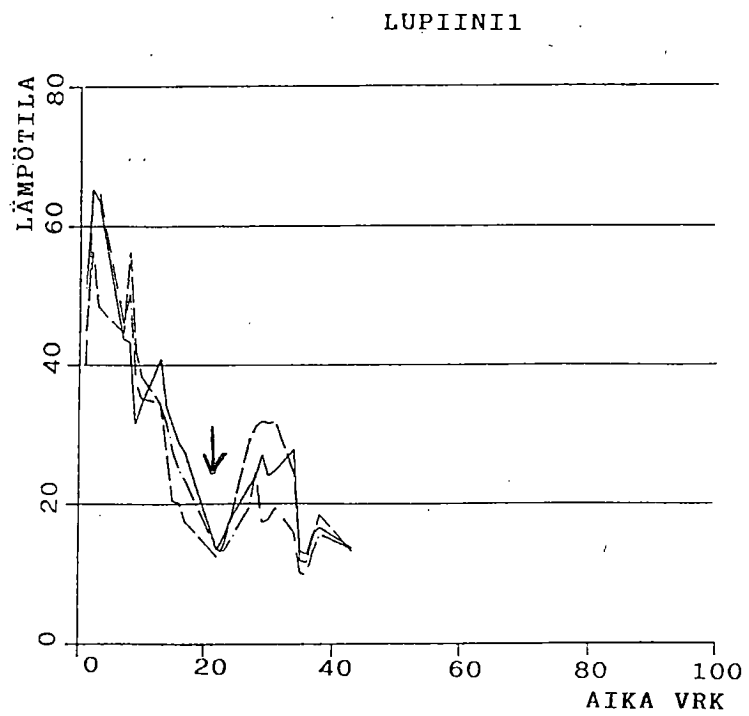
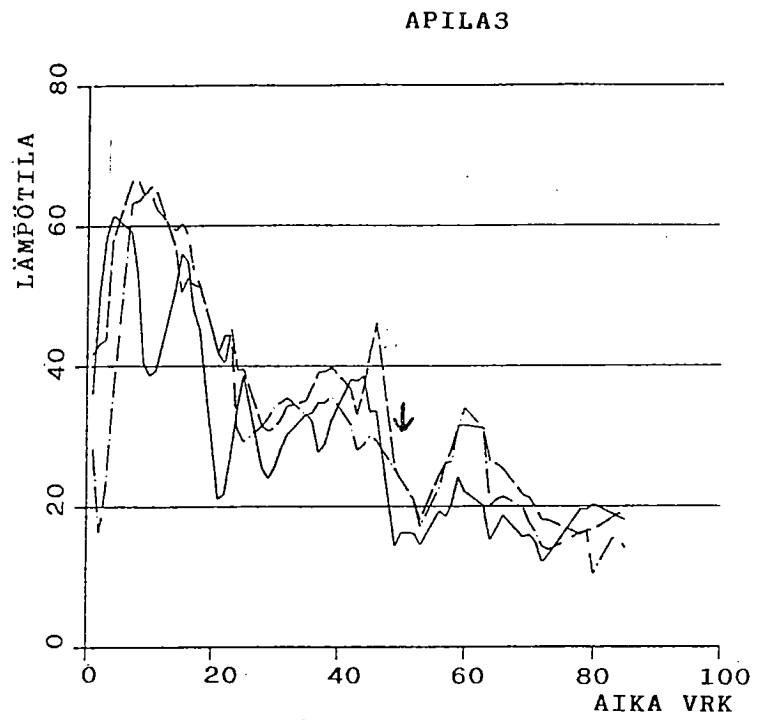
APILA 1



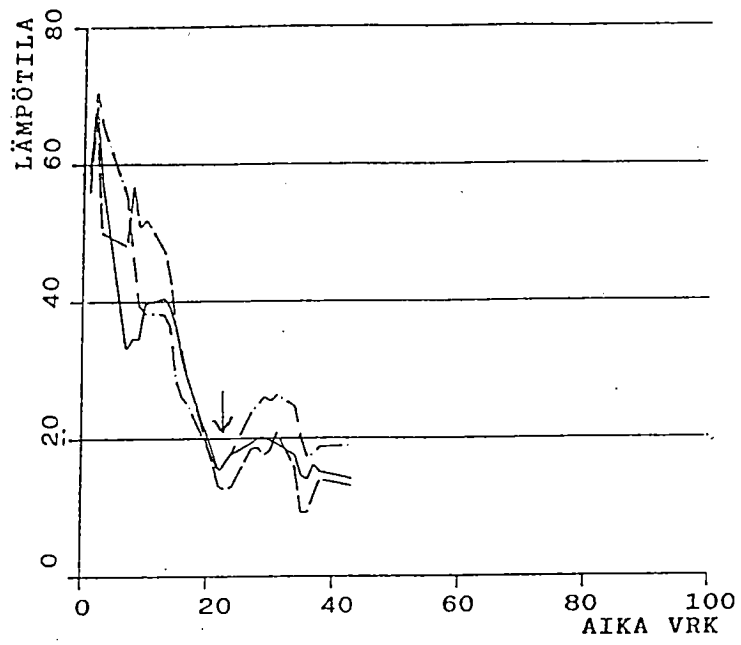
APILA2



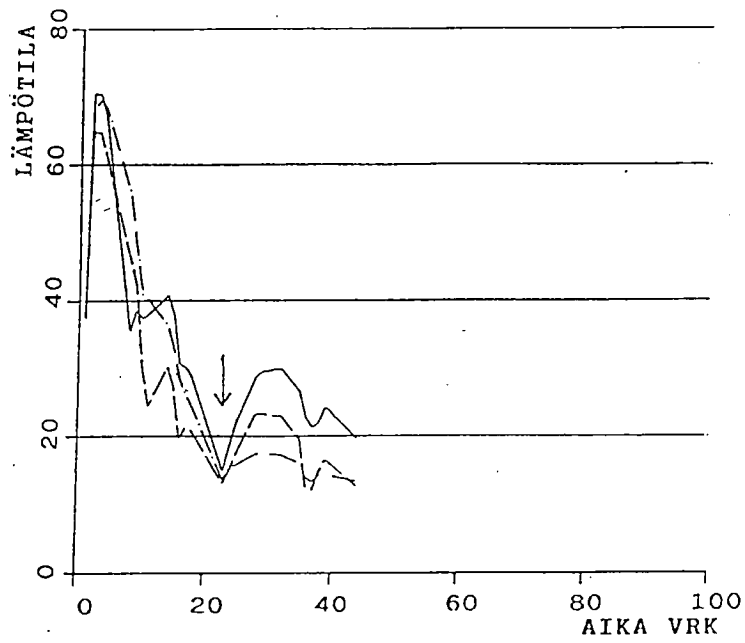
Kuva 1. (jatkuu)



LUPIINI2



LUPIINI3



3.2 KOSTEUS

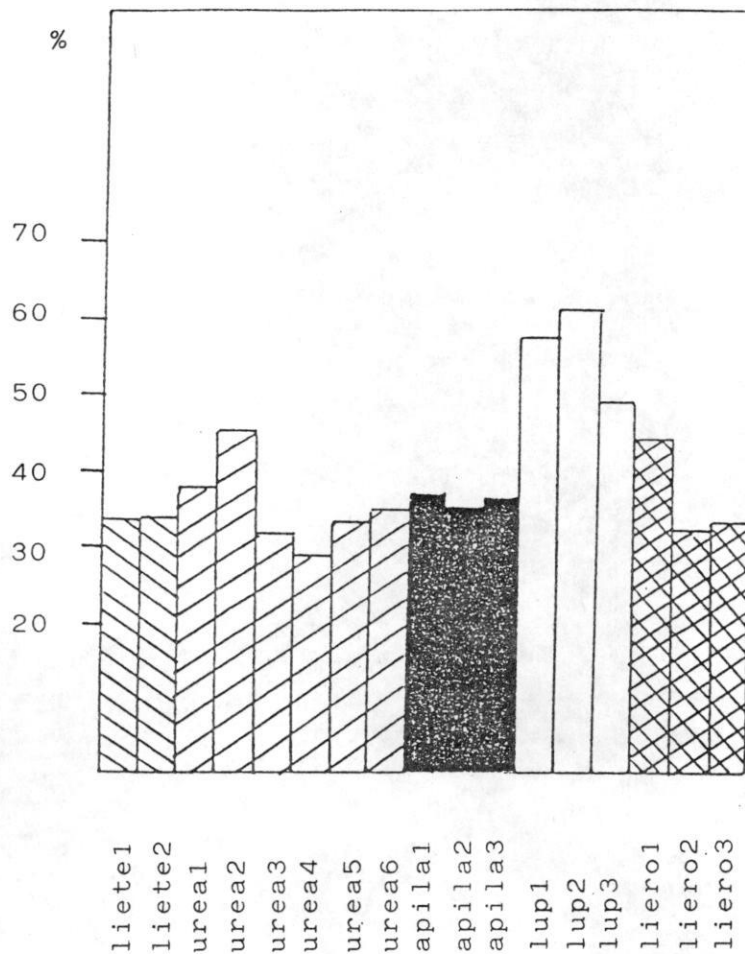
Kosteutta kompostoinnin alussa ei tarkalleen tiedetä, koska komposteihin lisättiin tekovaiheessa vettä eikä alunäytettä otettu koko massasta vaan kustakin lähtömateriaalista erikseen. Kompostien vesipitoisuus vaihteli 64 %:sta 91 %:iin koko kompostoinnin aikana (Taulukko 3). Yleensä kosteus las-
ki kääntämisen jälkeen, ja kompostit olivat kuivimmillaan loppunäytettä otettaessa. Apila- ja lupiinikompostit olivat lopussa märempiä kuin muut kompostit. Lierokompostit olivat lopussa tilastollisesti merkitsevästi kuivempia kuin apila-
kompostit.

Taulukko 3. Kompostien vesipitoisuudet (% tuorepainosta).

	I kääntö	II kääntö	syksy	loppu
liete1	75.7	78.0	76.4	66.6
liete2	76.3	76.0	77.4	63.6
urea1	88.1		80.5	73.8
urea2	84.7		79.1	70.9
urea3	87.1		85.3	77.7
urea4	89.3		86.3	78.1
urea5	64.0		77.1	79.9
urea6	70.1		68.0	68.0
apila1	87.7		81.9	83.5
apila2	91.0		86.3	84.2
apila3	89.3		84.9	81.7
lup1	84.2			82.9
lup2	84.0			82.5
lup3	85.1			83.2
liero1			82.0	74.9
liero2			86.7	78.0
liero3			89,4	77,4

3.3 KUIVA-AINEHÄVIÖT

Kuiva-ainetta oli jäljellä vuoden kuluttua kompostoinnin alkamisesta 28 - 45 % alkuperäisestä kuiva-aineen määrästä (Kuva2). Lupiinikomposteissa kuiva-ainetta oli jäljellä enemmän (49 - 61 %) lyhyemmän kompostoitumisajan vuoksi (noin 2 kuukautta syksyllä). Eniten kuiva-ainetta hävisi urea3- ja urea4-komposteista. Mikäli lupiinikompostit jätetään pois laskuista, tulee keskimääräiseksi kuiva-ainehäviöksi 64,7 %.



Kuva 2. Jäljelläolevan kuiva-aineen määrä prosentteina alkuperäisestä.

Taulukko 4. Kuiva-ainehäviöiden keskiarvot. Tilastollisesti merkitsevät erot ($p < .05$) on merkitty tähdellä.

	ka.	lup1	lup2
liete1	66.5	*	*
liete2	66.3	*	*
urea1	62.4		*
urea2	55.1		
urea3	68.8	*	*
urea4	71.7	*	*
urea5	67.1	*	*
urea6	65.2		*
apila1	62.9		*
apila2	65.1	*	*
apila3	63.6	*	*
lup1	42.3		
lup2	39.0		
lup3	51.2		
liero1	56.1		
liero2	68.0		
liero3	66.8		

Typen tason vaikutusta kuiva-aineen häviöön ei tässä ko-
keessa voida havaita. Kuiva-ainehäviöiden keskiarvot sekä
keskiarvojen parittaiset vertailut näkyvät taulukossa 4.

Liero1:n kuiva-ainehäviö jäi noin 7 % pienemmäksi kuin api-
lal:n kuiva-ainehäviö, kun taas liero2:n ja liero3:n kuiva-
ainehäviöt olivat 3 % suuremmat kuin vastaavien apilakompos-
tien. Tilastollisesti merkitsevää eroa ei apila- ja liero-
kompostien välillä kuitenkaan ollut.

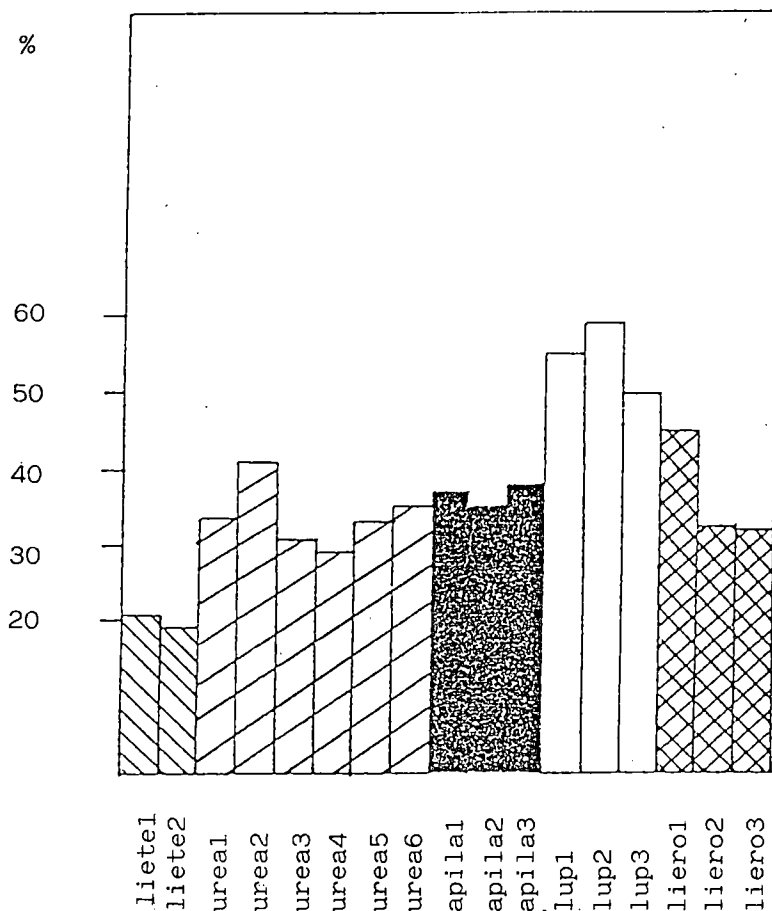
3.4 ORGAANISEN HIILEN HÄVIÖT

Orgaanista hiiltä oli jäljellä vuoden kuluttua kompostoinnin
alkamisesta 19 - 45 % (Kuva 3). Lupiinikomposteissa orgaanista
hiiltä oli jäljellä 50 - 59 %. Suurimmiksi orgaanisen hiilen
häviöt muodostuivat lietekomposteissa. Keskimääräiseksi or-
gaanisen hiilen häviöksi ilman lupiinikomposteja tulee
66.9 %. Myöskään orgaanisen hiilen häviöihin ei tämän tutki-
muksen mukaan typen tasolla tuntunut olevan vaikutusta. Hii-
lihäviöiden keskiarvot ja niiden väliset tilastolliset erot
näkyvät taulukossa 5.

Liero1:n orgaanisen hiilen häviö jäi noin 8 % pienemmäksi
kuin apilal:n orgaanisen hiilen häviö, mutta liero2:n orgaa-
nisen hiilen häviö oli 3 % ja liero3:n 6 % suurempi kuin
vastaavien apilakompostien orgaanisen hiilen häviöt. Tilas-
tollisesti merkitsevää eroa ei apila- ja lierokompostien vä-
lillä kuitenkaan ollut.

3.5 TYPPIHÄVIÖT JA KOKONAISTYPPI

Jäljellä olevan typen määrä kompostoinnin lopussa vaihteli
suuresti riippuen typen lähteestä (Kuva4). Eniten typpeä hä-
visi lietekomposteissa (20 -25 % alkuperäisestä typestä oli
jäljellä). Ureakomposteissa typpeä oli jäljellä 31 - 75 %
alkuperäisestä. Liete- ja ureakomposteissa typpihäviöt oli-
vat suurempia ylemmällä typen tasolla.



Kuva3. Jäljellä olevan orgaanisen hiilen määrät prosentteina alkuperäisestä.

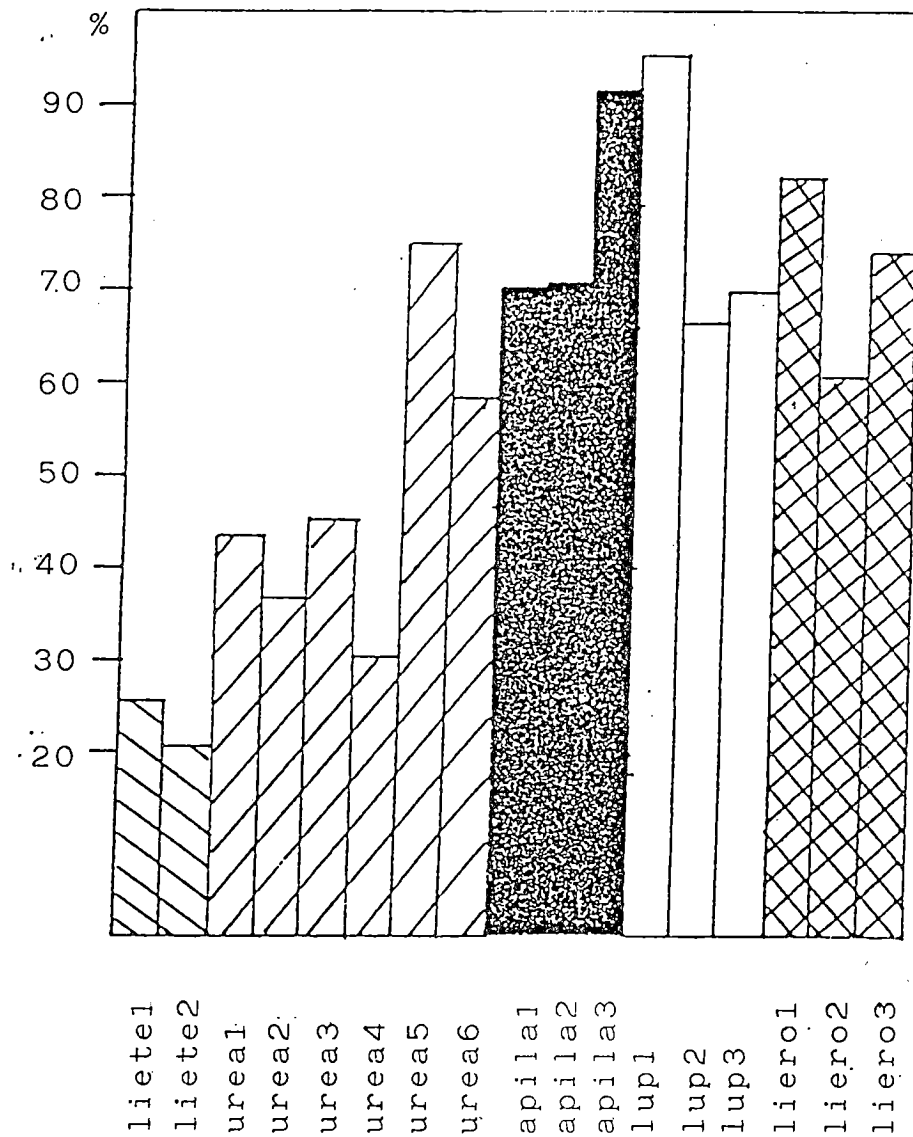
Taulukko 5. Orgaanisen hiilen häviöiden keskiarvot ja niiden väliset tilastolliset erot ($p < .05$).

	ka.	lup1	lup2	lup3
liete1	78.9	*	*	*
liete2	80.6	*	*	*
ureal	66.2			
urea2	58.9			
urea3	69.3			
urea4	70.7		*	
urea5	66.8			
urea6	64.6			
apila1	62.9			
apila2	64.7			
apila3	61.8			
lup1	45.1			
lup2	41.1			
lup3	50.5			
liero1	55.1			
liero2	67.5			
liero3	68.1			

Apilakomposteissa tilanne oli päinvastoin: typpihäviöt olivat sitä pienempiä mitä enemmän typenlähdettä lisättiin. Typpeä niissä oli lopussa jäljellä 71 - 92 %. Lupiini- ja lierokomposteissa ei typen tason vaikutusta typpihäviöihin voinut havaita. Yleisesti ottaen palkokasvikompostien typpihäviöt olivat selvästi pienempiä kuin urea- ja lietekompostien. Liero1:n typpihäviö oli pienempi kuin apila1:n, mutta liero2:n ja liero3:n häviöt olivat suurempia kuin vastaavien apilakompostien. Liero3:n ja apila3:n keskiarvojen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero (p.05).

Kompostien typpihäviöt ja niiden väliset tilastollisesti merkitsevät erot (p<.05) näkyvät taulukossa 6. Lierokomposteja ei kuitenkaan ole verrattu muihin kuin apilakomposteihin t-testillä. Typpihäviöt ovat jääneet alle 33 % komposteissa, joissa alkutyppipitoisuus on alle 1.42 % (apila- ja lupiini-kompostit sekä urea5).

Kompostien kokonaistyyppipitoisuudet kompostoinnin eri vaiheissa näkyvät taulukossa 7. Suurista typpihäviöistä huolimatta on typpipitoisuus useimmissa komposteissa suurempi lopussa kuin alkutilanteessa ja siten kompostin arvo lannoitteena on kasvanut. Toisaalta taas alussa typpipitoisten lietekompostien typpipitoisuudet taantuivat niin, että ne lopussa olivat lupiinikompostien tasolla. Loppuvaiheen typpipitoisuuksien väliset tilastolliset erot näkyvät taulukossa 8.



Kuva 4. Jäljellä olevan typen määrä prosentteina alkuperäisestä.

Taulukko 6. Typpihäviöiden keskiarvot. Tilastollisesti merkitsevät erot on merkitty tähdellä ($p < .05$).

	ka.	liete1	liete2	urea1	urea2	urea3	urea4
liete1	74.6						
liete2	79.5						
urea1	56.5						
urea2	63.2						
urea3	54.5						
urea4	69.3						
urea5	25.0	*	*				
urea6	41.4						
apila1	29.2	*	*				
apila2	28.6	*	*				
apila3	8.0	*	*		*		*
lup1	4.5	*	*	*	*	*	*
lup2	33.3		*				
lup3	29.9	*	*				
liero1	17.5						
liero2	38.8						
liero3	25.5						

Taulukko 7. Kokonaistyyppipitoisuudet prosentteina kuiva-aineesta kompostoinnin aikana.

	alku	I kääntö	II kääntö	syksy	loppu
liete1	2.10	1.78	1.46	1.48	1.59
liete2	2.32	1.94	1.62	1.53	1.41
urea1	2.16	2.61		2.76	2.49
urea2	3.12	2.21		2.74	2.56
urea3	1.86	2.73		2.78	2.73
urea4	3.03	2.68		2.69	3.25
urea5	1.42	1.68		2.34	3.24
urea6	2.15	2.24		2.08	3.59
apila1	0.90	1.75		1.66	1.69
apila2	1.14	2.86		2.27	2.35
apila3	1.32	3.58		2.71	3.34
lup1	0.80	1.20			1.33
lup2	0.96	1.26			1.06
lup3	1.08	1.49			1.59
liero1	0.90			1.69	1.66
liero2	1.14			2.06	2.19
liero3	1.32			2.96	2.94

Taulukko 8. Loppuvaiheen typpipitoisuuksien väliset tilastollisesti merkitsevät erot ($p < .05$).

	liete1	liete2	apila1	lup1	lup2	lup3
urea1					*	
urea2					*	
urea3		*		*	*	
urea4	*	*	*	*	*	*
urea5	*	*	*	*	*	*
urea6	*	*	*	*	*	*
apila2					*	
apila3	*	*	*	*	*	*

3.6 C:N -SUHDE

C:N -suhteet näkyvät taulukossa 9. Korkeiden typpipitoisuuksien vuoksi C:N -suhteet olivat alhaisia jo kompostoinnin alussa lietekomposteissa ja useimmissa ureakomposteissa. Näissä ei C:N -suhde juuri laskenutkaan kompostoinnin kuluessa. Apila- ja lierokomposteissa vain korkeimman typpilisän saaneiden kompostien C:N -suhteet laskivat alle 15. Lupiinikomposteissa C:N -suhteet jäivät lopussa yli 20. Syksyn näytteenotossa urea2:n C:N oli tilastollisesti merkitsevästi ($p < .05$) pienempi kuin urea6:n, apila1:n ja apila2:n C:N -suhteet. Loppunäytteessä lup2:n C:N oli tilastollisesti merkitsevästi ($p < .05$) suurempi kuin lietekompostien, urea6:n ja apila3:n C:N -suhteet. Muiden keskiarvojen välillä ei ollut tilastollisia eroja.

Taulukko 9. Kompostien C:N -suhteet maatumisen aikana

	alku	I kääntö	II kääntö	syksy	loppu
liete1	15.1	14.8	13.7	14.5	12.6
liete2	13.4	13.7	13.0	14.5	12.6
urea1	19.4	13.5		14.0	15.3
urea2	12.7	13.0		11.9	14.1
urea3	23.0	14.9		15.2	15.5
urea4	13.2	15.0		15.6	13.8
urea5	31.4	26.5		18.4	14.1
urea6	20.4	19.7		20.9	12.5
apila1	50.3	26.4		26.8	26.9
apila2	39.6	15.1		19.8	19.5
apila3	34.1	12.0		16.2	13.7
lup1	51.8	39.1			29.7
lup2	42.5	25.3			40.9
lup3	37.3	26.9			26.2
liero1	50.3			26.1	28.0
liero2	39.6			21.4	20.9
liero3	34.1			15.3	14.7

3.7 AMMONIUM-, NITRAATTI- JA NITRIITTITYYPPI

Ammoniumtyypen määrät olivat korkeita jo lähtöaineissa muissa paitsi urea3- ja urea4-komposteissa (Taulukko 10). Lähtötä-
sosta NH_4^+ -pitoisuudet laskivat kääntämisten yhteydessä ja
syksyllä otetuissa näytteissä. Talven aikana olivat ammonium-
pitoisuudet useissa komposteissa kasvaneet. Ammoniumpitoisuu-
det olivat yleensä korkeampia komposteissa, joihin oli lisät-
ty enemmän typenlähdeä. Ensimmäisessä käännössä lietekom-
postien NH_4^+ -pitoisuudet olivat tilastollisesti merkitsevä-
sti suurempia kuin muiden kompostien, mutta syksyyn mennessä
kompostien väliset erot tasoittuivat niin ettei keskiarvojen
välillä ollut enää tilastollisia eroja syksyllä eikä loppu-
näytteessä.

Myös nitraattityypen määrät olivat korkeita jo lähtöaineissa
muissa paitsi urea3- ja urea4-komposteissa (Taulukko 11).
Käännön yhteydessä pitoisuudet olivat vielä alhaisia, mutta
urea1-, urea2-, urea3-, ja urea4-komposteissa pitoisuudet
olivat jo korkeampia kuin muissa ja syksyn näytteenotossa ero
näkyi jo selvästi.

Tilastollisesti merkitseviä eroja syntyi syksyn näytteenotossa seuraavan taulukon mukaisesti:

	urea1	urea2
liete1	*	*
liete2	*	*
urea4		*
urea5	*	*
urea6		*
apila1	*	*
apila2	*	*
apila3	*	*

Talven aikana olivat urea6-, apila3- ja liero3-kompostien NO_3^- -pitoisuudet nousseet korkeiksi. Myös nitraattityypen pitoisuudet olivat korkeampia komposteissa, joihin oli lisätty enemmän typenlähdettä.

Nitriittityypenkin pitoisuudet lähtöaineissa olivat korkeat muissa paitsi urea3- ja urea4-komposteissa (Taulukko 12). Syksyllä ja loppunäytteissä suurimmat pitoisuudet olivat apila- ja lierokomposteissa sekä urea5:ssä ja urea6:ssa. Tilastollisia eroja ei keskiarvojen välillä ollut.

Taulukko 10. Ammoniumtyypen määrät kompostoinnin aikana mg/kg (k.p.).

	alku	I kääntö	II kääntö	syksy	loppu
liete1	1428.14	607.52	8.70	7.67	77.64
liete2	1444.56	847.76	114.87	36.08	132.08
urea1	227.91	25.38		84.76	43.30
urea2	242.40	76.23		84.89	50.35
urea3	6.02	19.63		24.54	17.59
urea4	5.62	61.60		40.62	39.21
urea5	1215.19	210.45		10.68	54.55
urea6	1218.07	239.12		61.49	35.57
apila1	232.75	1.13		2.05	9.66
apila2	170.36	2.52		4.03	12.50
apila3	140.69	4.86		6.51	14.26
lup1	194.78	1.09			11.01
lup2	127.30	1.00			9.86
lup3	97.30	2.49			9.32
liero1	232.75			2.56	15.61
liero2	170.36			3.58	15.11
liero3	140.69			6.05	30.40

Taulukko 11. Nitraattityypen määrät kompostoinnin aikana
mg/kg (k.p.).

	alku	I kääntö	II kääntö	syksy	loppu
liete1	82.89	0.01	0.06	0.03	4.05
liete2	45.63	0.03	0.12	0.09	15.90
urea1	295.54	1.31		47.08	58.67
urea2	314.34	5.42		70.37	39.11
urea3	0.02	0.60		27.06	42.98
urea4	0.04	5.01		16.73	55.20
urea5	549.32	1.11		0.20	2.48
urea6	550.62	0.00		5.76	37.52
apila1	204.07	0.00		0.28	0.36
apila2	131.00	0.04		0.26	2.87
apila3	98.84	0.09		0.30	19.83
lup1	207.80	0.02			0.24
lup2	134.91	0.02			0.36
lup3	102.60	0.01			0.03
liero1	204.07			0.22	1.45
liero2	131.00			0.42	0.69
liero3	98.84			0.12	45.88

Taulukko 12. Nitriittityypen määrät kompostoinnin aikana
mg/kg (k.p.).

	alku	I kääntö	II kääntö	syksy	loppu
liete1	72.08	0.00	0.03	0.00	0.00
liete2	39.68	0.02	0.08	0.00	0.00
urea1	256.99	0.39		0.01	0.02
urea2	273.34	0.48		0.03	0.00
urea3	0.00	0.01		0.00	0.00
urea4	0.00	3.82		0.05	0.02
urea5	735.28	0.00		0.23	0.55
urea6	755.06	0.03		1.84	2.11
apila1	233.40	0.07		0.36	0.32
apila2	169.81	0.09		0.25	0.30
apila3	139.70	0.06		0.29	0.21
lup1	241.28	0.02			0.24
lup2	178.85	0.03			0.42
lup3	149.11	0.02			0.05
liero1	233.40			0.20	1.31
liero2	169.81			0.33	0.75
liero3	139.70			0.02	8.99

3.8 pH

Alkutilanteen pH ei ole tiedossa, koska näytteet otettiin lähtöaineista erikseen ja lisäksi ureakomposteihin lisättiin dolomiittikalkkia ja superfosfaattia, jotka kumpikin vaikuttavat happamuuteen.

Liete- ja ureakomposteissa pH pysyi neutraalin alapuolella ensimmäisestä käännöstä loppuun saakka (Taulukko 13). Palkokasveja sisältävissä komposteissa taas pH pysyi yli 7 ja jopa yli 8 vielä vuoden kuluttua kompostoinnin alkamisesta. Apila- ja lupiinikomposteissa pH oli ensimmäisessä käännössä tilastollisesti merkitsevästi ($p < .05$) suurempi kuin liete- ja ureakomposteissa. Sama suuntaus on vielä loppuvaiheessa-kin. Loppuvaiheen pH-arvojen parittaiset vertailut näkyvät taulukossa 14.

Lietekomposteissa komposti oli yleensä happamampi suuremmalla typpilisällä. Ureakomposteissa pH vaihteli, eikä selvää typpilisän vaikutuksen suuntaa voida nähdä. Apila-, lupiini- ja lierokomposteissa suurimmat pH-arvot olivat yleensä suurimman typpilisän saaneissa komposteissa.

Taulukko 13 Kompostien pH-arvot maatumisen aikana

	I kääntö	II kääntö	syksy	loppu
liete1	6.55	5.98	6.52	6.35
liete2	6.82	5.87	6.48	6.10
urea1	6.38		5.78	6.33
urea2	6.38		5.83	6.15
urea3	6.28		5.88	6.10
urea4	5.93		6.03	6.23
urea5	6.03		6.60	6.70
urea6	5.98		7.68	7.52
apila1	7.98		7.68	7.52
apila2	8.00		8.08	7.42
apila3	8.27		8.05	8.02
lup1	7.94			7.88
lup2	8.62			8.25
lup3	8.73			7.72
liero1			8.25	7.80
liero2			8.15	7.95
liero3			7.50	8.30

Taulukko 14. Tilastollisesti merkitsevät erot loppuvaiheen pH-arvoissa ($p < .05$).

	apila 1	apila3	lup1	lup2	lup3
liete1		*	*	*	*
liete2	*	*	*	*	*
urea1		*	*	*	
urea2		*	*	*	*
urea3		*	*	*	*
urea4		*	*	*	
urea5				*	
urea6				*	

3.9 JOHTOLUKU

Johtoluvun arvoja kompostoinnin alussa ei mainittu. Kääntöjen, syksyn ja loppunäytteen johtoluvut näkyvät taulukossa 15. Johtoluvun arvot laskivat maatumisen aikana, mutta jäivät useimmissa komposteissa korkeiksi. Matalimmat arvot ovat lietekomposteissa ja korkeimmat apila- ja lierokomposteissa. Eri typen tasoilla johtoluvun arvot vaihtelivat, eikä typpilisän vaikutuksen suuntaa voida nähdä. Tilastollisesti merkitsevästi toisistaan poikkeavia keskiarvoja oli ensimmäisessä käännössä apila3:n ja lietekompostien keskiarvot ja syksyn näytteissä urea3:n ja lietekompostien sekä apila3:n ja lietekompostien keskiarvot. Muiden keskiarvojen välillä ei eroja ollut.

Taulukko 15. Johtoluvun arvot kompostoinnin aikana
10 x mmho/cm.

	I kääntö	II kääntö	syksy	loppu
liete1	13.1	17.4	11.6	9.4
liete2	13.2	16.8	10.9	8.9
urea1	46.2		45.6	15.5
urea2	50.1		61.3	12.0
urea3	42.0		73.7	16.6
urea4	55.7		54.3	23.4
urea5	25.9		51.1	27.4
urea6	41.6		31.5	37.5
apila1	37.8		26.9	18.7
apila2	70.2		46.6	30.3
apila3	84.7		62.5	33.3
lup1	23.8			21.4
lup2	25.1			22.2
lup3	41.2			16.1
liero1			32.1	33.7
liero2			28.5	39.8
liero3			39.6	31.9

3.10 HEHKUTUSHÄVIÖ

Hehikutushäviö ilmoittaa orgaanisen aineen määrän näytteessä. Orgaanisen aineen osuus ja samalla hehikutushäviön arvo pieneni kompostoinnin kuluessa (Taulukko 16). Tuloksissa näkyvät hyppäykset edestakaisin johtuvat todennäköisesti näytteenotossa tapahtuneista virheistä. Korkeammalla typen tasolla hehikutushäviön arvo oli yleensä pienempi. Lietekomposteissa hehikutushäviön arvo oli jo alussa pienempi kuin muiden kompostien lietteen suuremman tuhkapitoisuuden vuoksi. Tilastollisesti merkitsevästi lietekompostien keskiarvot poikkesivat ensimmäisessä käänössä apilal:stä, syksyllä kaikista muista paitsi urea2:sta ja lopussa kaikista muista paitsi ureal:stä ja urea2:sta. Apila- ja lierokomposteissa ainoastaan suurimman apilamäärän saaneissa komposteissa hehikutushäviö laski alkutilanteesta.

Taulukko 16. Hehikutushäviön arvot kompostoinnin aikana.

	alku	I kääntö	II kääntö	syksy	loppu
liete1	68.5	53.0	40.8	42.6	41.8
liete2	64.3	53.1	43.7	45.1	41.6
urea1	95.0	65.7		75.0	72.6
urea2	95.0	54.0		61.7	69.9
urea3	95.5	78.3		81.5	82.6
urea4	96.7	78.2		79.1	82.2
urea5	95.7	90.8		87.0	87.1
urea6	95.7	90.5		86.6	84.5
apila1	92.1	93.5		93.6	92.8
apila2	91.0	88.8		90.8	91.3
apila3	90.4	87.1		89.3	88.1
lup1	89.9	89.6			80.6
lup2	87.9	73.7			80.3
lup3	86.8	75.4			82.8
liero1	92.1			92.3	93.0
liero2	91.0			91.7	91.3
liero3	90.4			87.9	88.8

3.11 KASVINRAVINTEET

Kompostien ravinnepitoisuudet näkyvät taulukossa 17. Typpi-
pitoisuudet olivat korkeimmat ureakomposteissa sekä apila-
ja lierokomposteissa kahdella ylimmällä typen tasolla. Typpi-
pitoisuuksien väliset tilastolliset erot ovat samat kuin
kokonais typellä taulukossa 8 sivulla 21.

Korkeimmat fosforipitoisuudet olivat lietekomposteissa.
Ureakompostitkaan eivät yltäneet samoihin pitoisuuksiin,
vaikka niihin lisättiin superfosfaattia. Pienimmät fosfori-
pitoisuudet olivat palkokasveja sisältävissä komposteissa.
Lietekompostien keskiarvot poikkesivat tilastollisesti mer-
kitsevästi ($p < .05$) muiden kompostien keskiarvoista.

Kompostoinnin aikana tapahtuneet fosforitappiot olivat lie-
tekomposteissa noin 70 %, urea- ja palkokasvikomposteissa
noin 40 %. Tarkkoja lukuja on vaikea sanoa, koska joissakin
komposteissa ilmeisesti epätasaisen näytteenoton vuoksi
absoluuttinen fosforin määrä oli lisääntynyt (näiden kompos-
tien arvoja ei tietenkään otettu huomioon tappioita las-
kettaessa).

Kaliumpitoisuudet olivat korkeimmat apila-, lupiini- ja
lierokomposteissa ja alhaisimmat ureakomposteissa. Tilastol-
lisesti merkitseviä eroja syntyi seuraavan taulukon mukai-
sesti.

	urea2	urea3	urea4
apila1		*	*
apila2	*	*	*

Kaliuntappiot olivat lietekomposteissa noin 40 %, ureakom-
posteissa 53 - 78 % ja palkokasvikomposteissa 30 - 62 %.

Kalsiumpitoisuudet olivat korkeimmat ureakomposteissa toden-
näköisesti kalkkilisäyksen vuoksi. Erot eivät kuitenkaan ol-
leet tilastollisesti merkitseviä.

Mangnesiumpitoisuudet ovat korkeimmat ureakomposteissa. Koska oljessa magnesiumia on hyvin vähän, on magnesiumin täytynyt tulla komposteihin superfosfaatista, jossa sitä on 0.2 % (Pessi 1970) ja dolomiittikalkista, jossa sitä on 7 %. Lupiinin mangnesiumpitoisuus on noin 0.39 % ja apilan 0.46 %; sen vuoksi palkokasvikompostien alhaisimmat mangnesiumpitoisuudet verrattuna ureakomposteihin tuntuvat yllättäviltä. Tilastollisesti merkitseviä eroja keskiarvojen välillä ei ole.

Kupari- ja sinkkipitoisuudet olivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < .05$) suurimmat lietekomposteissa. Muissa komposteissa pitoisuudet jäivät vähäisiksi.

Mangaanipitoisuudet olivat korkeimmat lupiinikomposteissa ja alhaisimmat apilakomposteissa. Erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 17. Kompostien ravinnepitoisuudet lopussa (totaali mg/g k.a.).

	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn
liete1	15.9	20.50	10.92	6.35	3.06	0.252	0.310	0.310
liete2	14.1	18.20	10.25	6.07	2.76	0.230	0.281	0.289
urea1	25.0	4.65	9.21	26.02	9.25	0.013	0.056	0.153
urea2	25.6	8.37	8.01	26.23	5.04	0.014	0.060	0.183
urea3	27.2	6.89	6.43	28.64	8.67	0.013	0.043	0.089
urea4	32.6	6.28	7.30	28.21	8.83	0.017	0.044	0.106
urea5	32.5	5.49	14.72	24.42	5.35	0.012	0.050	0.185
urea6	35.9	7.12	17.20	25.53	4.51	0.014	0.064	0.276
apila1	17.0	1.57	20.74	6.67	1.78	0.008	0.027	0.090
apila2	23.4	1.98	25.97	9.94	2.33	0.010	0.040	0.099
apila3	33.4	3.78	25.06	19.32	4.81	0.015	0.056	0.144
lup1	13.3	2.72	21.32	9.66	3.17	0.013	0.057	0.435
lup2	10.6	2.36	21.49	7.77	2.97	0.013	0.023	0.383
lup3	15.8	2.45	14.82	8.56	2.57	0.014	0.056	0.407
liero1	16.8	1.39	25.39	7.82	2.06	0.006	0.025	0.075
liero2	21.7	2.46	29.32	12.17	3.17	0.010	0.035	0.083
liero3	29.5	2.98	31.58	14.02	4.27	0.013	0.042	0.100

3.12 KYPSYYSTESTIT

Niin sanotut kypsyystestit tehtiin sekä syksyllä että kompostoinnin lopussa otetuista näytteistä. Lupiinikompostit jätettiin kuitenkin testaamatta syksyllä. Suoritettu kypsyystesti perustuu Jannin ym. (1959) kehittämään menetelmään, jonka perusideana on, että riittävän kypsä materiaali säilyttää pH:n alkaalisena, kun sitä pidetään 24 tuntia 55°C:ssa hapettomassa tilassa. Jannin ym. (1959) tutkimuksessa materiaalin pH oli yli 8. Koska tässä tutkimuksessa liete- ja ureakompostien pH oli neutraalin alapuolella katsottiin, että komposti on kypsää, jos sen pH ei muuttunut yli 0,5 pH-yksikköä testin aikana. Taulukossa 18 näkyvät pH-arvot testin aikana. Alle puolen pH-yksikön muutokset olivat syksyllä liete-, urea4-, urea5-, urea6- ja lierokomposteissa.

Seuraavana kesänä yhtä pieniä pH-muutokset olivat liete-, urea1-, urea2-, urea5-, urea6-, apila3-, liero3- sekä lup1-komposteissa. Testin aikana pH laski komposteissa, joiden pH alunperin oli alkaalinen ja nousi komposteissa, joiden pH oli neutraalin alapuolella.

Taulukko 18. Kypsyystestien tulokset syksyllä ja kompostoinnin loputtua.

	syksyllä alku-pH	syksyllä loppu-pH	lopussa alku-pH	lopussa loppu-pH
liete1	6.75	6.72	6.59	6.64
liete2	6.78	6.95	5.99	6.40
urea1	6.42	6.95	6.19	6.60
urea2	6.25	7.27	6.29	6.73
urea3	6.19	6.77	5.85	6.83
urea4	6.54	6.59	5.69	6.57
urea5	7.39	7.47	7.83	6.56
urea6	7.41	7.45	6.99	7.13
apila1	8.35	7.37	8.04	7.43
apila2	8.42	7.38	8.48	7.78
apila3	8.29	7.38	8.18	7.97
lup1			8.23	8.05
lup2			8.30	7.77
lup3			8.25	7.45
liero1	8.29	7.85	7.72	7.22
liero2	7.95	7.85	8.31	7.53
liero3	8.29	7.82	8.53	8.14

3.13 LIEROKOMPOSTIT

Lierokomposteihin lisättiin tunkiolieroja (Eisenia fetida Sav.) 25.7.1984 kuhunkin 900 kpl kompostien lämpötilan laskettua alle 30°C. Syksyn näytteenoton yhteydessä (17.9.1984) laskettiin komposteissa olevat lierot. tuloksena oli, että liero1:ssä oli 250 tunkiolieroa,
liero2:ssa oli 638 tunkiolieroa ja
liero3:ssa oli 1225 tunkiolieroa.

Seuraavan kesän näytteenotossa lieroja ei enää näkynyt.

Itse komposteista voitiin syksyllä silmämääräisesti havaita, että kompostit eivät näyttäneet kypsiltä, eivätkä ne olleet painuneet kasaan yhtä paljon kuin tavalliset apilakompostit, vaan ne olivat jääneet noin kaksi kertaa korkeammiksi kuin vastaavat apilakompostit.

Loppuvaiheen analyysituloksissa oli tilastollisesti merkitseviä eroja apila- ja lierokompostien välillä kosteuspitoisuudessa, typpihäviössä, nitraatti- ja nitriittipitoisuudessa. Lierokompostit olivat apilakomposteja kuivempia, typpihäviö oli ylimmällä typen tasolla suurempi, nitraattityppeä oli liero1:ssä enemmän kuin apila1:ssä ja nitriittityppeä oli liero1:ssä ja liero3:ssa enemmän kuin vastaavissa apilakomposteissa.

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 LÄMPÖTILA

Kompostien lämpötilamittaukset antavat luotettavan kuvan kompostoitumisen edistymisestä. Lämpötilasta riippuu, mitkä hajottajaeliöt pystyvät toimimaan ja miten pitkän ajan. Siten lämpötila on tärkein eloperäisen aineen hajoamisnopeuden ja syntyneen tuotteen laatuun vaikuttava tekijä. Esimerkiksi selluloosa hajoaa hitaammin korkeissa lämpötiloissa ja oljen hajotukselle 35°C näytti olevan suotuisin, kun taas humusta muodostui eniten 50°C:ssa (Kaila 1952b).

Tässä kokeessa komposteissa havaittiin kaksi lämpötilahuippua ennen kompostien ilmastusta. Jälkimmäinen lämpötilahuippu johtuu termofiilisten sienten nopeasta lisääntymisestä niiden alkaessa hajottaa selluloosaa ja hemiselluloosaa (Yung Chang & Hudson 1967, Yung Chang 1967).

Kompostien kääntämisen jälkeinen lämpötilan nousu osoittaa, että helposti hajoavaa ainesta oli vielä jäljellä. Se voi olla myös merkki kompostien märkyydestä, tiivistymisestä tai kuivuudesta. Liete2-kompostit olivat ensimmäisen kerran käännettäessä märkiä ja tiiviitä ja niissä oli vielä voimakas lietteen haju, kun taas liete1-kompostit olivat hajuttomia. Liete2:n lämpötilat nousivatkin kääntämisen jälkeen samalle tasolle kuin kompostoinnin alussa. Liete2:ssa saattoi olla liian paljon jätelietettä (puolet kompostin tilavuudesta), mikä todennäköisesti on hidastanut hajotusta. Urea5 ja urea6 olivat käännettäessä liian kuivia. Kastelusta huolimatta ne olivat puolivälin alapuolelta täysin kuivia ja oljet hajomattomia. Kun kompostit käännettiin pääsivät alapuolella olleet oljet kastumaan ja hajoitus alkoi uudelleen vilkkaana.

Lämpötilat nousivat hitaammin ja jäivät alhaisemmiksi liete2- kuin liete1-komposteissa. Samanlaisia tuloksia on saanut Kempainen (1979) jäteliete-kuorirouhekomposteissa. Suuri lietemäärä tekee kompostit märiksi ja tiiviiksi ja niissä on voinut olla paikoitellen hapen puutetta. Ureakomposteissa, joihin lisättiin enemmän typpeä, lämpötilat nousivat myös hitaammin ja jäivät alhaisemmiksi kuin pienemmän typpilisän saaneissa komposteissa. Rinteen ja Sippolan (1984a) mukaan tällaiset lämpötilamuutokset saattavat johtua siitä, että urean hajotessa syntyvä ammoniakki ja sen myötä tapahtuvat äkilliset pH:n vaihtelut hidastavat pieneliötoimintaa kompostoinnin alkuvaiheessa. Urea3- ja urea4-komposteissa lämpötilan kohoaminen termofiiliselle lämpötila-alueelle viivästyi jopa useita viikkoja. Tämä voi johtua siitä, että jo osittain maatumut olki oli märkää ja tiivistä ja siinä on voinut olla vähemmän helposti hajoavaa ainesta. Myös jäteliete-kuorirouhekomposteissa on havaittu eroja lämpötilakäyrissä riippuen kuorirouheen maatumisasteesta (Kempainen 1979). Lämpötilan kohoamista on voinut lisäksi hidastaa urea3- ja urea4-komposteissa kesäkuun alkupäivien kylmyys.

Tässä kokeessa komposteissa havaittiin kaksi lämpötilahuippua ennen kompostien ilmastusta. Jälkimmäinen lämpötilahuippu johtuu termofiilisten sienten nopeasta lisääntymisestä niiden alkaessa hajottaa selluloosaa ja hemiselluloosaa (Yung, Chang & Hudson 1967, Yung Chang 1967).

Kompostien kääntämisen jälkeinen lämpötilan nousu osoittaa, että helposti hajoavaa ainesta oli vielä jäljellä. Se voi olla myös merkki kompostien märkyydestä, tiivistymisestä tai kuivuudesta. Liete2-kompostit olivat ensimmäisen kerran käännettäessä märkiä ja tiiviitä ja niissä oli vielä voimakas lietteen haju, kun taas liete1-kompostit olivat hajuttomia. Liete2:n lämpötilat nousivatkin kääntämisen jälkeen samalle tasolle kuin kompostoinnin alussa. Liete2:ssa saattoi olla liian paljon jäteliettä (puolet kompostin tilavuudesta), mikä todennäköisesti on hidastanut hajotusta. Urea5 ja urea6 olivat käännettäessä liian kuivia. Kastelusta huolimatta ne olivat puolivälin alapuolelta täysin kuivia ja oljet hajomattomia. Kun kompostit käännettiin pääsivät alapuolella olleet oljet kastumaan ja hajoitus alkoi uudelleen vilkkaana.

Lämpötilat nousivat hitaammin ja jäivät alhaisemmiksi liete2- kuin liete1-komposteissa. Samanlaisia tuloksia on saanut Kemppainen (1979) jäteliete-kuorirouhekomposteissa. Suuri lietemäärä tekee kompostit märiksi ja tiiviiksi ja niissä on voinut olla paikoitellen hapen puutetta. Ureakomposteissa, joihin lisättiin enemmän typpeä, lämpötilat nousivat myös hitaammin ja jäivät alhaisemmiksi kuin pienemmän typpilisän saaneissa komposteissa. Rinteen ja Sippolan (1984a) mukaan tällaiset lämpötilamuutokset saattavat johtua siitä, että urean hajotessa syntyvä ammoniakki ja sen myötä tapahtuvat äkilliset pH:n vaihtelut hidastavat pieneliötoimintaa kompostoinnin alkuvaiheessa. Urea3- ja urea4-komposteissa lämpötilan kohoaminen termofiiliselle lämpötila-alueelle viivästyi jopa useita viikkoja. Tämä voi johtua siitä, että jo osittain maatumut olki oli märkää ja tiivistä ja siinä on voinut olla vähemmän helposti hajoavaa ainesta. Myös jäteliete-kuorirouhekomposteissa on havaittu eroja lämpötilakäyrissä riippuen kuorirouheen maatumisasteesta (Kemppainen 1979). Lämpötilan kohoamista on voinut lisäksi hidastaa urea3- ja urea4-komposteissa kesäkuun alkupäivien kylmyys.

Apila- ja lupiinikomposteissa lämpötilamaksimi oli sitä korkeampi mitä enemmän palkokasvia lisättiin. Tämä voi johtua kosteuseroista eri typentasoisissa komposteissa. Kompostit olivat sitä kuivempia mitä vähemmän palkokasvia lisättiin. Typen tasoerot eivät liene vaikuttaneet lämpötiloihin, koska erot olivat pieniä.

Ulkoilman lämpötiloilla on saattanut olla vaikutusta kompostien lämpötiloihin urea5-, urea6-, ja apilakomposteilla, joilla kaikilla lämpötila nousi syksyllä. Samoihin aikoihin ulkoilman lämpötila nousi kylmemmän jakson jälkeen (Liite 1).

Jätevesilietteen käytössä on olemassa terveysvaaroja, jotka vähenevät mikäli lämpötila nousee kompostoinnin yhteydessä yli 60°C koko kompostoitavassa massassa (Latostenmaa 1976). Tässä tutkimuksessa eivät lietekompostien lämpötilat nousseet yli 60°C. Toisaalta myös materiaalin jäätyminen on osoittautunut tehokkaaksi hygienisointitoimenpiteeksi (Huhta et al. 1978). Myös Kemppainen (1979) havaitsi, että suolistoperäisiä bakteereita oli komposteissa talven jälkeen enää satunnaisesti kun niitä syksyllä (kolmen kuukauden kompostoinnin jälkeen) oli vielä ollut kaikissa komposteissa. Patogeeneja tuhoavat komposteissa kuumuuden lisäksi muiden mikrobien tuottamat antibiootit, fysikaaliset ja kemialliset muutokset (esim. pH), kilpailu ravinteista sekä sopivan ravinnon puute (Golueke 1982).

4.2 KOSTEUS

Vesi on välttämätön mikrobien aineenvaihdunnalle ja siten myös kompostoitumiselle. Liika kosteus voi aiheuttaa materiaalin kokoonpainumista ja huokosten täyttymisen vedellä ja seurauksena voi olla anaerobia. Biologinen aktiivisuus alenee jyrkästi, jos kosteuspitoisuus on alle 30 %. Kosteuspitoisuuden yläraja riippuu materiaalin jäykkyydestä. Olki säilyttää jäykkyytensä kunnes suurin osa sen seinämien kuiduista on hajonnut ja siten se kompostoituu jopa 85 %:n kosteudessa (Gary et al. 1971b, Golueke 1975). Lierokompostin optimikosteutena pidetään 70-85 % (Kaplan et al. 1980).

Tässä kokeessa kompostit olivat suhteellisen märkiä, mutta kompostit eivät liene olleet anaerobisia, koska rikkivedyn hajua ei yleensä käännettäessä tuntunut. Päinvastoin varsinkin urea5 ja urea6 olivat puolivälin alapuolelta täysin kuivia, mikä todennäköisesti on hidastanut hajotusta. Lisäksi ongelmana oli kompostien pintaosien ja reunojen kuivuminen. Kompostien kosteuspitoisuudet ovat näytteenoton valikovuuden vuoksi yllättävän suuria; näytteestä jätettiin pois pintaosien ja reunojen kuiva kompostoitumaton aines. Kompostien kosteuspitoisuuden laskuun on voinut vaikuttaa kuivien reunaosien sekoittuminen keskiosien kanssa kääntämisen yhteydessä. Myös kastelua vähennettiin (ja jopa lopetettiin) lämpötilojen laskun myötä, mikä myös on vaikuttanut kosteuden vähenemiseen.

4.3 KUIVA-AINEHÄVIÖT

Hajotettavan aineen typpipitoisuus säätelee orgaanisen aineen hajoamista. Hajoaminen hidastuu, jos typpeä on liian vähän suhteessa orgaanisen hiilen määrään (Gotaas 1956). Hoylen ja Mattinglyn (1954) mukaan hajoamisnopeus kasvaa, kun alkuperäisen typen määrä kasvaa 1.10 %:sta 1.97 %:iin. Kuiva-ainehäviö näillä typpipitoisuuksilla oli 37 - 39 % neljässä kuukaudessa. Suuremmilla typpipitoisuuksilla hajoamisnopeus ei enää kasvanut. Samoin Kaila (1952a) sai tulokseksi, että typpi säätelee tehokkaasti maatumisprosessia, mutta erot tasoittuivat loppua kohden ja suurimmalla typpilisäyksellä maatuminen taantui happamuuden vuoksi. Kuiva-ainehäviöt olivat 54 - 60 % neljässä kuukaudessa, kun typpilisä oli 0.35 - 1.40 % oljen kuivapainosta. Rinteen ja Sipolan (1984a) heinän oljen ja urean kompostoitumiskokeissa kuiva-ainehäviö oli keskimäärin 48 % ja se oli sitä pienempi mitä suurempi määrä typpeä lisättiin ja heikentyntä maatumista tukivat myös heikompi lämmönmuodostus ja lopputuotteen alhaisempi pH. Myös tässä kokeessa lämpötilat jäivät alhaisemmiksi suuremmalla typen tasolla, mutta kuiva-ainehäviön suuruus vaihteli lisätyn typen tasosta riippumatta.

Kuiva-ainehäviön perusteella typpilähteiden "paremmuusjärjestykseksi" tulisi urea liete apila lupiini. Ureakomposteissa ovat kuitenkin urea1 ja urea2 kompostoituneet keskimääräistä huonommin. Lisäksi urea- ja lietekompostien kompostoitumisaika oli pidempi kuin apila- ja lupiinikompostien.

4.4 ORGAANISEN HIILEN HÄVIÖT

Mikro-organismien hajottaessa orgaanisia yhdisteitä 20-40 % hiilestä käytetään uuden soluaineksen muodostamiseen, kun taas loppu hapetetaan hiilidioksidiksi energiaa tuottavissa prosesseissa (Alexander 1977). Tämän vuoksi orgaanisen hiilen absoluuttinen ja suhteellinen määrä vähenee kompostoinnin aikana.

Tässä tutkimuksessa orgaanisen hiilen häviö vaihteli typen tasosta riippumatta samalla tavalla kuin kuiva-ainehäviö. Suurin ero kuiva-ainehäviöihin verrattuna on kuitenkin lietekomposteissa. Tämä johtunee lietekompostien suuremmasta tuhkapitoisuudesta, minkä vuoksi niiden kuiva-ainehäviö on jäänyt pienemmäksi kuin ureakompostien kuiva-ainehäviö. Lietekompostien suurempi orgaanisen hiilen häviö osoittaa niiden siltäkin kompostoituneen paremmin kuin ureakompostit. Pelkkä kuiva-aineen punnitus ei siis osoita kompostoitumista riittävän selvästi materiaaleissa, joiden tuhkapitoisuus on suuri

4.5 TYPPIHÄVIÖT JA KOKONAISTYPPI SEKÄ C:N -SUHDE

Kompostoinnissa tulee esille aina typen säilyminen, koska kasvinravinteena typpi on usein minimitekijä ja koska typpi säilyy huonommin kompostissa kuin muut ravinteet, sillä se voi hävitä kompostista sekä huuhtoutumalla että haihtumalla. Typpihäviöiden määrä riippuu lähtömateriaalin typen määrästä. Hoyle ja Mattingly (1954) osoittivat, että olki/lietekomposteissa typpihäviö pysyy minimissä (7.6 - 19.7 %), jos lähtömateriaalin typpipitoisuus on 1.35 - 1.97 %.

Tässä tutkimuksessa alkupitoisuudet lietekomposteissa olivat 2.10 - 2.32 ja tappiot 74.6 - 79.5 %. Kompostoitumisaika Hoylen ja Mattinglyn (1954) tutkimuksessa oli kuitenkin huomattavasti lyhyempi (noin 4 kk), joten kompostit eivät olleet säiden vaikutuksille yhtä kauan alttiina. Myös Lilja (1982) sai talousjätteen ja lietteen komposteissa typpitappioksi 56 - 82 %.

Kailan (1952a) rukiin oljen maatumiskokeissa typpihäviötä ei ollut, jos typpeä lisättiin 0.7 % ilmakeivan oljen määrästä, mutta suuremmissa määrissä typpeä haihtui. Tässä tutkimuksessa urea5:een lisättiin kyseinen määrä typpeä, mutta typpihäviö oli 25 %.

Kompostoitaaessa heinän olkea, jonka typpipitoisuus oli 1.02 % oli typpihäviö 37 % (Rinne & Sippola 1984a). Vastaavia tuloksia saatiin tässäkin tutkimuksessa komposteissa, joissa alkutyppipitoisuus on samaa luokkaa (apila1, apila2, lup2, lup3, liero1 ja liero2). Saman tutkimuksen mukaan tappio oli 47 %, kun typpeä lisättiin 2.5 kg olkitonnin kohti ja 53 %, kun typpeä lisättiin 10 kg tonniin olkea. Tässä tutkimuksessa tappiot olivat suurempia urea1-, urea2-, urea3- ja urea4-komposteissa, joissa typpilisä oli 12.5 - 28 kg/tn. Urea5:n ja urea6:n tappiot jäivät pienemmiksi (25.0 ja 41.4 %), vaikka typpilisä oli 8 - 16 kg/tn.

Typpitappiot tässä tutkimuksessa ovat olleet niin suuret, että kompostoinnin vaikutus muutamien kompostien (lietekompostit ja urea2) typpipitoisuuteen on ollut negatiivinen. Syitä suuriin typpihäviöihin on useita. Lähtömateriaalin typpipitoisuus on ollut liete- ja ureakomposteissa turhan korkea (vertaa Hoyle & Mattingly 1954 edellä). C:N -suhde kompostoinnin alussa oli liete- ja useimmissa ureakomposteissa liian alhainen, jolloin typpeä on päässyt karkaamaan ammoniakkina. Optimaalisena C:N -suhteena pidetään väliä 25:1 ja 50:1 (Gray et al. 1971b). Optimivälillä C:N -suhde oli kompostoinnin alussa urea5-, apila-, lupiini- ja lierokomposteissa, joissa typpihäviöt ovat alle 40 %. Korkea pH lisää haihtumiselle alttiin ammoniakkitypen osuutta liuoksen kokonaistypestä.

pH oli kuitenkin korkein juuri niissä komposteissa, joissa typen häviöt olivat pienimmät. Kuitenkaan vilkkaimman hajoamisvaiheen (ennen ensimmäistä kääntöä) pH ei ole tiedossa ja silloin pH on voinut olla hyvinkin korkea. Ureakomposteihin lisätty kalkki on voinut nostaa pH:ta, mutta toisaalta superfosfaatti on voinut laskea sitä. Urean ja orgaanisten typpiyhdisteiden hajoamisessa syntyvä ammoniakki kohottaa myös pH:ta. Kosteus auttaa jossakin määrin säilyttämään typpeä (Gotaas 1956), koska ammoniakki liukenee veteen. Tässä tutkimuksessa kosteuspitoisuus oli korkea ja typpeä onkin todennäköisesti huuhtoutunut kasteluveden mukana. Tätä tukee urea5:n ja urea6:n pienemmät typpihäviöt, sillä nämä kompostit olivat varsinkin alussa kuivempia kuin muut kompostit. Toisaalta kompostien reunaosien kuivuessa on ollut mahdollista, että ammoniakkia on haihtunut veden haihtumisen yhteydessä. Komposteissa lämpötilat nousivat korkeiksi, mikä on voinut lisätä haihtumista ja vähentää ammoniakin liukoisuutta veteen. Myös ilmastuksen on todettu lisäävän typpitappioita (Hoyle & Mattingly 1954).

Typen lisäämisen tarkoituksena on paitsi nopeuttaa hajoamistapahtumaa, myös kohottaa valmiin kompostin ravinnearvoa. Lopputuotteen kokonaistyppipitoisuus olikin yleensä sitä korkeampi mitä enemmän kutakin typenlähdettä lisättiin, mutta tilastollisesti merkitseviä erot olivat ainoastaan apila1:n ja apila3:n välillä.

Typpitalouden kannalta voidaan ajatella, että lietteen kompostointi ei ole kannattavaa. Lietteen lannoitusarvo laskee kompostoitessa huomattavasti ravinteiden vaikeammin hajotettaviin yhdisteisiin sitoutumisen ja typpihäviöiden vuoksi (Kemppainen 1979). Toisaalta kompostoinnilla on muita edullisia vaikutuksia jätteen hygieenisyyteen ja ulkoisiin käyttöominaisuuksiin ja typpihäviöitä voidaan myös pienentää esimerkiksi oikean C:N -suhteen avulla taikka lisäämällä kompostiin savea tai fosforia (Haukioja et al. 1983). Toisaalta typpi voidaan lisätä vasta termofiilivaiheen jälkeen, jolloin typpi ei pääse haihtumaan.

Hajotuksen edistyessä materiaalin C:N -suhde pienenee. Tämä johtuu siitä, että hiiltä poistuu materiaalista hiilidioksidina ja typpi jää orgaanisiin yhdisteisiin niin kauan kuin C:N -suhde on korkea. C:N -suhde lähenee suhdetta 10:1 hajotuksen kuluessa (Alexander 1977).

Vaikka palkokasveja sisältävissä komposteissa C:N -suhde oli kompostoinnin alussa optimivälillä, oli apila- ja lierokomposteissa kahdella alimmalla typen tasolla sekä kaikissa lupiinikomposteissa C:N -suhde jäänyt lopussa niin korkeaksi, ettei komposteja voida pitää kypsinä. Siten C:N -suhde, joka on välillä 40 - 50:1 näyttäisi olevan turhan korkea ja onkin todennäköisesti hidastanut hajotusta.

4.6 AMMONIUM-, NITRAATTI- JA NITRIITTITYPPI

Liukoinen typpi on Hoylen ja Mattinglyn (1954) mukaan suurimmaksi osaksi ammoniumtyyppinä kompostoinnin alkuvaiheessa ja nitraattityyppinä kompostoinnin loppuvaiheessa. Tässä tutkimuksessa liukoinen typpi oli kuitenkin pääasiassa ammoniumtyyppinä vielä loppuvaiheessakin. Ainoastaan ureal-, urea2-, urea3-, urea4-, urea6-, apila3- ja liero3- komposteissa oli tapahtunut merkittävästi nitrifikaatiota. Rinteen ja Sippolan (1984a) oljen ja urean kompostointikokeissa kypsän kompostin nitraattityppipitoisuus vaihteli 205 - 427 mg/kg t.p. välillä, kun typpilisä oli 0 - 10 kg olkitonnia kohti, mutta ammoniumtyppipitoisuus oli kaikissa tapauksissa alle 30 mg/kg t.p. Nitraattityypin pientä määrää kompostoinnin loppuvaiheessa voidaan pitää merkinä siitä, ettei komposti ole kypsää. Suzuki ja Kumada (1977) ovat määrittäneet kompostin kypsäksi, jos ammoniumtyyppiä on alle 16 mg/100 g kuiva-ainetta ja nitraattityyppiä vähintään 11 mg/100 g kuiva-ainetta. Tässä tutkimuksessa ammoniumtyppipitoisuus alittaa kaikissa komposteissa 16 mg/100 g kuiva-ainetta, mutta yhdenkään kompostin nitraattityppipitoisuus ei yllä lähellekään 11 mg/100 g kuiva-ainetta. Alhaisiin nitraattityppipitoisuuksiin voi olla ainakin osittain syynä huuhtoutuminen kastelun ja lumen sulamisen yhteydessä.

Hoylen ja Mattinglyn (1954) mukaan liukoista tyyppiä vapautuu hitaasti komposteissa, joiden typpipitoisuus alussa on alhainen.

Myös tässä tutkimuksessa pienemmän typpilisän saaneissa komposteissa ammonium- ja nitraattityypen pitoisuudet jäivät yleensä alhaisemmiksi. Apilaa sisältävissä komposteissa typpipitoisuudet olivat 0.90, 1.14 ja 1.32. Näistä ainoastaan 1.32 % tyyppiä sisältävissä komposteissa (apila3 ja liero3) oli ehtinyt nitrifikaatiota tapahtua vuoden aikana eivätkä ammoniumtyppipitoisuudetkaan nousseet korkeiksi. Lupiinikomposteissa nitraattityppipitoisuudet jäivät kaikkein alhaisemmiksi, mihin on voinut vaikuttaa myös lyhyt kompostoitumisaika (noin 2 kk syksyllä).

Bishop ja Godfrey (1983) havaitsivat ammoniumtyypen akkumuloitumista komposteissa, joissa lietettä oli yhtä paljon kuin seosaineena käytettyä puunkuorta. Tämän he arvelivat johtuvan hapen puutteesta, sillä vähemmän lietettä sisältäneissä komposteissa oli nitraattityppiä muodostunut enemmän. Tässä tutkimuksessa ammoniumtyppiä oli enemmän liete2-komposteissa, mutta nitraattityppiä on kuitenkin muodostunut vähemmän lietel-komposteissa.

Myös itse typen lähde voi vaikuttaa liukoisen typen määrään kypsässä kompostissa. Hoyle ja Mattingly (1954) havaitsivat, että liukoisen typen määrä oli kypsässä kompostissa korkeampi olki/ammoniumsulfaattikomposteissa kuin olki/jätelietekomposteissa, vaikka niissä alussa oli sama typpipitoisuus. Tässä tutkimuksessa NH_4^+ -pitoisuudet olivat korkeita sekä urea- että lietekomposteissa, mutta NO_3^- -pitoisuudet olivat huomattavasti korkeampia ureakomposteissa. Apila-, lupiini- ja lierokomposteja on vaikea verrata muihin komposteihin, koska niiden typpipitoisuudet olivat alhaisia kompostoinnin alussa ja erot johtuvat todennäköisesti siitä. Ainoastaan apila3:a ja liero3:a ($\text{N \%}=1.32$) voidaan verrata urea5:een ($\text{N \%}=1.42$) ja sen mukaan apilaa sisältävissä komposteissa NO_3^- :n määrä on korkeampi, mutta NH_4^+ :n määrä alhaisempi kuin ureakomposteissa. Mikäli eri typenlähteet aiheuttavat suuria eroja liukoisen typen määrässä, ei kompostin kypsyttää voida ilmeisestikään päätellä pelkästään Suzukin ja Kumadan (1977) esittämien lukujen perusteella.

Korkeat nitriittityypipitoisuudet lähtöaineissa johtuvat ilmeisesti siitä, että lähtöaineita ei analysoitu heti ja sen vuoksi nitriittiä on syntynyt näytteiden kuljetuksen ja säilytyksen aikana. Tämän vuoksi myös muiden näytteiden NO_2^- -pitoisuudet ovat epävarmoja. Palkokasveja sisältävien kompostien nitriittipitoisuudet syksyllä ja lopussa otetuissa näytteissä voivat johtua niiden korkeasta pH-luvusta. Nitriitin on havaittu akkumuloituvan alkaalisessa ympäristössä (Alexander 1977). Joka tapauksessa nitriittiä sisältävä komposti on maahan levitettyä haitallista kasveille (Paatero et al. 1984).

4.7 pH

Happamuuden vaihtelut kompostoinnin aikana liittyvät lämpötilakäyrään, jolloin pH on alhaisimmillaan mesofiilivaiheessa, termofiilivaiheessa ylittää pH 8:n ja laskee jäähtymis- ja kypsymissvaiheessa yleensä neutraalin ja alkaalisen rajoille (Gray et al. 1971a, Gray & Biddlestone 1974). Tässä tutkimuksessa mitatut pH-arvot olivat kaikki jäähtymis- ja kypsymissvaiheesta.

pH-luvun on havaittu laskevan olki/urea -komposteissa lisätyn typpimäärän kasvaessa (Kaila 1952a, Rinne & Sippola 1984a). Tässä tutkimuksessa ureakompostien pH-arvot vaihtelivat, eikä selvää suuntaa voida havaita. Koska pH-arvoja ei mitattu heti näytteenoton jälkeen, ovat pH-luvut näytteiden kuljetuksen ja säilytyksen aikana voineet muuttua. Sen vuoksi ei pH-arvoista voida tehdä mitään luotettavia johtopäätöksiä.

Palkokasveja sisältävien kompostien pH-arvot ovat korkeita verrattuna esimerkiksi puutarhamaille suositeltuihin lukuihin. Viljavuuspalvelu Oy suosittelee pH-arvoksi turvemaille 5.5 - 6.2 ja kivennäismaille 6.0 - 6.7 (Anon. 1982). Happamilla mailla maanparannusaineena käytettynä näillä komposteilla voi kuitenkin olla "kalkitsevaa" vaikutusta eli ne kohottavat kasvualustan pH-arvoa, mikä vähentää happamien maiden kalkitus-tarvetta.

4.8 JOHTOLUKU

Johtoluku osoittaa vesiliukoisten suolojen määrää. Mitä suurempi on vesiliukoisten suolojen määrä, sitä parempi on liuoksen sähkönjohtokyky. Johtoluvun tulisi olla kaikilla viljelyksillä alle 10 (Kurki 1966).

Johtoluvut olivat jääneet komposteissa korkeiksi verrattuna viljelymaiden tasoon. Samansuuruisia johtoluvun arvoja ovat saaneet Rinne ja Sippola (1984a) olki/urea -komposteissa, joissa arvot olivat 19 - 23. Erilaisista maatalouden jätteistä kootuissa komposteissa johtoluku oli 19.6 - 47.3 (Rinne & Sippola 1984b). Lietekompostien johtoluvut olivat ainoat, jotka laskivat alle 10. Vastaavia tuloksia ovat saaneet Huhta ym. (1978) hautumolietteen ja kuorirouheen maatumiskokeessa, jossa vuoden aikana johtoluku laski 14.3:sta 7.2:een.

4.9 HEHKUTUSHÄVIÖ

Koska hehkutushäviön arvo yleensä tässä tutkimuksessa oli sitä pienempi, mitä enemmän typpeä lisättiin näyttää siltä, että suurempi typen määrä on nopeuttanut hajoamista, vaikka kuiva-ainehäviön ja orgaanisen hiilen häviön perusteella tätä ei voitu selvästi havaita.

Hehkutushäviötä voidaan käyttää myös kompostin kypsyyden määrittämiseen. Tälle on kuitenkin olemassa rajoituksia. Ensinnäkin kompostimassa on hyvin heterogeenista, jolloin näytteenotto muodostuisi ongelmaksi. Toiseksi se ei anna mitään informaatiota kompostissa jäljelle jääneiden orgaanisten yhdisteiden laadusta (Jann et al. 1959).

Näytteenotto on voinut tässäkin tutkimuksessa aiheuttaa virhettä hehkutushäviöiden arvoihin. Kompostien reunaosat nimittäin jätettiin pois näytteestä, koska niissä olki oli pysynyt jokseenkin muuttumattomana.

Kuitenkin käännön yhteydessä reunaosat sekoittuivat keskelle ja seuraavalla näytteenottokerralla näytteeseen tuli mukaan myös vain osittain hajonnutta massaa, jolloin analyysitulokset voi osoittaa, että kompostit olisivat "taantuneet".

4.10 KASVINRAVINTEET

Jos verrataan kompostien ravinnepitoisuuksia parsinavettalan pitoisuuksiin (2.55 % N, 0.73 % K, 1.82 % Ca, 0.49 % Mg, Keränen 1966) on typpipitoisuus apila- ja lierokomposteissa suurimmalla typpipitoisuudella sekä kaikissa ureakomposteissa vähintään yhtäsuuri. Fosforipitoisuus on selvästi suurempi liete- komposteissa (2.05 ja 1.82 %), ureakomposteissa se vaihtelee 0.47 - 0.84 %:n välillä. Kaliumpitoisuudet yltyvät lähes samaan palkokasveja sisältävissä komposteissa. Kalsium- ja magnesiumpitoisuudet ovat suurempia ureakomposteissa kuin lannassa, apilakomposteissa pitoisuudet vaihtelevat, mutta ylimällä tyypen tasolla pitoisuudet ovat korkeampia kuin lannassa.

Kaliumtappiot olivat samaa suuruusluokkaa kuin Rinteen ja Sippolan (1984b) tutkimuksessa, jossa helposti hajoavista maatalouden jätteistä tehdyissä komposteissa puolet kaliumista hävisi. Suurin osa tämän tutkimuksen kaliumhäviöistä tapahtui ilmeisesti talven aikana, koska kaliumpitoisuuksissa oli jyrkkä lasku syksyn ja loppunäytteen välillä. Fosforitappiot samassa tutkimuksessa olivat noin 25 %. Tässä tutkimuksessa fosforitappiot kasvoivat, kun fosforipitoisuus raaka-aineissa oli suurempi (lietekomposteissa). Tätä havaintoa tukevat heinäolkikompostien suuremmat fosforitappiot fosforilisän saaneissa komposteissa (keskimäärin 24 %) verrattuna komposteihin, joihin ei lisätty raakafosfaattia (6%) (Rinne & Sippola 1984a).

Kalsiumia kasvit tarvitsevat ravinteenakin, mutta suurempi merkitys sillä on kasvualustan olosuhteiden suotuisaksi tekijänä eli pH:n kohottajana (Achren 1977). Koska pH varsinkin palkokasvikomposteissa oli korkea, on komposteilla myös "kal-kitseva" vaikutus, vaikka itse kalsiumpitoisuus ei olekaan korkea. Pessin (1970) mukaan peruna- ja juurikasvit ottavat maasta vuodessa 500 - 900 g/a kalsiumia.

Taulukon 19 mukaan 50 kilossa ureakompostia oleva kalsiumin määrä riittää hyvin kasvien tarpeeseen. On kuitenkin huomattava, että korkeat kalsiumpitoisuudet johtuvat lisätystä dolomiittikalkista. Komposteissa, joihin alussa lisättiin runsaammin apilaa, ovat myös kalsiumpitoisuudet riittäviä.

Taulukossa 19 on verrattu kompostien ravinnemääriä Puutarhan Super Y-lannoksen (11-11-22) ravinnemääriin. Viiden kilon Y-lannosmäärää on verrattu 50 kiloon kompostia (k.p.). Tällä kompostimäärällä maahan tuleva typen määrä on suurempi kuin lannoitetyypen määrä (poikkeus lup2). Fosforin määrä on lietekomposteissa nelinkertainen ja ureakomposteissakin korkeampi kuin lannoitteen antama määrä. On kuitenkin huomattava, että ureakompostien fosfori tulee siihen lisätystä superfosfaatista. Kaliumin määrä on lannoitetta suurempi yleensä palkokasvikomposteissa. Magnesiumia on lannoitteessa murto-osa komposteihin verrattuna. Mangaanin määrät yltyvät lannoitteen tasoon liete- ja lupiinikomposteissa. Kuparin määrä on komposteissa murto-osa lannoitteen sisältämästä määrästä muissa paitsi lietekomposteissa. Kalsiumia on myös enemmän 50 kilossa kompostia kuin 5 kilossa lannoitetta.

Avomaiden peruslannoitukseen, mikäli maan ravinnetila on tyydyttävä, tarvitaan seuraavat määrät ravinteita

N	550 - 830
P	400 - 900
K	800 - 1200
Mg	380 - 760
Mn	70 - 150
Cu	25 - 50 (Anon. 1982).

Mikäli kompostia käytetään peruslannoitukseen 50 kg/a, on typen määrä yleensä riittävä, fosforia tulee lisätä muihin paitsi lietekomposteihin, kalia on liian vähän urea- ja lietekomposteissa, magnesiumin määrä on myös tarvittavaa määrää alhaisempi muissa paitsi ureal-, urea3-, ja urea4-komposteissa. Mangaanin ja kuparin määrät jäävät kaikissa komposteissa peruslannoituksen tasoa alhaisemmiksi.

Vaikka kompostien sisältämien ravinteiden määrät ovatkin yllättävän korkeita verrattuna lantaan ja Y-lannokseen, ei kompostien ravinteiden käyttökelpoisuutta kasveille mitattu, joten ei voida sanoa, mikä ko. aineista olisi parasta ravinnevaikutukseltaan. Rinteen ja Sippolan (1984a) mukaan liukoisten ravinteiden osuus ravinteiden kokonaismäärästä on kompostissa alhaisempi kuin lampolan lannassa. Tämä merkitsee sitä, että kasvukauden alussa kasvien käytössä on vähemmän ravinteita kompostia käytettäessä. Kompostin ravinteet vapautuvat kasvukauden lopussa, jolloin myöhään sätönsä antavat kasvit (peruna, juurikasvit) pystyvät paremmin hyödyntämään kompostin ravinteet (Paatero et al. 1984).

Taulukko 19. Maahan tulevat ravinnemäärät grammoina, mikäli käytetään 5 kg/a Puutarhan Super Y-lannosta tai 50 kg/a kompostia (k.p.).

	N	P	K	Mg	Mn	Cu	Ca
Y-lannos	550	240	915	5	15	15	210
liete1	795	1025	546	153	15	13	318
liete2	705	910	513	138	14	11	304
urea1	1250	233	461	463	7	0.6	1301
urea2	1280	419	401	252	9	0.7	1312
urea3	1360	345	322	434	4	0.6	1432
urea4	1630	314	365	442	5	0.8	1410
urea5	1625	275	736	268	9	0.6	1221
urea6	1795	356	860	226	13	0.7	1277
apila1	850	79	1037	89	4	0.4	334
apila2	1150	99	1299	117	5	0.5	497
apila3	1650	189	1253	241	7	0.7	966
lup1	665	137	1066	159	22	0.6	483
lup2	530	118	1075	149	19	0.6	389
lup3	790	123	741	129	20	0.7	427
liero1	840	70	1270	103	3	0.3	391
liero2	1085	123	1466	159	4	0.5	609
liero3	1475	149	1579	214	5	0.6	701

4.11 KYPSYYSTESTIT

Syksyn kypsyystestin yllättävin tulos oli se, että lierokompostit olivat kypsempiä kuin apilakompostit. Tähän on kuitenkin syynä valikoiva näytteenotto: näytteeseen ei otettu mukaan hajoamattomia reunaosia. Apilakomposteissa hajoamattomat reunaosat oli käynnön yhteydessä sekoitettu keskelle, jolloin osittain raakaa materiaalia tuli mukaan syksyllä otettuun näytteeseen.

Lierokomposteja ei ollut käännetty, joten näyte sisälsi pelkästään hyvin maatunutta ainesta.

Loppunäytteen kypsyystestissä on ristiriita syksyn testin kanssa: urea4 oli testin mukaan syksyllä kypsempää kuin seuraavana kesänä. Myös urea3:n ja urea4:n heikompi tulos verrattuna muihin ureakomposteihin ihmetyttää. Kyseiset kompostitahan tehtiin osittain maatuneista oljista. Ilmeisesti nämä seikat osoittavat kuitenkin sen, ettei yksittäisen testin tulos ole varma, vaan myös muita kypsyiden merkkejä on tarkasteltava. Testin virhetekijöinä ovat voineet olla näytteenotto ja pH-mittaus.

Lup1:n kypsyys verrattuna muihin komposteihin on myös epävarmaa tämän testin perusteella. Jos lasketaan lup1:n kerranteiden alku-pH:n ja loppu-pH:n keskiarvot ja vähennetään ne toisistaan, on tuloksena 0.18, mutta tulos johtuu siitä, että kahden kerranteen pH on testin aikana noussut hiukan ja yhden kerranteen pH laskenut paljon.

Koska tässä tutkimuksessa testi antoi eräiltä osin epävarmoja tuloksia, on syytä tarkastella myös muita kypsyiden merkkejä. Spohnin (1969, 1978) mukaan kypsässä kompostissa typen pitäisi olla nitraatti- eikä ammoniummuodossa. Tässä tutkimuksessa useimmissa komposteissa tyyppi oli suurimmaksi osaksi ammoniumtyyppinä. Myös pelkkä lämpötilan seuranta kompostoinnin aikana riittää usein kypsyiden määrittämiseen (Lehtokari & Paatero 1981). Tässä tutkimuksessa kompostit kuumenivat ja jäähtyivät normaalisti. Ainoastaan lupiinikompostien termofiilivaihe on voinut jäädä liian lyhyeksi syksyn kylmyyden vuoksi. Koska lämpötiloja ei enää seuraavana vuonna mitattu, ei voida sanoa, olisivatko lupiinikompostien lämpötilat vielä nousseet. Myös C:N -suhteen perusteella voidaan arvioida kompostien kypsyyttä. C:N lähenee hajoamisen kuluessa suhdetta 10:1 materiaalissa, joka sisältää vähän typpeä (Alexander 1977). Koska lietekomposteissa ja useimmissa ureakomposteissa typpipitoisuus oli korkea, ei C:N ole niissä paljoa laskenut kompostoinnin kuluessa, joten C:N -suhteen perusteella ei näiden kompostien kypsyyttä voida päätellä. Sen sijaan apila- ja lierokomposteissa C:N on laskenut tasaisesti ja näiden kompostien ylintä typen tasoa voidaan pitää C:N -suhteen perusteella kypsänä. Lupiinikomposteissa C:N on jäänyt niin korkeaksi, ettei komposteja voida sanoa kypsiksi.

4.12 LIEROKOMPOSTIT

Lierojen on havaittu menestyvän monenlaisessa jätemateriaalissa kuten ruoka- ja puutarhajätteet sekä aktiiviliete ja ulosteet ja lierojen on todettu käsittelevän nopeasti ja tehokkaasti jätteitä kunhan olosuhteet ovat sopivat (Haimi 1985). Tässä tutkimuksessa haluttiin verrata tavallista kompostointia lierokompostiin, joka oli identtinen vertailukompostin kanssa mutta jota ei käännetty vaan siihen lisättiin lieroja kompostin jäädyttyä. Lisäksi haluttiin tutkia, viihtyvätkö lierot olkikompostissa.

Tämän tutkimuksen tulokset eivät näytä rohkaisevilta: madot olivat lisääntyneet ainoastaan runsaimmin apilaa sisältävissä kompostissa, muissa ne olivat vähentyneet. Syy saattaa kuitenkin olla koejärjestelyissä: madot olivat komposteissa ainoastaan 55 päivää. Ne eivät siis ole ehtineet paljoakaan lisääntyä, koska pelkästään poikasten kuoriutuminen munakotelosta kestää 30 päivää (Hatanaka et al. 1983). Kuitenkin koe osoitti sen, että lierot pysyvät ainakin hengissä olkikompostissa johon on lisätty riittävän paljon apilaa.

Lierokompostin typpipitoisuuksien on havaittu olevan lierotonta kontrollia pienemmät ja suurin ero on ollut ammoniumtyypen määrässä (Haimi et al. 1984). Lierojen on myös havaittu alentavan materiaalin pH:ta (Haimi & Huhta 1983, Huhta 1983). Tässä tutkimuksessa oli ammoniumtyypen määrä kaikissa koejäsenissä jopa korkeampi kuin apilakomposteissa. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Myöskään pH ei ollut lierokomposteissa alempi, vaikka kyse oli emäksisestä materiaalista. Koska tämän tutkimuksen tulokset eivät ole samansuuntaisia muiden tutkimustulosten kanssa, voidaan päätellä, että lierot eivät ole vaikuttaneet lopputuotteen laatuun. Tämä tuntuukin luonnolliselta, koska lierojen määrä oli vähäinen ja koska ne eivät säilyneet talven yli kompostissa. Apila- ja lierokompostien välillä oleva kosteusero johtunee siitä, että lierokomposteissa oli keväällä enemmän materiaalia, johon lumen sulamisvedet olivat imeytyneet ja siksi ne olivat jääneet kuivemmiksi. Syksyn näytteenotossa kompostit olivat yhtä kosteita. Nitriittityypen suurempi määrä

voi johtua siitä, että lierokompostit eivät olleet kypsiä. Tällöin NO₂:a on voinut syntyä myös näytteiden kuljetuksen aikana, kun kompostinäytteessä on tapahtunut hajoamista tiiviisti suljetun muovipussin sisällä.

5 PÄÄTELMÄT

Minkä seosaineen kanssa olki sitten parhaiten kompostoitui ja mikä komposti olisi parasta maanparannusaineena? Kysymykseen on vaikea vastata, koska jokaisella kompostilla on hyvät ja huonot puolensa. Lisäksi kompostien vertailua toisiinsa haittaavat niiden erilaiset maatumisajat. Myöskään typpipitoisuudet alussa eivät eri seosainetta sisältävissä komposteissa olleet saman suuruisia, mikä vaikuttaa paitsi kompostoitumisnopeuteen myös esimerkiksi liukoisen typen määrään. Seuraavassa luetellaan eri seosaineiden hyviä ja huonoja puolia.

Lietekomposteissa kompostoinnin onnistumista voidaan arvioida seuraavasti. Lämpötila ei noussut hygieenisyyden kannalta riittävän korkeaksi, kosteutta oli liikaa (ei siis olisi tarvinnut kastella, minkä vuoksi lietekompostit olisivat olleet helpoimmat hoitaa!), kuiva-ainehäviöt olivat keskimääräistä paremmat ja orgaanisen hiilen häviöt suurimmat. Myös typpihäviöt olivat suurimmat, mikä onkin näiden kompostien suurin epäkohta. Vähentämällä lietteen osuutta kompostissa voidaan lämpötila saada nousemaan korkeammaksi ja typpihäviöt pienemmiksi. Valmiit lietekompostit sisälsivät runsaasti fosforia ja niiden pH ja johdoluivat vastasivat suunnilleen viljelymaiden arvoja.

Myös ureakomposteihin lisättiin turhan paljon typen lähdettä: korkeammilla ureatasoilla havaittiin hitaampi lämmön nousu ja alhaisemmat maksimilämpötilat, mikä lienee merkki heikommasta hajoamisesta. Kompostit kuivuivat kastelusta huolimatta reunoista ja olivat siten hankalia hoitaa, kuiva-ainehäviöt ja orgaanisen hiilen häviöt vaihtelivat olkilaadusta riippuen ja olivat suurimmat jo osittain maatuneesta oljesta tehdyissä komposteissa. Typpihäviöt vaihtelivat myös ja ne olivat suuria muissa paitsi urea5:ssä ja urea6:ssa.

Valmiit ureakompostit sisälsivät fosforia enemmän kuin palkokasvikompostit ja kalsiumia enemmän kuin muut kompostit. pH oli lopussa samaa suuruusluokkaa kuin lietekomposteissa, mutta johtoluku oli korkeampi.

Apilakomposteissa taas typpeä oli varsinkin pienimmillä apilamäärillä liian vähän, mikä on hidastanut hajoamista. Lupiinikomposteissa typpeä oli kaikissa komposteissa liian vähän, mikä yhdessä lyhyen kompostoitumisajan kanssa on aiheuttanut sen, että kompostit eivät olleet kypsiä. Lisäämällä typen lähdettä saadaan palkokasvikompostit kompostoitumaan nopeammin. Apila- ja lupiinikomposteissa pH oli lopussa korkea, joten komposteilla on maahan levitettynä "kalkitusvaikutusta". Myös johtoluvut olivat korkeita. Apila- ja lupiinikomposteissa oli enemmän kaliumia kuin liete- ja ureakomposteissa. Apila ja lupiini näyttäisivät olevan muuten samanarvoisia tyypilähteitä, mutta lupiinikompostit sisältävät mangaania enemmän kuin muut kompostit.

Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan mitattu esim. ravinteiden käyttökelpoisuutta kasveille. Mittaamalla liukoiset ravinteet tai järjestämällä viljelykokeita voitaisiin saada selville eri seosaineiden mahdollinen "paremmuus".

6 TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa vertailtiin oljen kompostoitumista erilaisilla tyypilähteillä ja typen eri määrillä suhteessa olkeen. Tyypilähteitä olivat jäteliete, urea, apila ja lupiini. Myös ravinnetappiot sekä lopputuotteen sisältämät kasvinravinnemäärät tutkittiin. Lisäksi kokeiltiin lierojen vaikutusta kompostoitumiseen. Tuloksena havaittiin seuraavaa

- Kuiva-ainehäviöt olivat lietekomposteissa 66 %, ureakomposteissa 55 - 72 %, apilakomposteissa 63 - 65 % ja lupiinikomposteissa 39 - 51 %.
- Typpitappiot olivat suurimmat lietekomposteissa (75 - 80 %), ureakomposteissa tappiot olivat 25 - 69 % ja palkokasveja sisältävissä komposteissa 4.5 - 39 %.

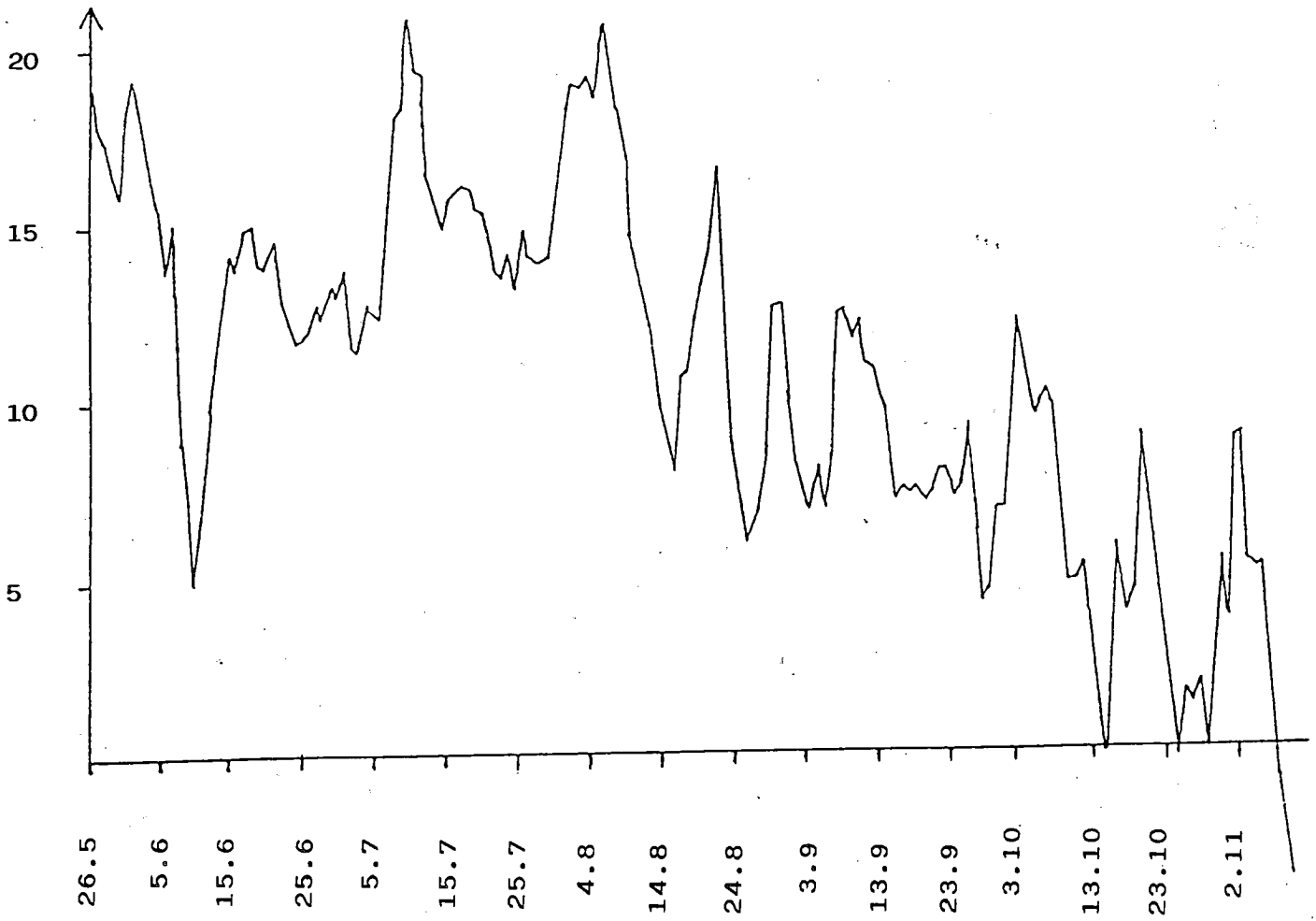
- Fosforitappiot olivat lietekomposteissa 70 %, urea- ja palkokasvikomposteissa 40 %. Kaliumtappiot olivat lietekomposteissa 40 %, ureakomposteissa 53 - 78 % ja palkokasvikomposteissa 30 - 62 %.
- Liukoinen typpi oli vielä kompostoinnin loputtuakin pääosin ammoniumtyyppinä. Nitrifikaatiota oli tapahtunut ureakomposteissa ja apilaa sisältävissä komposteissa ylimmällä typen tasolla.
- pH jäi loppuvaiheessa liete- ja ureakomposteissa kuuden ja seitsemän välille. Palkokasveja sisältävissä komposteissa se oli yli 7 ja jopa yli 8.
- Johtoluku oli loppuvaiheessa lietekomposteissa alle 10, ureakomposteissa 12 - 37 ja palkokasvikomposteissa 18-39.
- Fosforipitoisuudet olivat korkeita lietekomposteissa. Kaliumia oli runsaimmin palkokasvikomposteissa. Kalsiumia ja magnesiumia oli eniten ureakomposteissa ilmeisesti kalkkilisäyksen vuoksi. Mangaanin määrä oli suurin lupiinikomposteissa. Kuparia ja sinkkiä taas oli eniten lietekomposteissa, muissa pitoisuudet jäivät vähäisiksi.
- Lieroilla ei todettu tässä tutkimuksessa olevan vaikutusta kompostoitumiseen eikä kompostimullan laatuun.

KIRJALLISUUS

- Achren, R. 1977: Puutarhan lannoitus ja kasvinsuojeluopas. Kemira Oy. Hki. 47 s.
- Alexander, M. 1977: Introduction to soil microbiology. John Wiley & Sons. New York, Santa Barbara, London, Sydney, Toronto. 467 s.
- Anon. 1982: Viljavuustutkimuksen hyväksikäyttö puutarhaviljelyssä. Viljavuuspalvelu Oy. Painoarse Ky. 12 s.
- 1984: Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. Touko - marraskuu. Ilmatieteen laitos. 84 s.
- Bishop, P.L. & Godfrey, C. 1983: Nitrogen transformations during sludge composting. Biocycle 24(4): 34-39.
- Golueke C.G. 1975: Composting. A study of the process and its principles. Rodale Press Inc., Emmaus, Pennsylvania.
- 1982: When is compost safe?. Biocycle 23(2): 28-38.
- Gotaas, H.B. 1956: Composting. Sanitary disposal and reclamation of organic wastes. WHO monograph series no. 31. Geneva. 205 s.
- Gray, K.R. & Biddlestone, A.J. 1974: Decomposition of urban waste. - Teoksessa: Dickinson, C.H. & Pugh, G.J.F. (toim.): Biology of plant litter decomposition. Volume 2: 743-775. Academic Press. London and New York.
- , Sherman, K. & Biddlestone, A.J. 1971a: A review of composting. Part 1. Process Biochem. 6: 32-36.
- , Sherman, K. & Biddlestone, A.J. 1971b: Part 2. Practical process. Process Biochem. 10: 22-28.
- Haimi, J. 1985: Tunkioliieron kasvu ja jälkeläistuotto eri jätteaineissa sekä vaikutus jätemateriaalin mikrobiaktiivisuuteen. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. 58 s.
- Haimi, J. & Huhta, V. 1983: Mitä lierot tekevät kompostissa. Koetoim. ja Käyt. 3.5.1983: 35-36.
- Haimi, J., Huhta, V. & Setälä, H. 1984: Tunkioliieron merkityksestä kompostissa. Seminaariesitelmä. V Ekologipäivät 12. - 13.4.1984. Jyväskylä.

- Hatanaka, K., Ishioka, Y. & Furuichi, E. 1983: Cultivation of Eisenia foetida using dairy waste sludge cake. -Teoksessa: Satchell, J.E.(toim.) 1983: Earthworm ecology from Darwin to vermiculture. 323-329. Chapman and Hall. London.
- Haukioja, M., Hovi, A. & Rajala, J. 1983: Komposti: lantakompostista keittiöjätekompostiin: kompostin käyttö viljelyssä. Hki. Tammi. 116 s.
- Hoyle, D.A. & Mattingly, G.E.G. 1954: Studies on composts prepared from waste materials. I Preparation, nitrogen losses and changes in soluble nitrogen. J. Sci. Food Agric. 5: 54-64.
- Huhta, V. 1983: Lierokompostointi. - Teoksessa: Lilja, R. (toim.) 1983: Jäteaineiden käsittely ja käyttö kasvintuotannossa. Suomen Akatemian julk. 5.
- Huhta, V., Sundman, V., Ikonen, E., Sivelä, S., Wartiovaara, T. & Vilkamaa, P. 1978: Jäteliete-kuorirouhe-seosten maatumisen biologia. Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 11. Jyväskylä. 124 s.
- Jann, G.J., Howard, D.H. & Salle, A.J. 1959: Method for the determination of completion of composting. Appl. Microbiol. 7: 271-275.
- Kaila, A. 1952a: Observations on the effect of nitrogen and phosphorus upon the humification of straw. Acta Agr. Fennica 78,2.
- 1952b: Humification of straw at various temperatures. Acta Agr. Fennica 78,3.
- Kaplan, D.L., Hartenstein, R., Neuhauser, E.F. & Malecki, M.R. 1980: Physicochemical requirements in the environment of the earthworm Eisenia foetida. Soil Biol. Biochem. 12: 347-352.
- Kemppainen, E. 1979: Kompostointi jätevesilietteen hyödyntämiskeinona. Vesihallituksen tiedotus 178: 114-160.
- Keränen, T. 1966: Karjanlannan kasvinravinteet. Maatal. ja koetoim. 20: 7-11.
- Kurki, M. 1966: Viljavuustutkimuksen hyväksikäyttö. Onnela & co. 19 s.
- Latostenmaa, H. 1976: Jätevesilietteen hyödyntämisen perusteet. VVY tutkimus 21. (Vesihallituksen projekti no. 7523). Hki.
- Lehtokari, M. & Paatero, J. 1981: Kompostointiprosessin seurantamenetelmistä. Vesitalous 1/1981: 16-19.

- Lilja, R. 1982: Taajamien talousjätteen kompostoinnin kannattavuus. Karjalan tutkimuslaitoksen julk. 49. 191 s. + liitt.
- Orava, R. 1980: Oljen korjuu ja käyttö maataloilla. SITRAn julk. Sarja A. no 64. 105 s. + liitt.
- Paatero, J. & Lehtokari, M. 1980: Kompostointiprosessin pääpiirteet. Vesitalous 1/1980: 20-24.
- Paatero, J., Lehtokari, M. & Kemppainen, E. 1984: Kompostointi. WSOY. Juva. 268 s.
- Pessi, Y. 1970: Väkilannoitteet ja niiden käyttö pelto-
viljelyssä. WSOY. Porvoo. 214 s.
- Rinne, S-L. & Sippola, J. 1984a: Maatalouden jätteiden kompostointi. I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa. MTTK tiedote no. 23: 1-23.
- ,Sippola, J. 1984b: II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineena. MTTK tiedote no. 23: 24-38.
- Spohn, E. 1969: How ripe is compost? Compost Science 10(3): 24-26.
- 1978: Determination of compost maturity. Compost Science 19(3): 26-27.
- Suzuki, M. & Kumada. K, 1977: Nitrogen transformation during the rotting process of rice straw compost. Soil sci. plant. nutr. 23(2): 163-174.
- Yung Chang 1967: The fungi of wheat straw compost. II Biochemical and physiological studies. Trans. Br. mycol. Soc. 50: 667-677.
- & Hudson H.J. 1967: I Ecological studies. Trans. Br. mycol. Soc. 50: 649-666.



Vuorokauden keskilämpötilat ajalla 26.5. - 10.11.1984

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982. 48 p.
2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.
3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailla. Kirjallisuustutkimus. 66 p.
4. MUSTONEN, L., PUILLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982. 186 p. + 4 liitettä.
5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. 13 p. + 8 liitettä.
6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallgödselns utnyttjande. Litteraturöversikt. 81 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaistorjunnassa. 26 p.
9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määrittäminen. 67 p. + 12 liitettä.
10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13. Humuspitoiset lannoitteet. p. 14-20.
11. YLÄRANTA, T. Jordanalysetmetoder i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanneskasvien lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1979-82. 21 p.
13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. 54 p.
14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.
15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

1. Tiivistelmät eräistä MTTK:n julkaisuista 1983. 74 p.
2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savimailla. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.

4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-83. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaattilla. 21 p.
6. VIJORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheinän ja timotein kasvu ja rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.
9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskokeiden tuloksia 1978-83. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.
12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maalajeissa. 10 p.
14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.
15. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
16. JUNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.
17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys porkkanan viljelyssä. 22 p.
18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.
19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 liitettä.
20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14 liitettä.
21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.
22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTK:n kolmen tutkimusaseman näytteiden analyysi. p. 1-38.
- PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.

23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteiden kompostointi. 52 p.
I Typpi -ja fosforilisä oljen kompostoinnissa
II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina
III Kompostin arvo lannoitteena

1985

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1984. 67 p.
2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.
3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakokeissa 1970 - luvulla. 270 p.
4. ETTALA, E. Laidun lypsykarjaruokinnassa. 220 p.
5. TUORI, M. & NISÜLA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuustutkimus. 38 p.
6. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve. Nitrogen and water requirements for carrot, beetroot, onion and cabbage. 61 p.
8. Puutarhaosaston tutkimustuloksia. Taimitarha ja dendrologia. 94 p.
9. KEMPPAINEN, E. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon. Kuivikkeiden ammoniakkin sitomiskyky. 25 p.
10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. & VUORINEN, M. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 p.
11. JAAKKOLA, A., ETTALA, E., HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R. & VUORINEN, M. Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. 53 p.
12. TAKALA, M. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely imeytyskentällä. 36 p.
13. JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen vaikutus ravinnesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. 15 p.
14. JUNNILA, S. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuuskatsaus. 29 p.
15. MÄKELÄ, K. Talven aikana kuolleiden ryhmäruusujen versoissa esiintyvä sieniläjästo vuosina 1976-1982. 13 p. + 8 liitettä.
16. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1977-1984. 168 p. + 4 liitettä.

17. SÄKÖ, J. Maatalouden tutkimuskeskuksen puutarhaosastolla Piikkiössä kokeillut ja kokeiltavana olevat omenalajikkeet.
Perusrungon merkitys omenapuiden talvehtimisessä 1983-84.
SÄKÖ, J. & LAURINEN, E. Omenapuiden harjuistutus.
HIIRSALMI, H. & SÄKÖ, J. Mansikan jalostus johtanut tulokseen.
18. ETTALA, E., SUVITIE, M., VIRTANEN, E., PITKÄNEN, T., ZITTING, M., NÄSI, M., TUOMIKOSKI, T. & NISKANEN, M. Metsä -ja maatalouden sivutuotteet lihamullien rehuna. 51 p.
19. MANNER, R. & AALTONEN, T. Pitko-syysvehnä. 6 p + 27 liitettä.
20. MANNER, R. & AALTONEN, T. Kartano-syysruis. 5 p + 13 liitettä.
21. ANISZEWSKI, T. Lupiini viljelykasvina. 134 p.
22. HUOKUNA, E., JÄRVI, A., RINNE, K. & TALVITIE, H. Nurmipalkokasvit puhtaana kasvustona ja heinäseoksena. p. 1-12.
HUOKUNA, E. Apilan pahkahomeen esiintymisestä. p. 13-20.
HUOKUNA, E. & HÄKKINEN, S. Englanninraiheinä säilörehunurmissa. p. 21-26.
23. VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., LARPES, E., MICORDIA, A. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet esikuivatun ja tuoreen säilörehun valmistuksessa sekä kiinteä ja nouseva väkirehun annostus mullien kasvatuksessa. p. 1-32.
VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., SORMUNEN-CRISTIAN, R. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet nurmirehun säilönnässä. p. 33-45.
24. RISSANEN, H., ETTALA, E., MELA, T. & MUSTONEN, L. Laitumen sadetuksen ja väkirehujen käytön vaikutus lehmien tuotoksiin. p. 1-21.
RISSANEN, H., KOSSILA, V. & VASARA, A. Urean, Urea-Foeforihappo-Viherjauhoyhdisteen (UPV) ja soijan vertailu raakavalkuaislähteinä maidontuotantokokeissa lehmillä. p. 22-30.
KOSSILA, V., KOMMERI, M. & RISSANEN, H. Monokalsiumfosfaatti ja ureafosfaatti sekä käsittelemätön olki ja ammoniakilla käsitelty olki mullien ruokinnassa. p. 31-40.
25. KORTET, S. Puna-apilan paikalliskantojen ekologia. 66 p.
26. MEHTO, U. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. Kirjallisuustutkimus. 77 p.
27. HUHTA, H. & HEIKKILÄ, R. Rehuviljan viljely Pohjois-Karjalassa. 24 p. + 2 liitettä.

2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteena. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmmikkoheinien ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus. Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-84. 48 p.
5. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikeko-keiden tuloksia 1978-1985. 128 p.+ 4 liitettä.
6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus. Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-84. 42 p.
7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen. Kirjallisuustutkimus. 51 p.
8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla.
ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä.
HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla.
ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvus-
tossa.
9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsa lan-
noitteina. 43 p.
10. MATIKAINEN, A. & HUHTA, H. Nurmikasvilajikkeet Karjalan tutkimusasemalla. 24 p.
11. SOVERO, M. Nopsa-kevättrypsi. 15 p. + 2 liitettä.
12. NIEMELÄ, P. Kuiviketurpeen soveltuvuus turkistarhoilla kertyvän sonnan ja virtsan käsittelyyn. 15 p + 4 liitettä.
13. PULLI, S., Vestman, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M.
Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. 51 p.
14. SIMOJOKI, P., RINNE, S-L., SIPPOLA, J., RINNE, K., HIIVOLA, S-L. &
TALVITIE, H. Herneaurasta saatava typpilannoitusohyöty. 27p. + 22 liitettä.

15. SÄKÖ, J. & YLI-PIETILÄ, M. Hedelmäpuiden ja marjakasvien talvehtiminen talvella 1984-85. 28 p.
16. MANNER, R. & KORTET, S. Niina-ohra. 31 p + 1 liite.
17. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
18. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. 106 p. + 23 liitettä.
21. RAVANTTI, S. Iki-timotei. 33 p. + 1 liite.
22. URVAS, L. & VIRRI, K. Maaperäkarttaselitys. Turku-Rymättylä. 34 p. + 7 liitettä.
23. VUORINEN, M. Kalkituskokeiden tuloksia saraturvemaalta 1977-83. 22 p.

1987

2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteenä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kuluminen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. p. 1-30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. p. 31-42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981-85. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.
9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koristekasvien talvehtiminen talvella 1984-85. 38 p.

