

VAKOLAn tiedote
80/2000



Maarit Puumala Henrik Sarin

Lannan aumavarastointi

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Agricultural Research Centre of Finland

VAKOLA

Maatalousteknologian tutkimus

Osoite
Vakolantie 55
03400 VIHTI

Puhelin
(09) 224 251
Telekopio
(09) 224 6210

Agricultural Engineering Research

Address
Vakolantie 55
FIN-03400 VIHTI
FINLAND

Telephone int.
+358 9 224 251
Telefax int.
+358 9 224 6210

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	3
1 KOEAUMAT JA NIIDEN SEURANTA	3
1.1 Broilerinlanta	3
1.2 Lehmänlanta	4
1.3 Hevosenlanta	5
1.4 Rumpukomposti	5
2 TULOKSET	5
2.1 Silmämääräiset havainnot varastoinnin ja aumojen purkamisen yhteydessä	5
2.2 Mittaukset seurannan aikana	7
2.3 Broilerinlanta	7
2.3.1 Lämpötilat	7
2.3.2 Ammoniakin haihtuminen	8
2.3.3 Valumavedet	8
2.3.4 Ravinnetappiot	10
2.4 Lehmänlanta	11
2.4.1 Lämpötilat	11
2.4.2 Ammoniakin haihtuminen	11
2.4.3 Valumavedet	12
2.4.4 Ravinnetappiot	12
2.5 Hevosenlanta	13
2.5.1 Lämpötilat	13
2.5.2 Ammoniakin haihtuminen	13
2.5.3 Valumavedet	13
2.5.4 Ravinnetappiot	13
2.6 Rumpukomposti	14
2.6.1 Lämpötilat	14
2.6.2 Ammoniakin haihtuminen	14
2.6.3 Valumavedet	14
2.6.4 Ravinnetappiot	15
3 KATTEEN VAIKUTUS HAIHTUVAN AMMONIAKIN MÄÄRÄÄN	16
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	18

LIITTEET

JOHDANTO

Maatalouden ympäristötuen ehtojen mukaan lanta on varastoitava asianmukaisessa, riittävän kokoisessa lantalassa. Aumavarastointi pellolla on sallittua ainoastaan tilapäisesti paikallisen maatalousviranomaisen luvalla. Myös nitraattidirektiivin täytäntöönpanopäätös asettaa samanlaisia ehtoja lannan varastoinnille. Varastointivaatimuksesta aiheutuu maatalouselinkeinolle melkoisia lisäkustannuksia, sillä monella tilalla lantala on liian pieni tai sitä ei lannan suuren kuiva-ainepitoisuuden takia, kuten broilerituotannossa, ole katsottu tarpeelliseksi rakentaa lainkaan.

Maatalouden tutkimuskeskuksen Maatalousteknologian tutkimuslaitoksella (MTT/Vakola) on vuosina 1995 - 1998 toteutettu maatalouden ympäristötuen kokeiluhankevaroilla seurantahanke, jonka tavoitteena on ollut selvittää maataloilla syntyvän kuivalannan aumavarastoinnin edellytykset ja ympäristövaikutukset. Seuranta aloitettiin syksyllä 1995 broilerpehkulla, jolloin hankkeessa oli mukana Suomen Broileryhdistys ry. Seuranta-aumat sijoitettiin Pälkäneen Laitikkalaan, Eila ja Jouni Rönнин maatilalle. Seuraavana vuonna otettiin selvitykseen mukaan lehmänlanta Seppo Tikkasen tilalla Karkkilassa, hevosenlanta Hannu Laurolan tilalla Nurmijärvellä ja lietelannasta sekoitettu rumpukomposti Arto Puumalan tilalla Vihdissä.

Aumojen varastopohjat suunniteltiin kunkin tilan tarpeiden mukaan. Siten ne olivat kaikki erilaisia, joskin lehmän- ja hevosenlannan varastolaatta oli samasta materiaalista. Aumoissa käytettiin myös erilaisia katteita. Kaikkien lantatyypin varastointia seurattiin kaksi vuotta.

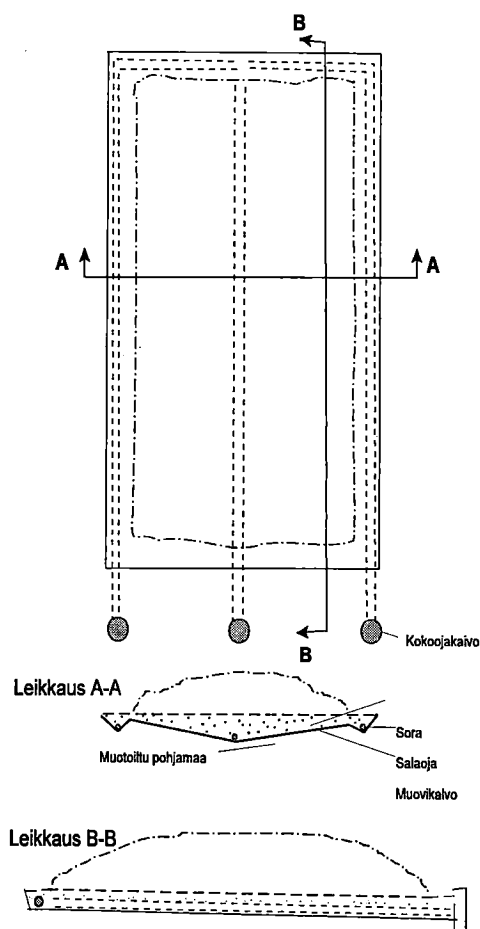
1 KOEAUMAT JA NIIDEN SEURANTA

1.1 Broilerinlanta

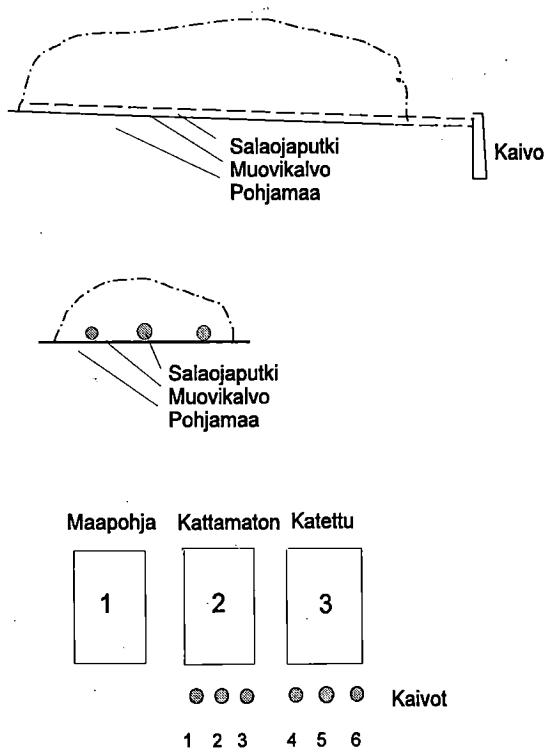
Broilerinlantakokeissa käytettiin lantana broilerikasvatamon turvepehkuja, koska noin 80 % maamme broilerikasvattajista käyttää kuivikkeena turvetta. Broilerinlannan aumakokeet tehtiin kahtena peräkkäisenä talvena käyttäen kolmea rinnakkaista aumaa. Ensimmäiset aumat perustettiin kuvan 1 mukaisesti muotoillun maapohjan ja sorapatjan päälle. Muovikalvo esti valumavesien pääsyn maaperään. Soraan upotetut salaojaputket keräsivät aumoista kertyneen veden kaivoihin aumojen pätyyn. Kutakin aumaa kohti oli kolme muovikaivoa, yksi keskellä aumaa ja yksi molemmissa reunoissa.

Ensimmäiset aumat perustettiin 1.11.1995 ja purettiin 7.6.1996, joten varastointiaika oli seitsemän kuukautta. Yhdessä aumassa oli fytaasientsyymiä sisältäneellä rehulla ruokittujen broilereiden lantaa ja kahdessa muussa tavanomaisella rehulla ruokittujen broilereiden lantaa, joista toinen oli lisäksi katettu n. 10 cm turvekerroksella. Aumat olivat kooltaan kukin noin 30 m³.

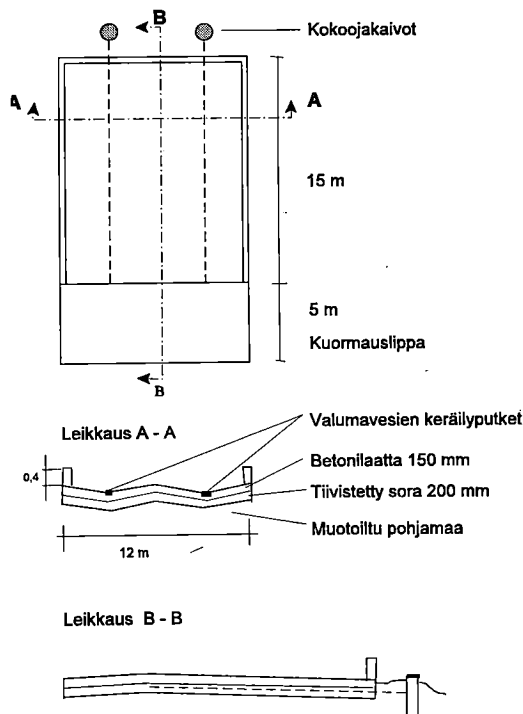
Syksyllä 1996 kolmesta aumasta ensimmäinen perustettiin pelkän kuoritun maapohjan varaan tarkoituksena selvittää maapohjaan tunkeutuvien ravinteiden määrä. Kaksi muuta perustettiin muovikalvon päälle, kuva 2. Myös tällä kertaa aumojen pohjaan asetettiin salaojaputket, jotka johtivat aumoista valuneen veden keräily-



Kuva 1. Ensimmäisen kokeiluvuoden broilerinlanta-auman pohjarakenne.



Kuva 2. Toisen kokeiluvuoden broilerinlanta-auman pohjarakenne ja aumojen sijainti.



Kuva 3. Lehmänlannan varastolaatta.

kaivoihin. Myös kaivot, joita oli kolme aumaa kohti, ympäröitiin tiiviillä muovilla, jotta niihin ei päässyt ulkopuolisia vesiä. Aumat perustettiin 28.8.1996 ja purettiin 13.5.1997, jolloin varastointiaikaa kertyi kahdeksan ja puoli kuukautta. Toinen muovikalvon päälle perustetuista aumoista oli katettu 10 - 20 cm paksulla turvekerroksella. Muut aumat olivat kattamattomia. Aumassa 1 oli noin 29 m³ broilerpehkuu, aumassa 2 noin 46 m³ ja aumassa 3 noin 43 m³.

1.2 Lehmänlanta

Lehmänlantakokeet tehtiin sekä lantapuristimella parsinavetasta poistetulla lannalla että mullien ja hiehojen kasvatuskarsinoista peräisin olleella kuivikelannalla. Lehmänlannan aumauskokeet tehtiin kahtena peräkkäisenä talvena kahdessa vierekkäisessä aumassa. Lannan aumaamista varten rakennettiin betonipohjainen laatta, jossa oli urat valumavesien keruuputkia varten, kuormauslippa ja matalat reunukset, kuva 3. Laatan ulkopuolelle rakennettiin betonirenkaista kaksi halkaisijaltaan 80 cm:n kaivoa, joihin valumavedet johdettiin. Laatalle voitiin sijoittaa kaksi vierekkäistä aumaa.

Ensimmäiset aumat koottiin 23.-24.8.1996 ja purettiin 15.-20.5.1997, jolloin varastointiaika oli noin kahdeksan ja puoli kuukautta. Toinen aumoista tehtiin hajoittavalla lantakärryllä ja kasattiin korkeammaksi etukuormaimella, jotta sen rakenne olisi ollut löyhempi. Toinen aumoista kasattiin traktorin etukuormaimella suoraan lantalasta. Toiseen aumaan tuli pelkästään lantapuristimella poistettua lantaa ja toiseen sekä puristinlantaa että kuivikelantaa. Jälkimmäinen katettiin n. 5 cm:n turvekerroksella, toisen auman jäädessä kattamattomaksi. Aumat olivat kooltaan noin 100 m³ kumpikin.

Toiset aumat koottiin 30.6.-3.7.1997 ja purettiin 28.4.1998, jolloin varastointiaika oli kymmenen kuukautta. Molemmat aumat kasattiin traktorin etukuormaimella siten, että molemmissa oli sekä puristinlantaa että kuivikelantaa. Aumojen väliin rakennettiin savesta kapea väliseinä, jonka päälle levitettiin vielä muovi, jotta aumoista valuvat vedet eivät sekoittuneet. Toinen aumoista katettiin noin 10 - 15 cm:n turvekerroksella ja toinen tiiviillä kuormapeitteellä. Aumat olivat kumpikin kooltaan noin 90 m³, josta noin 65 m³ puristinlantaa ja 25 m³ kuivikelantaa.

1.3 Hevoselanta

Hevoselannan aumauskokeessa käytettiin lantaa, jossa oli kuivikkeena joko kutterilastua tai sahanpurua. Koetta varten rakennettiin betonipohjainen varastolaatta, jolle voitiin sijoittaa kolme vierekkäistä aumaa, kuva 4. Tarkoituksena oli, että lantaa ei tarvitse varastoida muualla, vaan kun yksi aumapaikka on ajettu täyteen, voidaan seuraavaan paikkaan alkaa ajaa uutta aumaa ja, kun tämä on täynnä käännetään ensin ajettu auma tyhjälle paikalle ja aletaan sen paikalle ajaa seuraavaa aumaa. Näin varastointiaika saadaan niin pitkäksi, että kun kertaalleen käännetty auma pitää ajaa pois laatalta, se on valmista pellolle levitettäväksi. Betonilaattaan tehtiin urat valumavesien keräämiseksi laatan päädystä oleviin kaivoihin.

1.4 Rumpukomposti

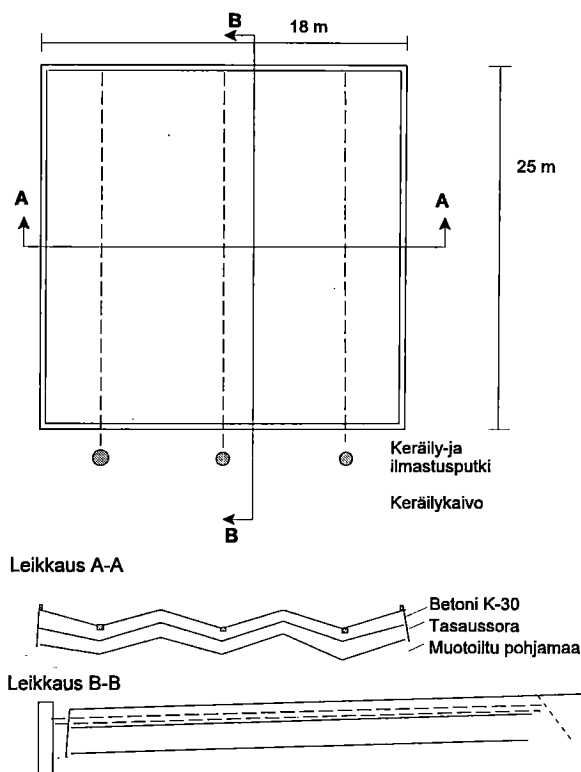
Rumpukompostin varastointikokeessa aumattavana oli rumpukompostoitua sian lietettä, johon oli lisätty tukiaineeksi turvetta. Ennen varastolaatalle ajoa komposti oli ollut välivarastossa noin kolme kuukautta. Koetta varten rakennettiin asfalttipohjainen varastolaatta, kuva 5, jossa oli 0,5- 1 metrin korkuiset seinämät. Varastolaatta ja sen edessä oleva kuormauslippa viettivät noin 2 % kuormauslipan reunassa olevaan olkisuodatimeen päin. Olkisuodatin oli jaettu kahteen osaan siten, että laatalle vierekkäin kasatuista aumoista valuva vesi voitiin johtaa erillisiin kaivoihin.

Aumoista toinen oli katettu kompostiaumojen peitteeksi markkinoitavalla huokoisella Toptex-aumapeitteellä ja toinen auma oli kattamaton.

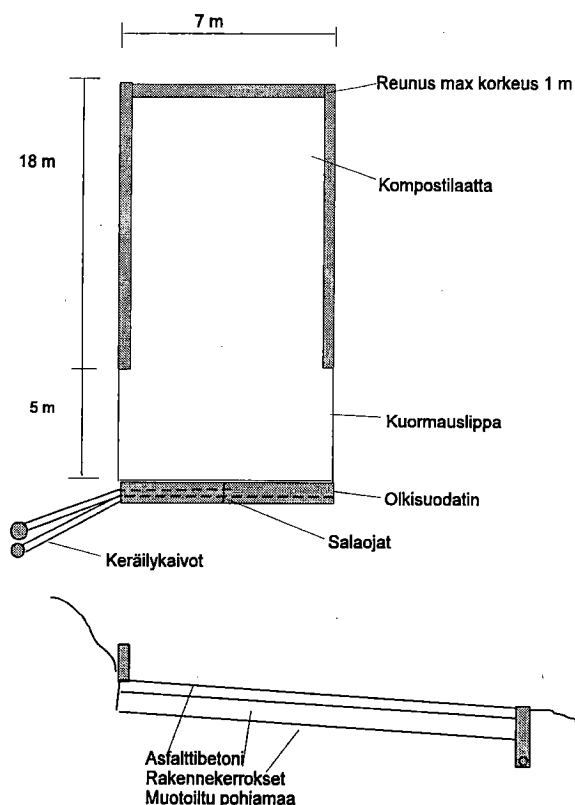
2 TULOKSET

2.1 Silmämääräiset havainnot varastoinnin ja aumojen purkamisen yhteydessä

Hevoselanta-aumat ajettiin etukuormaimella keskiosaltaan 3 metrin korkuisiksi. Noin viiden kuukauden varastoinnin jälkeen auman keskiosan korkeus oli pudonnut 1,5 metriin. Broilerlanta-aumoissa oli havaittavissa samanlaista joskin lievempää aumojen alenemista. Myös lehmälanta-aumat alenivat; aumaan upotetun merkkitan-



Kuva 4. Hevoselannan varastolaatta.



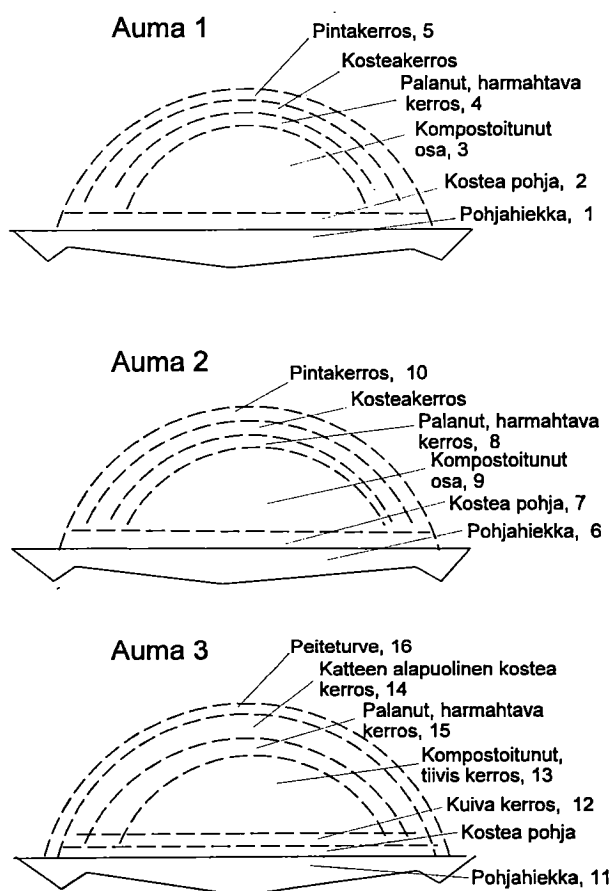
Kuva 5. Rumpukompostin varastolaatta.

gon kohdalla painuma oli noin 30 senttimetriä. Lehmänlanta-aumojen aleneminen ei ollut massan vähenemistä ja tiivistymistä kuten hevosen- ja broilerinlanta-aumoissa, vaan aumat levisivät.

Varastoinnin aikaisen painumisen johdosta lehmänlanta-aumat täyttivät varastointilaatan reunuksia myöten. Tästä oli seurauksena, että lannasta puristuvaa nestettä olisi valunut reunusten yli, jos auman reunoille ei olisi levitetty ylimääräistä turvetta, johon neste imeytyi. Nestettä ei tullut pelkästään puristinlannasta vaan myös kuivikelannasta ja jopa siinä määrin, että myös kuormauslipalle oli levitettävä turvetta.

Kattamattoman rumpukompostiauman pintaan alkoi noin kuukauden varastoinnin jälkeen kasvaa rikkaruohoja, jotka runsaan kolmen kuukauden varastointijakson jälkeen olivat parhaimmillaan noin puolen metrin korkuisia. Pieni sade imeytyi hyvin aumoihin, eikä valumavesiä muodostunut.

Seurannassa olleista aumoista ensimmäisenä purettiin broilerinlanta-aumat. Aumoissa oli selvästi havaittavissa erilaisia kerroksia, jotka poikkesivat toisistaan joko värin, tiiviyden tai kosteuspoitoisuuden suhteen. Kuvassa 6 on esitetty ensimmäisistä broilerinlanta-aumoista havaitut kerrokset.



Kuva 6. Ensimmäisen seurantajakson jälkeen broilerinlanta-aumoissa havaitut kerrokset ja otettujen näytteiden numerointi (liite 1, taulukko 1/1).

Auma 1, lanta kasvattamosta, jossa käytetty fytaasilla täydennettyä rehua:

- auman pinnassa kauttaaltaan 1-2 cm:n paksuinen kuivunut kerros, joka halkeillut,
- kuoren alla kostea 15-20 cm:n paksuinen kerros,
- kostean kerroksen alla harmahtava kerros, jonka paksuus vaihteli, ollen keskimäärin 10 cm,
- em. kerroksen alla tasaisesti kompostoitunut kerros ja
- auman pohjalla märkä kerros koko auman leveydeltä, paksuus noin 5 cm.

Auma 2, kattamaton auma:

- kerroksellisuus kuten aumassa 1 ja
- tasaisesti kompostoituneessa kerroksessa havaittavissa tiiviimpi sydänosa.

Auma 3, noin 10 cm turvekerroksella katettu auma:

- kate kuivempi kuin muiden aumojen pinta, ei halkeillut,
- katteen alla kostea kerros pehkuu, paksuus 2-5 cm,
- ei niin selvää palanutta vyöhykettä kuin aumoissa 1 ja 2,
- sisäosa tasaisesti kompostoitunut,
- kuivakerros ja pohjalla kostea noin 5 cm paksuinen kerros.

Muissa seuratuissa aumoissa havaittiin samantapaista kerroksellisuutta, joskaan kerrokset eivät olleet aivan yhtä selviä kuin broilerin lannassa. Kaikille aumoille yhteisenä oli havaittavissa auman pohjalla ollut 5-10 cm paksuinen muuta aumaa selvästi kosteampi kerros. Kattamattomiin aumoihin oli muodostunut kuivahko kuorikerros, jossa oli selvästi erottuvaa halkeilua.

2.2 Mittaukset seurannan aikana

Lämpötilaa mitattiin aumoista metrin mittaisella anturilla, joka oli kiinnitetty osoitinnäyttöiseen mittariin. Lämpötilat kirjattiin ylös kahdenkymmenen senttimetrin välein metrin syvyyteen asti. Lisäksi merkittiin muistiin ulkolämpötila, muut sääolosuhteet ja mahdollinen lumipeite aumojen pinnalla.

Ammoniakin haihtumista aumoista mitattiin ilmaisinputkilla Dräger-mittalaitteella. Menetelmällä saadaan mitattua tietynä hetkenä tietystä kohdasta haihtuvan ammoniakin pitoisuus, ei siis aumoista kaikkiaan haihtuvan ammoniakin määrää. Mittauksella voidaan kuitenkin selvittää eri lantalajien välisiä eroja sekä kattamisen vaikutusta ammoniakin haihtumiseen.

Kaikista kokeiluaumoista pyrittiin keräämään valumavedet kaivoihin. Erityisesti tiivispohjaisten varastolaattojen ongelmana oli, että kaivoihin kertyi myös kuormauslipalta ja laatan tyhjänä olevalta alalta sadevesiä, joiden osuutta kokonaisvesimäärästä oli vaikea arvioida. Ensimmäisellä seurantajaksoilla broilerinlanta-aumoja ympäröivältä hiekalta kertyi myös auman ulkopuolisia vesiä kaivoihin. Kaivoihin kertyneiden vesien määrät mitattiin ja lisäksi kaivoista otetuista näytteistä analysoitiin kokonaistyyppi, liukoinen tyyppi tai vaihtoehtoisesti nitraatti- ja ammoniumtyyppi, liukoinen fosfori tai vaihtoehtoisesti fosfaattifosfori ja osasta näytteitä myös kokonaisfosfori.

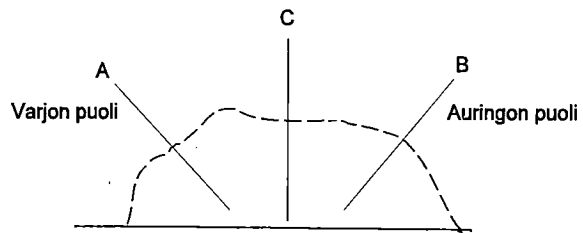
Aumoihin varastoiduista lannoista otettiin kokoomanäytteet auman kasaamisen yhteydessä ja aumojen purkamisen yhteydessä näytteet erilailla kompostoituneista kerroksista, mikäli niitä silminnähdessä oli todettavissa. Lannoista määritettiin kuiva-ainepitoisuudet sekä samat ravinneanalyytit kuin valumavesistä. Näytteiden avulla pyrittiin laskennallisesti määrittämään ravinnetappioita.

2.3 Broilerinlanta

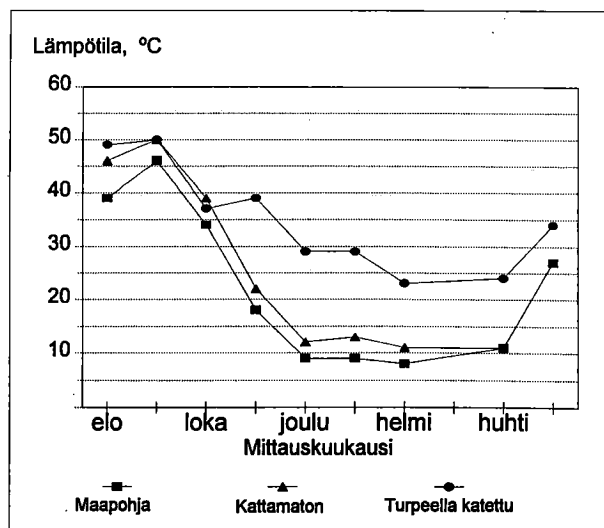
2.3.1 Lämpötilat

Ensimmäisenä talvena lämpötiloja seurattiin kerran kuukaudessa tehdyin mittauksin siten, että lämpötilat mitattiin kunkin auman keskeltä kolmesta eri suunnasta 20 cm:n välein kuvan 7 osoittamalla tavalla. Mittaustulokset osoittivat, että aumat kompostoituiivat. Kateussa aumassa lämpötilat olivat korkeampia kuin kattamattomissa. Keväällä lämpötilat eivät kateussa aumassa lähteneet niin nopeasti nousuun kuin kattamattomissa aumoissa, mistä voi päätellä, että auma oli pidemmälle kompostoitunut. Korkeimmat mitatut lämpötilat kateussa aumassa olivat yli 60 °C, kattamattomassa 50 °C ja ne mitattiin ensimmäisellä mittauskerralla eli noin 1 kk aumojen perustamisesta. Lämpötilakehityksen kuvaajat aumoitain on esitetty kuvassa 8.

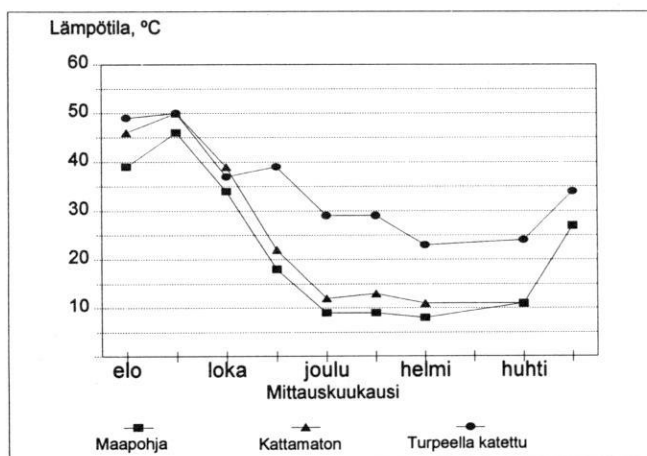
Toisena seurantajaksona lämpötiloja mitattiin ensimmäisen kuukauden aikana viikon välein, seuraavan kuukauden aikana kahden viikon välein ja lopuksi kuukauden välein. Kustakin aumasta mitattiin lämpötila vain yhdestä



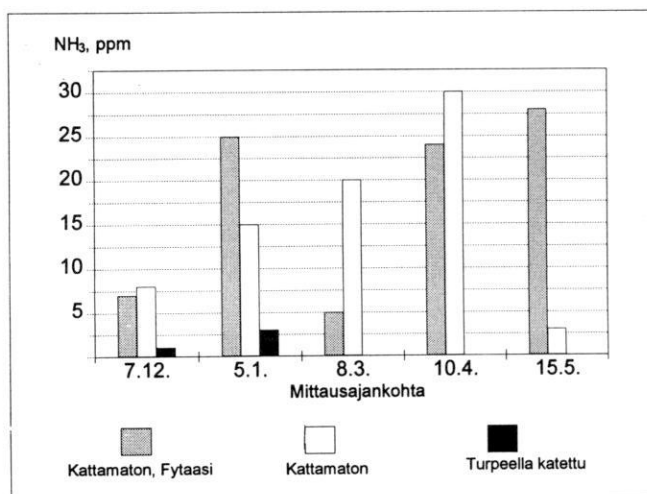
Kuva 7. Lämpötilojen mittauskohdat broilerinlanta-aumoista.



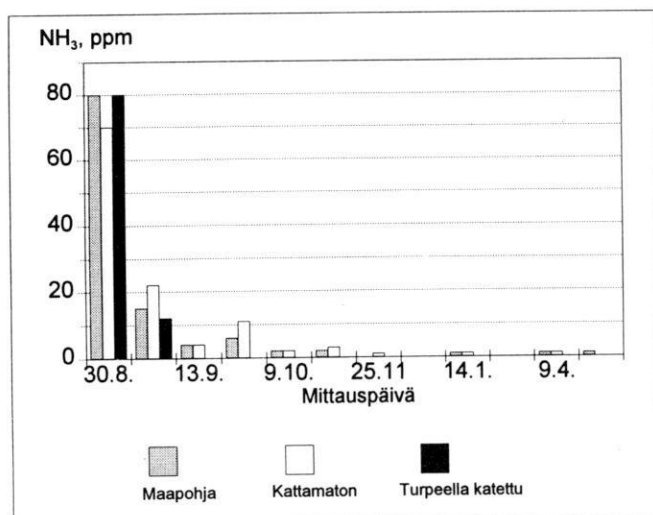
Kuva 8. Lämpötilojen kehittyminen broilerinlanta-aumoissa ensimmäisen seurantajakson aikana.



Kuva 9. Lämpötilojen kehittyminen broilerinlanta-aumoissa toisen seurantajakson aikana.



Kuva 10. Ammoniakin haihtuminen broilerinlanta-aumoista ensimmäisen mittausjakson aikana.



Kuva 11. Ammoniakin haihtuminen broilerinlanta-aumoista toisen mittausjakson aikana.

kohtaa keskeltä aumaa 20 cm:n välein. Mittaussuunta vastasi ensimmäisen seurantajakson suuntaa C. Lämpötilakehityksen kuvaajat kuukausikeskiarvoina aumoittain on esitetty kuvassa 9. Korkeimmat lämpötilat mitattiin kattamattomista aumoista 1. ja 2. varastointiviikon jälkeen. Katetussa aumassa lämpötilamaksimi saavutettiin kolmen viikon varastoinnin jälkeen. Katetun auman lämpötila pysyi koko varastointijakson korkeamana kuin kattamattomien ja kevään lämmön nousu oli pienempää kuin kattamattomissa.

2.3.2 Ammoniakin haihtuminen

Lämpötilamittausten yhteydessä mitattiin myös ammoniakin haihtumista aumojen pinnalta. Paitsi aivan pinnasta ammoniakin haihtumista mitattiin myös kaivetuista koloista. Näin haluttiin selvittää, onko aumassa jäljellä ammoniakkia, joka myöhemmin voisi haihtua. Mittaukset aumojen pinnasta osoittivat, että katetusta aumasta haihtui huomattavasti vähemmän ammoniakkia kuin kattamattomista. Suurimmat haihtuvan ammoniakin pitoisuudet mitattiin kattamattomien aumojen pintaan muodostuneista halkeamista.

Ensimmäisen mittausjakson mittauksien tulokset on esitetty kuvassa 10 ja toisen jakson tulokset kuvassa 11.

2.3.3 Valumavedet

Ensimmäisen seurantajakson aikana kunkin broilerilanta-auman kohdalla oli kolme kaivoa, joihin valumavesiä kerättiin. Kaiivot oli numeroitu siten, että kolme ensimmäistä oli kattamattoman fytaasiensyymillä täydennetyllä rehulla ruokittujen broilereiden lanta-auman kohdalla, kolme seuraavaa kattamattoman normaalirehulla ruokittujen broilereiden lanta-auman kohdalla ja kolme viimeistä turpeella katetun lanta-auman kohdalla. Ensimmäisellä jaksolla kaivoihin kertyi vettä siten, että ensimmäiset näytteet saatiin 7. joulukuuta kaivoista 7 ja 8. Seuraavat näytteet saatiin kaikista kaivoista 10. huhtikuuta

ja viimeiset näytteet saatiin 25. huhtikuuta kaikista muista paitsi kaivosta numero 8. Kaikkiaan aumasta 1 valui vettä kokeen aikana 317 litraa, aumasta 2 kaikkiaan 358 litraa ja 78 litraa aumasta 3. Typeä valumaveteen oli aumasta 1 valunut 23,5 g, 13,2 g aumasta 2 ja 1,8 g aumasta 3. Fosfaattifosforia aumoista oli vastaavasti valunut 12,5 g, 10,2 g ja 1,5 g. Valumavesien määrä kaivoittain on esitetty taulukossa 1 ja ravinnepitoisuudet taulukossa 2.

Taulukko 1. Broilerinlanta-aumoista kertynyt valumavesimäärä (litraa) kaivoittain ensimmäisellä seurantajaksolla.

Kaivo ja sen paikka/ päivämäärä	Auma 1 kattamaton fytaasilanta			Auma 2 kattamaton			Auma 3 turvekate		
	Kaivo 1	Kaivo 2	Kaivo 3	Kaivo 4	Kaivo 5	Kaivo 6	Kaivo 7	Kaivo 8	Kaivo 9
	aurinko	keski	varjo	aurinko	keski	varjo	aurinko	keski	varjo
7.12.1995	0	0	0	0	0	0	7	5	0
10.4.1996	85	90	82	46	126	149	11	11	34
25.4.1996	9	8	43	20	2	15	11	0	9
Yht.	94	98	125	66	128	163	29	16	43

Taulukko 2. Broilerinlanta-aumojen valumavesien ravinnepitoisuudet ensimmäisen seurantajakson aikana eri näytteenotokertoina.

Ravinteet Kaivo	7.12.1995				10.4.1996				25.4.1996			
	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1					6	10	0,2	26	45	35	6	14
2					26	146	0,1	37	149	254	1	11
3					162	46	0,2	58	133	54	0,4	42
4					17	13	0,1	31	33	26	8	10
5					62	31	0,3	40	337	106	0,4	7
6					15	16	0,5	22	62	36	6	4
7	3	2	1	4	3	0,3	0,08	5	7	11	0,03	0,4
8	3	3	<0,015	0,4	12	16	0,7	2				
9					12	14	0,6	12	117	63	4	3

Toisella seurantajaksolla maapohjaisen auman valumavesiä ei kerätty. Sen sijaan kahden muovilla pohjustetun auman kohdalla oli kolme valumavesikaivoa. Kaivot oli numeroitu siten, että kolme ensimmäistä oli kattamattoman auman kohdalla ja kolme jälkimmäistä katetun kohdalla. Ensimmäiset vesinäytteet otettiin 10.3.1997, jolloin vettä oli kaikissa muissa kaivoissa paitsi numero 5:ssä. Seuraavat näytteet otettiin 9.4.1997, jolloin kaivot 1, 2 ja 5 olivat tyhjiä. Kolmas näytteenotokerta oli 12.5.1997., jolloin kaivot 1, 2, 4 ja 5 olivat tyhjiä. Seurantajaksolla aumasta 2 kertyi kaivoihin vettä 561 litraa ja aumasta 3 vastaavasti 322 litraa. Auman 3 keskimmäiseen kaivoon ei koko seurantajakson aikana kertynyt vettä. Typeä kattamattomasta aumasta kaivoihin kertyi yhteensä 2127 g ja fosforia 381 g. Katetusta aumasta vastaavat kertymät olivat 338 g typeä ja 52 g fosforia. Valumavesien määrä kaivoittain on esitetty taulukossa 3 ja ravinnepitoisuudet taulukossa 4.

Taulukko 3. Broilerinlanta-aumoista kertynyt valumavesimäärä (litraa) kaivoittain toisella seurantajaksolla.

Kaivo ja sen paikka Päivämäärä	Auma 2 kattamaton			Auma 3 turvekate		
	Kaivo 1	Kaivo 2	Kaivo 3	Kaivo 4	Kaivo 5	Kaivo 6
	aurinko	keski	varjo	aurinko	keski	varjo
10.3.1997	121	130	155	61	0	107
9.4.1997	0	0	93	27	0	89
12.5.1997	0	0	62	0	0	38
Yht.	121	130	310	88	0	234

Taulukko 4. Broilerinlanta-aumojen valumavesien ravinnepitoisuudet toisen seurantajakson aikana eri näytteenotokertoina.

Ravinteet kaivo	10.3.1997					9.4.1997				12.5.1997			
	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P _{tot}	PO ₄ -P	N _{tot}	NH ₄ -N	P _{tot}	PO ₄ -P	N _{tot}	NH ₄ -N	P _{tot}	PO ₄ -P
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	4200	0	3200	830	750								
2	18	8	2	3	1								
3	6300	0	5000	1100	1000	3000	230	510	490	5600	4300	960	920
4	2000	0	1700	290	280	1200	980	180	170				
5													
6	930	0	720	270	270	720	530	220	210	440	330	170	180

2.3.4 Ravinnetappiot

Broilerinlannoista ja peiteturpeesta tehtyjen analyysien tulokset seurantajaksoittain on esitetty liitteessä 1. Liitetaulukoissa on myös analyysitulokset aumapohjan hiekasta ja pohjamaasta ennen auman perustamista ja auman purkamisen jälkeen. Tuloksien perusteella ravinteita on kertynyt sekä hiekkaan että pohjamaahan. Ei tiedetä miten syväälle pohjamaahan ravinteita on tunkeutunut, koska purkamisen jälkeinen näytteenotto on ulottunut vain noin 20 cm syvyyteen jankkokerrokseen asti.

Analyysien perusteella tehty karkea aumojen typpitaselaskelma, taulukko 5, ei osoita, että katettuun aumaan olisi säästynyt enemmän typpeä kuin kattamattomiin. Tämä selittyy sillä, että aumojia ei katettu välittömästi niiden perustamisen jälkeen, vaan ensimmäisellä kerralla vasta noin viikon kuluttua ja toisella koejaksolla vasta runsaan kahden viikon kuluttua. Analyysituloksista havaitaan, taulukko 6, että ensimmäisen seurantajakson aikana kaikista aumoista tyyppästä on hävinnyt vähintään puolet, toisella seurantajaksoilla häviö on ollut pienempi. Tähän vaikuttanee osaltaan aumojen suurempi koko toisella seurantajaksoilla.

Taulukko 5. Karkea kokonaistypen taselaskelma broilerinlanta-aumoista, kg/auma-m³, kun oletuksena on, että kuiva-ainetta on kompostoitumisen aikana hävinnyt 15 %.

	Aumassa alussa, kg/m ³	Kaivoihin tai maahan, kg/m ³	Aumassa lopussa, kg/m ³	Laskennallinen häviö, kg/m ³
1. koejakso				
Auma 1	11,8	1,2	4,2	6,4
Auma 2	9,9	0,7	1,6	7,7
Auma 3	9,9	0,1	3,0	6,8
2. koejakso				
Auma 1	4,8	0,8	3,1	0,9
Auma 2	4,8	0,04	3,0	1,8
Auma 3	4,8	0,007	2,5	2,3

Taulukko 6. Broilerinlanta-aumojen kokonaistypen muutos prosentteina, kun oletuksena on, että kuiva-ainetta on kompostoitumisen aikana hävinnyt 15 %.

	Aumassa alussa %	Aumassa lopussa %	Kaivoihin tai maahan %	Laskennallisesti ilmaan %	Typen häviö
1. koejakso					
Auma 1	100	35	10	55	65
Auma 2	100	16	7	77	84
Auma 3	100	30	1	69	70
2. koejakso					
Auma 1	100	64	16	20	36
Auma 2	100	62	1	37	38
Auma 3	100	52	0	48	48

2.4 Lehmänlanta

2.4.1 Lämpötilat

Lämpötilaa mitattiin molemmilla seurantajaksolla kummastakin aumasta kolmesta kohtaa 20 cm:n välein. Ensimmäisellä seurantajaksolla lämpötiloja mitattiin ensimmäisen kuukauden aikana kahden viikon välein ja sen jälkeen kuukauden välein joulukuulle asti. Talvella aumat olivat niin jäässä, ettei mitta-anturia saatu työnnettyksi aumojen sisään. Keväällä aumat sulivat ja viimeinen mittaus voitiin tehdä toukokuun puolivälissä ennen aumojen purkua. Tällöinkin aumassa 2 oli jäätyneitä kohtia, joita mitta-anturi ei läpäissyt.

Turpeella katetussa aumassa lämpötilat olivat seurantajaksolla korkeammat kuin kattamattomassa. Lokakuulle asti eroa oli 5 - 10 °C ja sen jälkeen noin 5 °C. Lämpötilat laskivat molemmissa aumoissa marraskuussa 15 °C tuntumaan ja keväällä toukokuussa tehdyssä viimeisessä mitauksessa ne olivat noin 5 °C. Lämpötilojen kehitys on esitetty kuvassa 12.

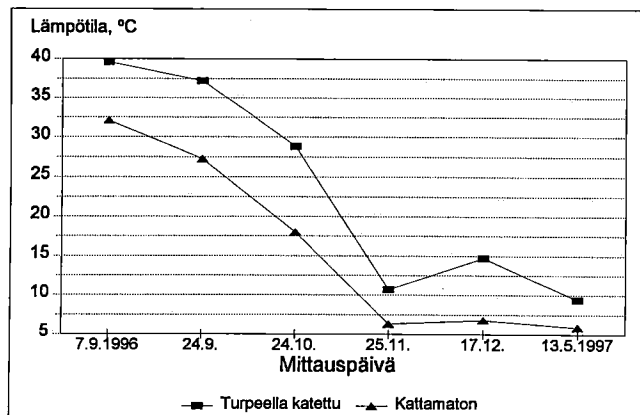
Toisella seurantajaksolla lämpötiloja mitattiin neljän ensimmäisen kuukauden aikana eli lokakuun loppuun asti viikon välein. Joulukuun puoliväliin asti mitauksia tehtiin kahden viikon välein ja sen jälkeen kerran kuukaudessa. Kuormapeitteellä katetusta aumasta ei marraskuun lopun ja huhtikuun lopun välillä saatu kuin muutama mittaus keskeltä aumaa, koska kuormapeite oli jäänyt niin kovaksi, ettei sitä saanut taitetuksi pois auman päältä.

Turpeella katetussa aumassa lämpötilat pysyivät joulukuulle saakka korkeampina kuin kuormapeitteellä katetussa aumassa. Olkilannassa lämpötilaero oli 15 - 20 °C ja puristinlannassa 10 - 15 °C. Talven aikana lämpötilat laskivat turpeella katetussa aumassa alle 10 °C ja huhtikuun lopulla aumojen purettaessa lämpötila aumassa oli keskimäärin 5 °C, samoin kuin kuormapeitteellä katetussa aumassa. Lämpötilojen kehitys on esitetty kuvassa 13.

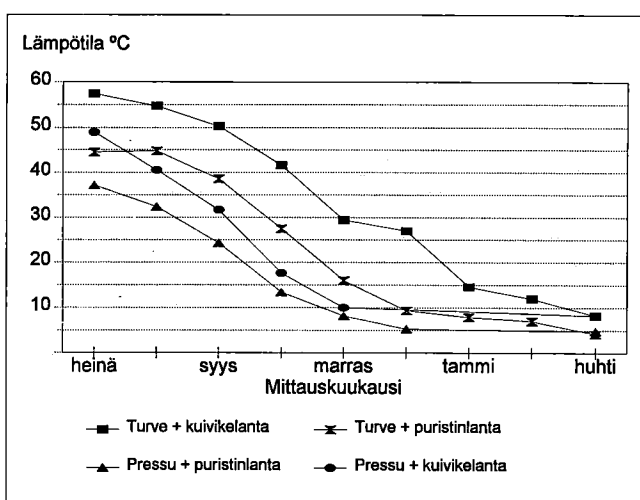
2.4.2 Ammoniakin haihtuminen

Ammoniakin haihtumista lehmän lanta-aumoista mitattiin ensimmäisellä seurantajaksolla lokakuun loppuun asti ja aumojen purkamisen yhteydessä. Toisella jaksolla ammoniakkia mitattiin muutaman kerran syksyn aikana ja aumojen purkamisen yhteydessä.

Ensimmäisellä seurantajaksolla turpeella katetun auman pinnasta mitattiin 2 ppm:n ammoniakkipitoisuus 2 viikkoa aumojen perustamisen jälkeen ja kuukauden vanhan auman pinnasta 0,5 ppm:n pitoisuus. Molemmat mitattiin katteen halkeaman kohdalta. Kattamattomasta aumasta ei samoina mittausajankohtina haihtunut mitattavissa olevaa määrää ammoniakkia. Purkamisen yhteydessä ei kummastakaan aumasta haihtunut mitattavissa olevaa ammoniakkimäärää.



Kuva 12. Lämpötilojen kehitys lehmänlanta-aumoissa ensimmäisellä seurantajaksolla.



Kuvio 13. Lämpötilojen kehitys lehmänlanta-aumoissa toisella seurantajaksolla.

Toisella seurantajaksolla ei kummastakaan aumasta kokeen alkaessa haihtunut mitattavissa olevaa määrää ammoniakkia. Varastoinnin aikana turvekateeseen muodostui halkeamia ja kosteita läikkeitä. Näistä voitiin viiden viikon varastoinnin jälkeen mitata pieniä, 1 - 1,5 ppm, haihtuvan ammoniakkin pitoisuuksia. Kun kuormapeitteellä katetun auman peitettä nostettiin, sen alta voitiin kolmen viikon varastoinnin jälkeen kuivikelannan kohdalta mitata 12 ppm:n pitoisuus, puristinlannan kohdalta ei ammoniakkia haihtunut mitattavissa olevaa määrää. Kuormapeitteellä katetusta aumasta valuvan nesteen pinnasta mitattiin viiden viikon varastoinnin jälkeen 5 ppm:n pitoisuus. Purkamisen yhteydessä ei kummastakaan aumasta haihtunut mitattavissa olevaa ammoniakkimäärää.

2.4.3 Valumavedet

Ensimmäisen talven aikana valumavesikaivoihin kertyi runsaasti vettä. Katetusta aumasta kertyi vettä 6034 litraa ja kattamattomasta 2266 litraa eli yhteensä 8300 litraa. Toisella jaksolla vesiä kertyi hieman vähemmän; turpeella katetusta aumasta 3982 litraa ja kuormapeitteellä katetusta 2381 litraa eli yhteensä 6363 litraa.

Valumavesien ravinnepitoisuuksia on esitetty taulukossa 7. Pitoisuuksien ja valumavesimäärien perusteella voidaan karkeasti laskea, että ensimmäisen seurantajakson aikana kattamattomasta aumasta on veden mukana poistunut kokonaistypestä 3 kg ja vastaavasti turpeella katetusta 8 kg. Toisella seurantajaksolla turpeella katetusta aumasta on kokonaistypeä poistunut 7 kg ja kuormapeitteellä katetusta vastaavasti 3 kg.

Taulukko 7. Lehmärlanta-aumojen valumavesien ravinnepitoisuuksia, mg/litra, eri näytteenotokertoina.

Jakso	Pvm	Auma	N _{tot}	N _{liuk}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P _{tot}	P _{liuk}	PO ₄ -P
I	27.8.1996	molemmat	1970	1200			91	35	
	25.11.1996	turvekate	332		31	200			101
		kattamaton	1505		73	1056			41
	13.5.1997	turvekate	1825		35	295			45
		kattamaton	1195		44	735			22
II	7.7.1997	turvekate	2025		115	1160			152
		kuormapeite	5600		122	1020			177
	29.7.1997	turvekate	991		71	50			1,5
		kuormapeite	298		196	106			3

2.4.4 Ravinnetappiot

Lehmän lannasta seurantajaksoittain tehdyt ravinneanalyysit on esitetty liitteessä 2. Ensimmäisellä seurantajaksolla otettiin analysoitavia näytteitä vain puristinlannasta, koska kuivikelantaa oli vain toisen auman päässä. Molemmilla kerroilla analysoitiin myös peiteturpeen ravinnepitoisuuksia.

Varastoinnissa pintakerrosten ravinnesisältö on pienentynyt ja pohjakerrosten vastaavasti kasvanut. Puristinlannassa ei ollut silmämääräisesti havaittavissa kompostoitunutta kerrosta. Auman pohjassa lanta oli muuttunut kellertäväksi ja seassa ollut olki oranssin väriseksi. Kuivikelannassa oli havaittavissa harmahtavia kompostoituneita kohtia, joskin niiden määrä oli vähäinen broilerinlantaan verrattuna. Kuormapeitteellä katetussa aumassa palaneita kohtia oli hyvin vähän.

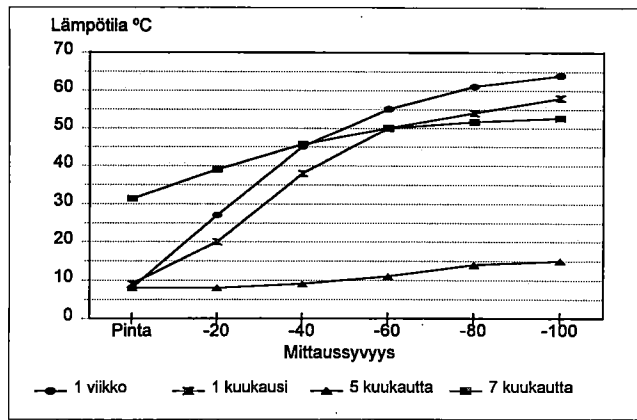
Koska lanta on hyvin epähomogeenista, edes karkeaa ravinnetasetta ei pysty aumoista otetulla näytemäärällä laskemaan. Valumaveden mukana kaivoihin on ravinteita kertynyt 3 - 10 % auman kokonaisravinnemäärästä. Vertaamalla toisen seurantajakson erilailla katettuja aumoja keskenään havaitaan, että turpeella katetun auman pintakerroksessa sekä puristin- että kuivikelannassa on huomattavasti pienempiä kokonaistypen pitoisuuksia kuin kuormapeitteellä katetussa. Kun syvemmillä olevien kerrosten pitoisuuksissa ei ole merkittävää eroa, voidaan turpeella katetun auman pintakerroksesta olettaa haihtuneen tyyppiä. Ensimmäisen seurantajakson turpeella katetun ja kattamattoman auman pintakerrosten kokonaistypen pitoisuuksissa on eroa siinä määrin, että turvekateen voidaan todeta vähentävän typen haihtumista.

2.5 Hevoselanta

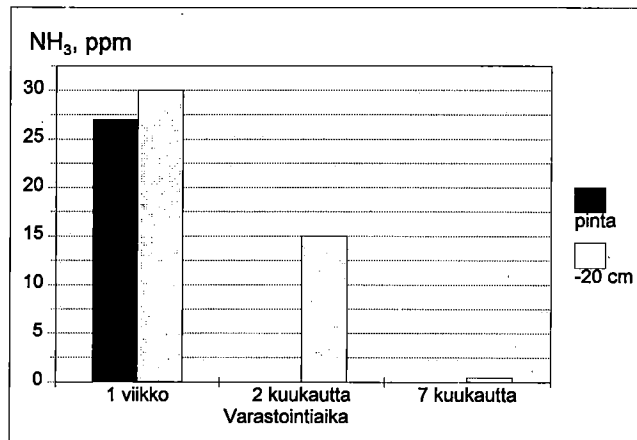
2.5.1 Lämpötilat

Hevoselannan varastoinnissa ei lämpötilojen kehittymistä seurattu varastointijaksoittain, vaan käyntikerroilla mitattiin eri pituisia jaksoja varastoitujen lanta-aumojen tai niiden osien lämpötiloja. Kaikki lanta-aumat olivat kattamattomia. Kokeilua aloitettaessa aumojen kattaminen kuormapeitteellä tms. kiinteällä katteella oli suunnitelmassa, mutta siitä luovuttiin, koska varastolaatta on verrattain aukealla ja tuulisella paikalla.

Kuvassa 14 on esitetty eripituisten varastointiaikojen vaikutus auman lämpötilaan. Kuviosta havaitaan, että lämpötila aumassa laskee viiden kuukauden varastoinnin aikana lähes ulkoilman lämpötilan tasolle, mutta kun auma seitsemän kuukauden varastoinnin jälkeen käännetään, lämpötilat nousevat lähes lähtölämpötilojen tasolle. Kompostoituminen ei siis ole päättynyt, vaan kaasujen vaihdon puutteellisuus on hiivuttanut prosessin.



Kuvio 14. Hevoselannan lämpötilat erilaisten varastointiaikojen jälkeen.



Kuva 15. Hevoselanta-aumoista mitattuja haihtuvan ammoniakin pitoisuuksia.

2.5.2 Ammoniakin haihtuminen

Hevoselanta-aumoista mitattiin ammoniakin haihtumista lämpötilamittausten yhteydessä. Vasta-ajetuista ja lyhyen aikaa varastoiduista aumoista tai niiden osista ammoniakkia haihtui jonkin verran, mutta kun auma oli kuorettunut, siitä ei enää haihtunut ammoniakkia. Kun kuorettuneeseen aumaan tehtiin kolo, haihtui siitä kohtaa ammoniakkia mitattavissa olevia määriä. Mitattuja ammoniakkipitoisuuksia on esitetty kuvassa 15.

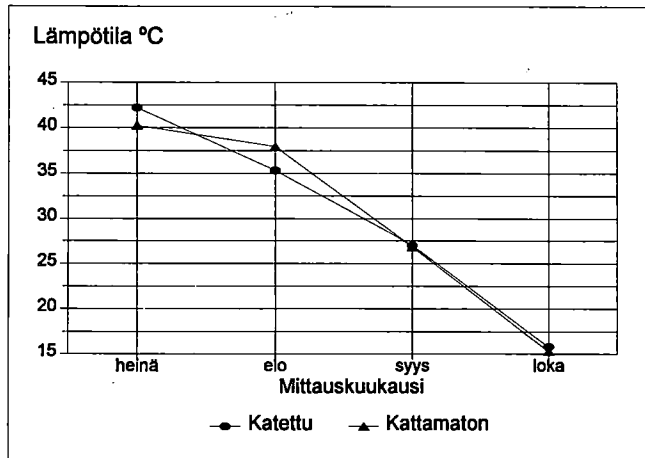
2.5.3 Valumavedet

Valumavesiä hevoselanta-aumoista ei juurikaan muodostunut, koska purulanta oli kuivaa ja imi sadeveden tehokkaasti itseensä. Kokeilun kestäessä kaivoja ei tarvinnut tyhjentää lantavesistä kertaakaan. Sen sijaan tyhjinä odotelleiden varastopohjien kaivot tyhjennettiin sadevedestä ennen lanta-aumojen kasaamista.

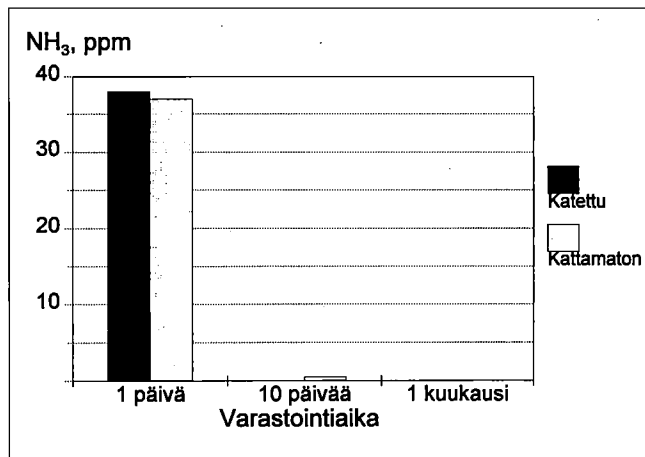
Aumasta valuvasta vedestä edustavan näytteen saaminen oli hankalaa, koska varastolaatalle ajettiin lantaa vähitellen ja osa laatasta oli koko ajan tyhjänä. Tällöin valumavesi muodostui pääosin sadevedestä. Pelkästään lanta-aumasta valuvasta vedestä saatiin otettua vain yksi näyte. Siitä analysoitiin seuraavat ravinnepitoisuudet: N_{tot} 240 mg/l, NO_3-N 55 mg/l, NH_4-N 95 mg/l ja PO_4-P 106 mg/l. Näyte otettiin heti sateen jälkeen, jolloin vettä valui noin 3 desilitraa 15 minuutin aikana.

2.5.4 Ravinnetappiot

Hevoselannasta seurannan aikana tehtyjen ravinneanalyyysien tulokset on esitetty liitteessä 3. Lannan ravinnepitoisuudet vaihtelevat melkoisesti, mikä kertoo materiaalin epähomogeenisuudesta. Typpipitoisuus on varastoinnin aikana alentunut, suurimman osan vähentyneestä typestä voidaan olettaa haihtuneen, koska valumavesiä ei juuri muodostunut.



Kuvio 16. Rumpukompostiaumojen lämpötilan kehitys kuukausikeskiarvoina.



Kuva 17. Rumpukompostiaumoista mitattuja haihtuvan ammoniakin pitoisuuksia.

Fosforin suhteellisen määrän kasvu kuvaa massan pienenemistä eli aumassa on tapahtunut kompostoitumista. Koska lanta on hyvin epähomogeenista, edes karkeaa ravinnetasetta ei pysty aumoista otetulla näytemäärällä laskemaan.

2.6 Rumpukomposti

2.6.1 Lämpötilat

Rumpukompostin varastoinnissa lämpötilojen kehittymistä seurattiin ainoastaan yhdellä seurantajaksolla viikottain. Muutoin lämpötilamittaukset olivat satunnaisia ja niillä pyrittiin varmistamaan kompostoitumisen loppuminen ennen auman purkua. Lämpötilan seurantajaksolla kummastakin kompostiaumasta lämpötilaa mitattiin kolmesta kohtaa eli auman molemmista päistä ja keskeltä 20 cm:n välein yhden metrin syvyyteen. Aumoista mitattujen lämpötilojen kehitys on esitetty kuvassa 16.

Heti aumojen perustamisen jälkeen lämpötilat nousivat 40 ja 45 °C välille. Noin kuukauden ajan ne pysyivät melko korkeina. Sen jälkeen ne lähtivät laskuun ja varastointijakson lopulla lämpötilat olivat noin 15 °C. Lämpötilojen laskuun on saattanut vaikuttaa myös ulkolämpötilojen aleneminen syksyn edetessä.

2.6.2 Ammoniakin haihtuminen

Rumpukompostiaumoista toinen oli peitetty huokoisella aumapeitteellä, tuotemerkki Toptex, ja toinen aumoista oli kattamaton. Ammoniakin haihtumista mitattiin lämpötilojen mittaamisen yhteydessä. Mittaustulokset on esitetty kuvassa 17. Huomattavaa eroa katetun ja kattamattoman auman välillä ei mittauksissa ollut havaittavissa. Ensimmäisenä päivänä haihtuvan ammoniakin pitoisuudeksi mitattiin molemmista aumoista vajaat 40 ppm. Kymmenen päivän kuluttua kattamattomasta aumasta voitiin vielä mitata pieni pitoisuus haihtuvaa ammoniakkia ja kuukauden varastoinnin jälkeen ei kummastakaan aumasta haihtunut mitattavissa olevaa määrää ammoniakkia. Kattamattomaan aumaan oli tässä vaiheessa muodostunut kuiva kuorikerros sekä kesäaikaan matala rikkakasvusto.

2.6.3 Valumavedet

Vaikka rumpukomposti oli melko kostea, kuiva-aine 19 - 24 %, se satoi hyvin sadevettä. Siten valumavesiä muodostui melko vähän. Rumpukompostiaumoista valuneet vedet suodattuivat olkisuodattimen läpi kaivoihin. Varastolaatta oli muotoiltu ja olkisuodatin jaettu siten, että katetun ja kattamattoman auman valumavedet saatiin eroteltua toisistaan. Valumavedestä otettiin näyte laatalta ja kaivoista seurantajaksoittain. Jaksojen välillä keräilykaivot tyhjennettiin. Laatalta kerätystä vedestä analysoitiin seuraavanlaisia pitoisuuksia; N_{tot} 330 mg/l, $\text{NO}_3\text{-N}$ 180 mg/l, $\text{PO}_4\text{-P}$ 350 mg/l ja pH 5,1. Taulukossa 8 on esitetty mitatut valumavesien määrät ja niistä määritettyjä ravinnepitoisuuksia.

Niistä havaitaan, että olkisuodatin on pidättänyt osan ravinteista. Suodattimen teho on seurannan aikana typen suhteen hiukan huonontunut, mutta tyypestä on viimeisessäkin näytteessä pidättynyt suodattimeen yli 60 %. Fosfaattifosforin pidättyminen on ollut koko seurantajakson tasaista, yli 80 %.

Taulukko 8. Rumpukompostiaumoista v. 1997 mitatut olkisuodattimen läpi tulleet vesimäärät sekä niiden ravinnepitoisuuksia, mg/litra.

Pvm	Auma	Määrä, l	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	pH
11.7.1997	Katettu	325 ^{*)}	22	4		45	8,5
	Kattamaton	355	20	7		36	8,2
5.8.1997	Katettu	340	21	13		36	7,7
	Kattamaton	310	71	20		48	7,9
26.10.1997	Katettu	395	33	17	10	26	
	Kattamaton	380	113	80	19	10	

*) hieman pintamaata valunut kaivoon

2.6.4 Ravinnetappiot

Kompostista seurantajaksojen aikana määritetyt ravinnepitoisuudet on esitetty liitteessä 4. Analyysien perusteella on laskettu karkea typen ravinnetase samoin kuin broilerinlannastakin. Laskennan tulokset on esitetty taulukossa 9. Tuloksista voidaan todeta, että 40 - 50 % tyypestä on hävinnyt varastoinnin aikana. Vaikka toisella jaksolla katetusta aumasta on laskennan mukaan typpi vähentynyt vain noin 10 %, ei tulosta katteen positiivisesta vaikutuksesta voida näytteiden vähäisen määrän perusteella pitää luotettavana.

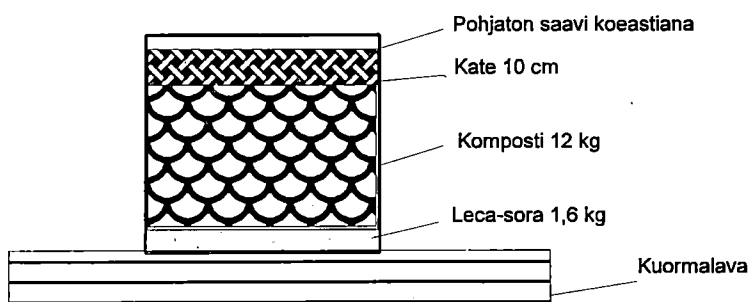
Taulukko 9. Rumpukompostiaumojen kokonaistypen muutos prosentteina, kun oletuksena on, että kuiva-ainetta on kompostoitumisen aikana hävinnyt 15 %.

	Aumassa alussa %	Kaivoihin %	Aumassa lopussa %	Laskennallinen häviö %
1. Seurantajakso 22.2.-15.5.1997				
Kattamaton auma	100	0,01	47	53
2. Seurantajakso 12.7.-26.10.1997				
Katettu auma	100	0,02	92	8
Kattamaton auma	100	0,08	55	45
3. Seurantajakso 27.10.1997-28.4.1998				
Katettu auma	100		60	40
Kattamaton auma	100		59	41

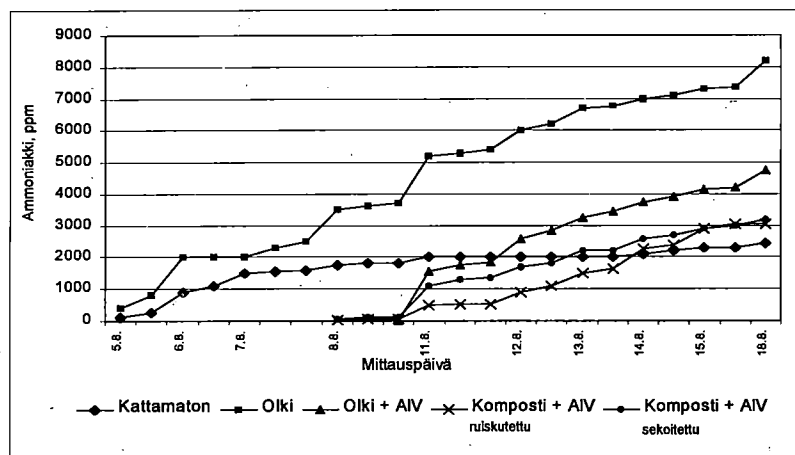
3 KATTEEN VAIKUTUS HAIHTUVAN AMMONIAKIN MÄÄRÄÄN

Aumavarastointikokeihin liittyen MTT/Vakolassa tehtiin elo-syyskuussa 1997 pienimuotoinen katteiden laboratorionkoe kahtena erillisenä jaksona. Koeastiat sijoitettiin säähuhuoneeseen, jonka lämpötila oli noin 35°C ja suhteellinen kosteus 70 - 75 %. Yhden koejakson pituus oli kaksi viikkoa. Koeastiana oli 60 litran pohjaton muovisaavi.

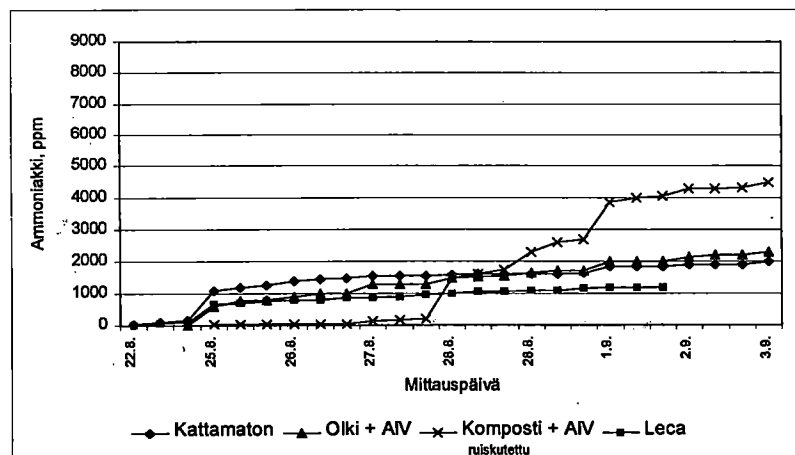
Sähuhuoneen lattialle asetettiin rinnakkain kuormalavat, joiden päälle levitettiin pienisilmäinen verkko. Verkon päälle ladottiin pohjattomat koeastiat. Jokaisen koeastian pohjalle laitettiin 1,6 kg (5 cm) Leca-soraa, ja sen päälle rumpukompostorista purkautunutta kompostia 12 kg (noin 30 cm).



Kuva 18. Katekokeen koejärjestely.



Kuva 19. Katekokeessa ensimmäisellä jaksolla mitattu ammoniakkin haihtuminen.



Kuva 20. Katekokeessa toisella jaksolla mitattu ammoniakkin haihtuminen.

Kompostikerrokseen sijoitettiin lämpötilaa mittaava anturi. Kompostin päälle levitettiin erilaisia katevaihtoehtoja. Kaikkien kerrosten väliin laitettiin harsokangas, jotta astia voitiin purettaessa punnita kerroksittain. (Kuva 18)

Diffuusioputkilla mitatut haihtuneen ammoniakkin määrät on esitetty koejaksoittain kuvissa 19 ja 20. Turpeella, sahanpurulla, hakkeella ja muovilla katetuista koeastioista ei haihtunut mitattavissa olevia määriä ammoniakkin. Sen sijaan kattamattomasta, oljella katetusta ja hapotetuista koeastioista on ammoniakkin haihtunut. Eniten ammoniakkin haihtui pelkällä oljella katetusta astiasta.

Laboratorionkokeen aikaiset muutokset kompostoitavan massan määrässä ja typpipitoisuudessa eri katteilla on esitetty taulukossa 10. Kahden viikon kokeen aikana kompostien massa pieneni 5 - 20 %. Molemmilla koejaksoilla kattamattoman astian massa väheni eniten. Kompostin kokonaistyyppi väheni ensimmäisen koejakson aikana 30 - 50 % ja toisella jaksolla 40 - 60 %. Pieni osa tyyppistä sitoutui koeastioiden päällä olleisiin katteisiin.

Se, että kaikista astioista ei pystytty mittaamaan diffuusioputkilla haihtuvaa ammoniakkia, vaikka typen häviöt ovat kokonaisuudessaan olleet lähes samansuuruisia, selittynee osin sillä, että astiat olivat myös pohjastaan avonaisia, jolloin typpeä on hävinnyt myös sitä kautta. Lisäksi typpeä on voinut hävitä myös muussa muodossa kuin ammoniakkina.

Ensimmäisen koejakson katteet:

- 10 cm kuivaa turvetta
 - 10 cm märkää turvetta
 - 10 cm kuivaa olkisolppua
 - 10 cm AIV-liuksella kostutettua olkisolppua
 - 10 cm kompostia, johon oli sekoitettu AIV-liuosta
 - 10 cm kompostia, johon oli pintaan ruiskutettu AIV-liuosta
 - tiivis muovikalvo
 - ilma-aukolla varustettu muovikalvo
 - 10 cm sahanpurua
- Lisäksi mukana oli kattamaton astia.

Toisen koejakson katteet:

- 10 cm kuivaa turvetta
 - 10 cm AIV-liuksella kostutettua olkisolppua
 - 10 cm kompostia, johon oli pintaan ruiskutettu AIV-liuosta
 - tiivis muovi
 - 10 cm haketta
 - 15 cm haketta
 - 10 cm sahanpurua
 - 10 cm Leca-soraa
- Lisäksi mukana oli kattamaton astia.

Taulukko 10. Katekokeessa havaitut muutokset kokonaisuudessa ja tyypipitoisuudessa eri katemateriaaleilla.

Kate	Kate, N_{tot} g		Komposti N_{tot} g		N_{tot} muutos, g/%		Kokonaismassa, kg		Massa-häviö %
	Alussa	Lopussa	Alussa	Lopussa	Kate	Komposti	Alussa	Lopussa	
<i>I koejakso</i>									
Kattamaton			48	28,4		-19,6/-40	13,7	11	20
Turve, kuiva	0,4	3,0	48	29,9	+2,6/650	-18,1/-38	15,4	13,9	10
Turve, märkä	0,4	3,8	48	32,3	+3,4/850	-15,7/-33	19	16,3	15
Olki	0,1	0,7	48	34,7	+0,6/600	-13,3/-27	13,9	12,6	10
Olki + AIV	0,1	1,3	48	26,8	+1,2/1200	-21,2/-44	14	12,6	10
Komposti+AIV	24,8	13,1	48	29,5	-11,7/-47	-18,5/-38	19,9	16,7	16
Komposti+AIV	24,8	12,5	48	30,8	-12,3/-49	-17,2/-36	19,9	16,6	17
Muovi			48	29,1		-18,9/-39	13,6	13	5
Muovi+ilmareikä			48	25,6		-22,4/-47	13,6	12,9	5
Sahanpuru	0,1	2,2	48	42,5	+2,1/2100	-5,5/-11	15,9	14,4	10
<i>II koejakso</i>									
Kattamaton			42,5	19,4		-23,1/-54	13,6	10,8	21
Turve, kuiva	0,4	1,9	42,5	19,5	+1,5/375	-23/-54	15,4	13,1	15
Olki + AIV	0,1	0,8	42,5	21,8	+0,7/700	-20,7/-49	14	12,1	14
Komposti+AIV	24,8	12,5	42,5	22,7	-12,3/-49	-19,8/-47	19,9	16,7	16
Muovi			42,5	24,5		-18/-42	13,6	13,1	4
Hake 10 cm	0,2	1,6	42,5	23,8	+1,4/700	-18,7/-44	17	15,4	10
Hake 15 cm	0,3	1,7	42,5	19,2	+1,4/465	-23,3/-55	18,7	17,3	8
Sahanpuru	0,1	1,2	42,5	23,6	+1,1/1100	-18,9/-44	15,9	14,8	7
Leca-sora	0	0,2	42,5	17,1	+0,2	-25,4/-60	17,7	17,2	3

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Broilerin turvepehku, hevosen purulanta ja rumpukomposti soveltuvat hyvin aumassa varastoitaviksi. Kyseisten lantojen kuiva-ainepitoisuus on niin korkea tai rumpukompostin massan koostumus sellainen, että niistä ei auman omasta painosta johtuen puristu nestettä ja lähes kaikki sadevedet imeytyvät em. lannoista tehtyihin aumoihin, joten valumavesikaivoja ei tarvita. Kun auman paikka vaihtuu vuosittain eri peltolohkoille, ei kiinteää pohjaa tarvita. Tällöin auman alle kannattaa ajaa kerros turvetta ja läpäisevillä pohjamailla käyttää myös muovikalvoa. Mikäli auma tehdään aina samalle peltolohkolle, kiinteä pohja on tarpeen jo pelkästään työteknisistä syistä sekä aumaa perustettaessa että purettaessa.

Lehmän kuivalanta ei sovellu ilman lisäkuivutusta aumassa varastoitavaksi. Koska lannan kuiva-ainepitoisuus on alle 20 %, aumaan satava vesi muuttaa auman massan valuvaksi ja lanta-auma siten litistyy ja leviää, kuva 21. Lanta ei myöskään sido sadevesiä, vaan ne muodostuvat valumavesiksi, joiden ravinnepitoisuus on melko korkea. Lehmän kuivalannan paras varastointipaikka on asianmukainen lantala.

Lanta-auma tulee sijoittaa niin, että siitä ei aiheudu vaaraa pintavesille. Ympäristöministeriön ohjeen mukaan lanta-aumaa ei saa sijoittaa tulvavaaran alaiseen paikkaan, 100 metriä lähemmäksi vesistöä tai talousvesikaivoa tai 20 metriä lähemmäksi valtaojaa. Paras sijoituspaikka on peltolohkon korkein kohta, jolloin ympäröivän pellon valumavedet eivät pääse huuhtomaan auman liepeitä. Kun lisäksi lanta-auma suunnataan niin, että aurinko haihduttaa suuren osan lumesta (koillinen-lounas-suuntainen auma), aumaan valuvia sulamisvesiä ei muodostu juuri lainkaan, kuva 22.

Suoraan maapohjan päälle perustetusta aumasta saattaa tunkeutua pohjamaahan ravinteita. Savimaalla hevosen purulannan aumapohjan kokonaistypen pitoisuus oli lähes vuoden varastoinnin jälkeen vain 0,1 g/kg pohjamaan kuiva-ainetta ja noin 5 vuoden varastoinnin jälkeen vastaavasti 0,2 g/kg. Savimaahan ravinteet eivät siis tunkeudu. Broilerin turvepehkuauron hiesuisen pohjamaan kokonaistypen pitoisuus kohosi vajaan yhdeksän kuukauden varastoinnin aikana pintakerroksessa kolminkertaiseksi eli 4,5 g/kg pohjamaan kuiva-ainetta ja jankkerroksessa seitsenkertaiseksi eli 2,1 g/kg. Kokonaisfosforin pitoisuudet kohosivat vastaavasti kaksin- ja kolminkertaisiksi 2,2 g/kg ja 1,5 g/kg, joten läpäisevillä maalajeilla auman alle tulee levittää turvekerros ravinteiden sitomiseksi. Joissain tapauksissa läpäisevillä maalajeilla voidaan harkita myös muovikalvon käyttöä.

Kiinteä kompostiauman pohja ei ole sama kuin kuivalannan varasto. Aumapohjaa ei missään tapauksessa saa rakentaa niin, että sille kerätään ylimääräisiä vesiä. Tämä tarkoittaa, että varsinainen varastointipohja on samalla tasolla kuin kuormauslippa, ei 50 cm alempana kuten varsinaisissa lantavarastoissa. Aumapohjaan ei tarvitse rakentaa seinämiä. Varastointitilavuuden kasvattamiseksi ne ovat suositeltavia ja työteknisesti kuormauslipan vastainen seinä on perusteltu, kuva 23.

Suurin osa ammoniakista haihtui ensimmäisten varastointi vuorokausien aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että aumat on katettava välittömästi niiden perustamisen yhteydessä, jos emissiot halutaan pitää pieninä. Katteeksi soveltuvat turve, sahanpuru, hake ja tiivis muovi tai muu peite. Näistä turve sitoo sadevesiä itseensä samoin ilma-kuiva sahanpuru, joskin sen imukyky on turvetta huonompi. Myös olki sitoo itseensä sadevesiä. Sen sijaan olki ei estä ammoniakin haihtumista kuten ei myöskään aumapinnan hapotus. Huokoisella kompostipeitteellä ei myöskään havaittu olevan ammoniakin haihtumista vähentävää vaikutusta rumpukompostiaumassa. Kattamattomaan rumpukompostiaumaan muodostui lämpimissä oloissa alle viikossa kuiva kuori, mikä myös esti ammoniakin haihtumista. Broilerinlanta-aumaan ei vastaavanlaista kuorta muodostunut, kuva 24.

Kaikki muut lanta-aumat kompostoituiivat varastointijaksojen aikana paitsi lehmän kuivalanta. Lopputuote oli tasa- ja hyvälaatuista ainoastaan rumpukompostiaumassa. Broilerin turvepehku

ja hevosen purulantaa olisi pitänyt kääntää, jotta lopputuote olisi ollut tasalaatuinen. Kääntäminen puolestaan lisää typen varastointiaikaisia tappioita, jotka voivat olla jopa 60 % kokonaistypen määrästä. Jotta kuiva purulanta kompostoituu kunnolla, siihen joudutaan lisäämään vettä, esimerkiksi talvella sekoittamalla lunta aumaan. Puuainesta sisältävä lanta kompostoituu hyvin hitaasti ja sitä joudutaan varastoimaan pidempään kuin oljella kuivittettua lantaa. Tämä täytyy ottaa huomioon varastolaattaa mitoittaessa. Toisaalta purulannan tilavuus pienenee huomattavasti varastoinnin aikana.

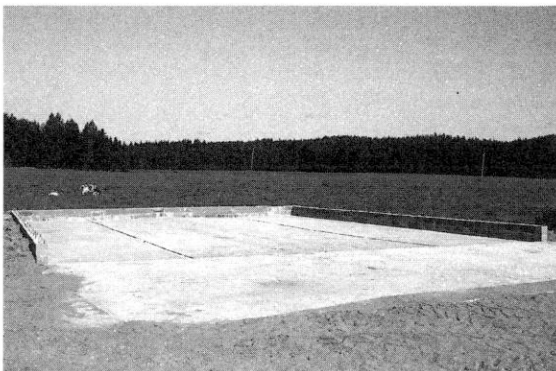
Lehmän kuivalannan kompostoiminen on vaikeaa. Lantapuristimella navetasta poistetun lannan tiivis rakenne tulee hajottaa ja siihen pitää sekoittaa huomattavasti tavanomaista enemmän kuivikkeita. Samoin eläinten alla tiiviiksi talleantuneen kuivikelannan rakenne tulee hajottaa. Myös raapoilla navetasta poistettavaan lantaan pitää lisätä kuiviketta, jotta kompostoituminen olisi mahdollista. Tällöinkin tulos on epätasainen; lanta kompostoituu joistakin kohdista hyvin ja toisaalla se on täysin kompostoitumaton. Jotta tulos olisi tasainen, lantaa pitäisi kääntää varastointikauden aikana. Pitkää olkea sisältävän kuivikelannan käsiteltävyys ja levitettävyys paranee varastoinnin aikana. Lantaa on helpompi levittää tasaisesti pellolle ja sen multaaminen onnistuu hyvin.



Kuva 21. Lehmänkuivalanta-auma litistyy ja leviää sateen vaikutuksesta.



Kuva 22. Oikein suunnatusta aumasta aurinko sulattaa lumet ja valumavesiä muodistuu vähän.



Kuva 23. Aumapohja ei ole perinteinen lantala; kuor-
mauslippa ja pohja ovat samalla tasolla, reunat lisäävät
varastointikapasiteettia.



Kuva 24. Kattamattoman broilerinlanta-auman pin-
taan muodostuu halkeamia, joista haihtuu ammoniakkia.

Taulukko 1/1. Broilerinlannan, peiteturpeen ja pohjahiekan ravinnepitoisuudet ennen ja jälkeen aumaamisen ensimmäisellä seurantajaksolla kuiva-aineeseen laskettuna. Alkuarvot kursivilla. Näytenumerointi kuvan 6 mukainen.

Ravinne	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	N _{liuk}	PO ₄ -P	P _{tot}	Kuiva-aine	Orgaaninen aine	Hiili
näyte	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	%	%	%
Auma 1									
<i>Pehku</i>	43			12		10	73		
2	11	1	1		3		33	76	42
3	6	0,2	2		3		61	87	48
4	7	0,7	3		3		68	85	47
5	11	0,8	3		3		23	84	47
<i>Hiekka</i>	0,3				0,03		98	0,7	0,3
Hiekka 1	0,4	0,1	0,2		0,02		94	0,5	0,3
Auma 2									
<i>Pehku</i>	31			10		10	72		
7	1	0,2	0,5		0,3		25	80	44
8	4	0,5	6		3		68	84	47
9	2	0,08	3		0,4		64	87	48
10	6	0,6	4		3		25	85	47
<i>Hiekka</i>	0,3				0,03		98	0,7	0,3
Hiekka 6	0,2	0,05	0,1		0,02		94	0,6	0,3
Auma 3									
<i>Pehku</i>	31			10		10	72		
12	11	0,6	6		8		79	85	47
13	11	0,4	5		10		79	86	48
14	4	0,3	2		1		20	86	48
15	10	0,9	5		5		74	85	47
<i>Hiekka</i>	0,3				0,03		98	0,7	0,3
Hiekka 11	0,3	0,04	0,04		0,01		94	0,5	0,3
<i>Peiteturve</i>	0,3			0,02					
Turve 16	0,4	0,01	0,05		0,01		24	90	50

Taulukko 2/1. Broilerinlannasta ja pohjamaasta tehdyt analyysit ennen ja jälkeen aumaamisen toisella seurantajaksolla kuiva-aineeseen laskettuna. Alkuarvot kursivilla.

Ravinne	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	N _{liuk}	PO ₄ -P	P _{tot}	Kuiva-aine
Näyte	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	%
Auma 1							
<i>Pehku</i>	25	0,4	9		6		55
Pinta	28	1	17		12		32
Keskiosa	26	1	16		11		38
Alaosa	24	0,9	17		13		35
<i>Maapohja, hiesu</i>	1,7					1,1	77
Maapohja	4,5					2,2	77
<i>Jankko</i>	0,3					0,5	83
Jankko	2,1					1,5	77
Auma 2							
<i>Pehku</i>	25	0,4	9		6		55
Pinta	27	0,7	18		13		32
Keskiosa	17	0,4	10		8		59
Alaosa	32	0,4	29		13		37
Auma 3							
<i>Pehku</i>	25	0,4	9		6		55
Pinta	17	3	8		11		59
Keskiosa	12	0,2	9		8		62
Alaosa	21	2	16		8		27
Peiteturve	0,6	0,03	0		0,01		25
<i>Peiteturve</i>	0,3			0,02			

Taulukko 1/2. Lehmän kuivalannan ravinnepitoisuudet ennen ja jälkeen ensimmäisen seurantajakson. Alkuarvot kursivoilla.

Ravinne	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	N _{liuk}	PO ₄ -P	P _{tot}	Kuiva-aine
näyte	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	%
Kattamaton auma							
<i>Puristinlanta Alku</i>	1,2			0,3		0,3	22
Pinta	0,69	0,04	0,01		2		25
Keskiosa	1,5	0,06	0,9		3		18
Turpeella katettu auma							
<i>Peiteturve Alku</i>	0,3			0,02			
<i>Puristinlanta Alku</i>	1,2			0,3		0,3	22
Peiteturve	0,5	0,1	0,001		0,05		23
Pinta	1,3	0,2	0,005		0,8		16
Keskiosa	1,9	0,05	1,1		1,9		22

Taulukko 2/2. Lehmänlannan ravinnepitoisuudet ennen ja jälkeen aumaamisen toisella seurantajaksolla. Alkuarvot kursivilla.

Ravinne	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	N _{liuk}	PO ₄ -P	P _{tot}	Kuiva-aine	Orgaaninen aine	Hiili
Näyte	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	%	%	%
Kuormapeitteellä katettu auma									
<i>Puristinlanta Alku</i>	2,2	0,1	1,3		1,5		23	75	42
Pinta	1,5	0,03	1,0		2,5		28	76	42
Keskiosa	3,4	0,09	2,5		1,7		20	86	47
Pohja	2,7	0,08	1,9		1,7		19	78	43
<i>Kuivikelanta Alku</i>	1,6	0,1	0,7		1,0		20	79	44
Pinta	1,2	0,3	0,3		1,8		24	74	31
Keskiosa	2,2	0,09	1,5		1,2		19	73	40
Pohja	1,7	0,07	1,1		1,1		21	64	35
Turpeella katettu auma									
<i>Peiteturve Alku</i>	0,3			0,02					
<i>Puristinlanta Alku</i>	2,2	0,1	1,3		1,5		23	75	42
Peiteturve	0,1	0,01	0		0,03		18	90	53
Pinta	0,3	0,1	0,6		0,03		25	83	46
Keskiosa	2,8	0,09	1,8		1,3		16	80	44
Pohja	3,1	0,1	2,3		0,02		15	79	44
<i>Kuivikelanta Alku</i>	1,6	0,1	0,7		1,0		20	79	44
Peiteturve	1,0	0,1	0		0,03		32	90	50
Pinta	0	0,7	0,01		0,2		32	60	33
Keskiosa	2,0	0,1	1,4		1,4		23	57	32
Pohja	2,5	0,07	2,0		1,3		18	74	41

Taulukko 3/1. Hevosenlannan ravinnepitoisuudet seurantajakson aikana sekä peltovarastoinnissa pohjamaasta mitatut ravinnepitoisuudet.

Ravinne	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	N _{hiuk}	PO ₄ -P	P _{tot}	Kuiva- aine	Orgaaninen aine
Näyte	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	%	%
Purulanta ^{*)}	3			0,09		0,6	51	
3 viikkoa varastoitu purulanta								
Kuiva pinta	0,1	0,05	0		0,2		43	96
Kostea, harmahtava	0,8	0,1	0,004		0,5		27	88
Tumma keskikohta	0,7	0,06	0,004		0,4		24	92
Märkä pohja	0,1	0,03	0,002		0,3		19	91
Noin kuukauden vanha auma								
Kuuma keskiosa	0,03	0,002			0,01			
Kostea lämmin pohja	0,01	0,04			0,01			
Noin 5 kuukautta vanha auma, käännetty 4 kuukauden varastoinnin jälkeen								
Kuuma keskiosa	1,6	0,8	0		0,6		32	88
Noin 11 kuukautta vanha auma, ajettu kerroksittain huonon heinän ja oljen kanssa								
Märkä keskiosa	0,2	0,02	0,005		0,5		33	92
Kuivakerros n. 1m syv.	1,3	0,05	0,01		1,0		31	88
Kuivakerros n. 1,5 m syv.	1,1	0,04	0,002		0,5		79	92
Pohjamaa auman alla pellolla, savi								
Auma päällä n. 11 kk	0,1	0,1	0,005		0,02		75	3
Auma päällä n. 5 vuotta	0,2	0,02			0		29	
*) purulannasta määritetty kalium-pitoisuus 3,6 g/kg, lannan tilavuuspaino 330 kg/m ³								

Taulukko 4/1. Rumpukompostista seurantajaksojen aikana määritettyjä ravinnepitoisuuksia

Ravinne	N _{tot}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	N _{liuk}	PO ₄ -P	P _{tot}	Kuiva-aine	Orgaaninen aine
Näyte	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	%	%
<i>Ensimmäinen seurantajakso 22.2. - 11.7.1997</i>								
Komposti	3,2	0,3	1,9		1,7		19	
Kattamaton auma								
Pinta	3,1	0,6	2,5		4,1		63	
Keskiosa	2,6	1,1	1,9		2,2		24	
Pohja	1,6	0,7	0,8		2,2		21	
<i>Toinen seurantajakso 12.7. - 26.10.1997</i>								
Komposti	2,8	0,2	2,1		1,9		24	
Aumapeitteellä katettu auma								
Pinta	6,1	1,9	2,6		3,3		70,3	83
Keskiosa	4,0	1,9	1,1		2,4		27,9	84
Keskiosa II	2,4	0,5	1,3		1,9		20,1	84
Pohja	2,9	0,04	2,4		1,9		17,9	83
Kattamaton auma								
Pinta *)	0,4	0,2	0,1		0,8		36	44
Keskiosa	1,4	0,5	0,9		2,2		23	79
Keskiosa II	1,5	0,5	1,0		2,2		18,1	83
Pohja	3,3	0,07	2,6		1,6		19,8	77
<i>Kolmas seurantajakso 27.10.1997 - 28.4.1998</i>								
Komposti	4	0,05	2,9		2,0		23	
Aumapeitteellä katettu auma								
Pinta	1,5	0,05	1,0		1,0		18,1	89
Keskiosa	1,4	0,1	1,1		2,0		17	85
Keskiosa II	2,6	0,2	2,2		2,8		18,1	83
Pohja	3,6	0,04	2,5		1,5		18,4	86
Kattamaton auma								
Pinta	1,4	0,06	0,9		2,6		25,4	85
Keskiosa	2,5	0,2	1,7		2,7		20,1	81
Keskiosa II	2,9	0,4	2,0		2,6		18,8	83
Pohja	2,5	0,1	1,9		1,9		21,4	84
*) kompostinäytteen joukossa hieman hiekkaa								

VAKOLAn tutkimuslustoja

- 42 Kasviöljyt dieselmoottorin polttoaineena
- 43 Traktorin polttoaineenkulutukseen vaikuttavia seikkoja
- 44 Alipaineilmanvaihto kotieläinsuojissa. 1986.
- 45 Kompostoinnin vaikutus lietelannan laatuun ja käsiteltävyyteen. 1987.
- 46 Käyttökokemuksia 80-luvulla rakennetuista kalustovaajoista, varastokuivureista ja pihatoista. 1987.
47. Lannoitteenlevityksen tasaisuus. 1987.
48. Jauhatuksen tilantarve ja pölyhaittojen vähentäminen. 1987.
49. Maatalouskoneiden tietokanta. 1988.
50. Lannanpoistolaitteiden toiminta ja kestävyys. 1988.
51. Pienten pihatoiden ilmanvaihdon erityisvaatimukset. 1988.
52. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. 1988.
53. Hellävarainen perunankorjuu. 1989.
54. Syyskylvöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätkuivureiden satoon 1975-1988.
Pitkäaikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hiesusaven rakenteeseen ja viljavuuteen 1989.
55. Ei julkaisua.
56. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989.
57. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990.
58. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990.
59. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990.
60. Heinän varastokuivaus. 1991.
61. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992.
62. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991.
63. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset. 1992.
64. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.
65. Hellävarainen perunan kaupunkunostus. 1993.
66. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993.
67. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1993.
68. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. 1994.
69. The effect of ground profile and plough gauge wheel on ploughing work with a mounted plough. 1994.
70. Järeän sahatavaran mekaaniset ominaisuudet. 1995.
71. Järeän sahatavaran käyttö rakennuksissa, rakennejärjestelmät ja liitokset. 1997.
72. Lannan levitys kasvustoon. 1996.
Osa 1. Lietelannan sijoituslaitteen rakenteelliset vaatimukset suomalaisissa olosuhteissa.
73. Lannan levitys kasvustoon. 1996.
Osa 2. Lietelannan levitysmahdollisuudet kasvavaan viljanoraaseen.
74. Kylmäkasvattamoiden kuivikepohjien toimivat vaihtoehdot. 1996.
75. Konetöiden turvallisuuden ja tehokkuuden parantaminen. 1996.
76. Laboratorioiden työn ja työympäristön kehittäminen. 1996.
77. Pienmoottoreiden päästöt. 1997

VAKOLAn rakennusratkaisuja

- 1/1994 Kylmä osakuivikepohjainen emolehmäkasvattamo.
- 2/1995 Rehtijärven keinokosteikko.
- 3/1995 Puurakenteiset ruokinta-aidat ja parnerottimet.
- 4/1996 Perustamistapojen hintavertailu.
- 5/1997 Havaintoja kylmäpihattojen lannankäsittelystä.
- 6/1997 Kalustohallista toimiva sikala
- 7/1999 Lypsyasema parsinavetassa

VAKOLAn tiedotteita

- 48/90 Turvallinen ja nopea työkoneiden kytkentä
- 49/91 Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina
- 50/91 Pölyn ja roskien talteenotto lämminilmakuivaamossa
- 51/92 Viherkesannon perustaminen ja hoito
- 52/92 Kaasut ja pöly eläinsuojien ilmanvaihdossa
- 53/93 Lannoitteenlevittimien levitystasaisuus
- 54/93 Maaseudun koerakentamisen ohjelmointi
- 55/93 Pyöröpaalisäilörehun korjuu, varastointi ja laatu
- 56/93 Maaseuturakentamisen ideakilpailu
- 57/93 Syyskylvöjen varmentaminen
- 58/93 Maatilan ja maatilamatkailun jätehuolto
- 59/93 Maatilamyymälätoiminta vanhassa maatilan asuinrakennuksessa
- 60/93 Tyhjiin maatilarakennusten uusi käyttö
- 61/94 Lietelannan varastointi ja levitys
- 62/94 Tuotantorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita
- 63/94 Turvallinen puunpilkonta
- 64/94 Itkupinta-tuloilmalaitteen vaikutus eläinsuojassa
- 65/94 Oksainen hake pienpolttimissa
- 66/94 Pako- ja savukaasujen analysointi
- 67/94 Käyttökokemuksia jyräkylvölannoittimista
- 67S/94 Bruksereiden käyttöä välttämiseksi
- 68/94 Käsikäyttöisten liekittimien käyttöominaisuuksia
- 69/95 Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen
- 70/95 Hakkeen kuivaus imuilmalla
- 71/95 Klappikattiloiden käyttöominaisuudet
- 72/96 EPS-rakeet ja EPS-rouhe sikalan lietesäiliön katteena
- 73/96 Kevytsaviharkkojen kuivuminen ja lujuus
- 74/97 Rikkakasvien torjunta viljoista riviväliharauksella
- 75/97 Öljypellavan leikkuupuinti
- 76/97 Tilasäiliöopas
- 77/98 Yrttikuvurin suunnittelu ja käyttö
- 78/98 Väkilannoitteen sijoituslaitteet nurmiviljelyssä
- 79/98 Lietelannan ilmastus
- 80/00 Lannan aumavarastointi
- 81/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa I
Pyöreän puun lujuus, mänty ja kuusi
Pyöreän puun liitokset
- 82/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa II
Suomen rakennuspuuvarat
Rakennuspuun korjuukustannukset
Rakennuspuun tuotantokustannukset
- 83/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa III
Rakenteet, liitokset, rakennusesimerkit

