

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE

9/94

**MARJATTA RANTALA, RIITTA UUSIVIRTA, SEPPO ULMANEN ja
ANTTI HANNUKKALA**

**Sellutehtaan kuorijäte lietelannan,
sakokaivolietteen ja jätevesien käsittelyssä**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 9/94

MARJATTA RANTALA, RIITTA UUSIVIRTA, SEPPO ULMANEN
ja ANTTI HANNUKKALA

**Sellutehtaan kuorijäte lietelannan, sakokaivolietteen ja
jätevesien käsittelyssä**

*The barking waste from a pulp mill in the treatment of cow slurry,
septic tank sludge and waste water*

Kemijärven kaupungin
elintarvikelaboratorio
Kallaantie 20
98440 KALLAANVAARA
Puh. (9692) 86093 tai 86094

Maatalouden tutkimuskeskus
Lapin tutkimusasema
PPA 1/Apukka
97999 ROVANIEMI
Puh. (960) 83261

ALKUSANAT

Tämän tutkimushankkeen on rahoittanut maaseutupolitiikan neuvottelukunta. Aiheen siihen antoi eläinlääkäri Olli Rantala, joka on myös suunnitellut ja rakentanut ensimmäisen jäteveden kuorijätesuodattimen. Tutkimuksen toteuttamiseen käytännössä ovat ratkaisevasti vaikuttaneet kemijärveläiset maanviljelijät Veikko Kostamovaara, Taisto Kantola, Veikko Gehör ja Hannu Hautala, joiden tiloilla kokeet on tehty. Kemijärven maataloussihteeri Markku Heikkilä on antanut arvokkaita neuvoja ja ohjausta työn aikana. Tutkimuksen suorittamiseen ovat osallistuneet Maatalouden tutkimuskeskuksen Lapin tutkimusaseman ja Kemijärven kaupungin elintarvikelaboratorion henkilökunnat.

Kiitän kaikkia tämän tutkimuksen toteuttamiseksi vaikuttaneita henkilöitä ja erityisesti MMK Riitta Uusivirtaa, FM Seppo Ulmasta, johtaja Oiva Nissistä ja tutkija Antti Hannukkalaa tuloksellisesta yhteistyöstä.

Kemijärvellä

Marjatta Rantala

RANTALA, M., UUSIVIRTA, R., ULMANEN, S ja HANNUKKALA, A. Sellutehtaan kuorijäte lietalannan, sakokaivolietteen ja jätevesien käsittelyssä. (Summary: The barking waste from a pulp mill in the treatment of cow slurry, septic tank sludge and waste water.) Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 9/94. 54 p.

YHTEENVETO

Sellutehtaan kuorijätettä kokeiltiin lietalannan, sakokaivolietteen ja jäteveden haittojen vähentämiseen ja hyötykäytön tehostamiseen. Tutkimus käsitti kolme osaa.

I osa: Lietalannan imeyttäminen kuorijätteeseen

Kokeessa osoitettiin, että lietalantaa voidaan varastoida sellutehtaan kuorijätteen imeytettynä ja että seos voidaan tämän jälkeen käyttää maanparannusaineena sekä vihantakauran että perunan viljelyssä. Lietalannan ja kuorijätteen seokseen käytettiin maatioilla olevia työkoneita. Menetelmän etuna on, että lietalantakuorijäteseoksessa lanta voidaan käyttää ympäristön ja maanviljelyn kannalta parhaaseen vuodenaikaan. Kuorijäte vähensi lietalannan hajuhaittoja. Lisäksi seoksessa tapahtui huomattavaa ulosteperäisten bakteereiden ja myös salmonellojen vähenemistä. Seos voitiin käyttää seuraavana vuonna uudelleen lietalannan imeyttämiseen. Uudelleenkäytöllä voidaan todennäköisesti samalla parantaa seoksen lannoitusvaikutusta. Tässä tutkimuksessa ei vielä selvitetty toisen imeytyskerran vaikutusta seoksen lannoitustehoon tai seoksen lannoituksellista jälkivaikutusta myöhempinä vuosina.

II osa: Sakokaivolietteen imeyttäminen kuorijätteeseen

Kalkilla käsiteltyä ja käsittelemätöntä sakokaivolietettä imeytettiin sellutehtaan kuorijätteeseen. Tulosten perusteella kuorijäte soveltuu sakokaivolietteen varastointiin, hygienisointiin sekä ympäristö- ja terveysriskien vähentämiseen. Sakokaivolietteen hyötykäyttö kuorijätteeseen imeytettynä on ympäristönsuojelullisesti ja taloudellisesti edullinen vaihtoehto kaatopaikkakäsittelylle. Kuorijätteen ja sakokaivolietteen seos soveltui maanparannusaineeksi vihantakauraa viljeltäessä, mutta sen typpimäärä jäi käytetyssä seossuhteessa vähäiseksi. Lisäselvitykset enemmän sakokaivolietettä sisältävien seosten käytöstä sekä tauteja aiheuttavien bakteereiden ja virusten tuhoutumisesta ovat vielä aiheellisia.

III osa: Jäteveden imeyttäminen maaperään kuorijättesuodattimen avulla

Kokeessa käytetyt suodattimet toimivat tyydyttävästi omakotitalon ja maitohuoneen jätevesien käsittelyssä. Jätevesi johdettiin suodattimen kautta maan pintakerrokseen ja ympäröivien kasvien käyttöön. Suodatuksen todettiin vähentävän erityisesti jäteveden ammoniumia ja poistavan sen hajuhaitat. Myös muiden ravinteiden sitoutumista kuorijätteeseen tapahtui. Omakotitalon jäteveden suodattimen ympäristössä ei todettu ulosteperäisiä bakteereita maaperän pintakerroksen alla. Jokipaju, koivu ja aluskasvillisuus viihtyivät kuorijättesuodattimien ympäristössä. Kuorijättesuodatuksen ja sitä seuraavan kasvipuhdistuksen arvioidaan riittävän jätevesien typen sitomiseen. Maitohuoneen jätevesien vuotuinen fosforimäärä sitoutuu jo yhteen kuutiometriin kuorijätettä. Omakotitalon jäteveden fosforin poistoa voidaan tehostaa lisäksi muilla menetelmillä. Jatkotutkimukset ovat vielä tarpeen. Kuorijättesuodattimen ja sen yhteydessä toimivan kasvipuhdistuksen tehoa tulisi seurata usean vuoden ajan.

SUMMARY

THE BARKING WASTE FROM A PULP MILL IN THE TREATMENT OF COW SLURRY, SEPTIC TANK SLUDGE AND WASTE WATER

The purpose was to study the possibilities to reduce the disadvantages of cow slurry, septic tank sludge and waste water, and to intensify their utilization by the barking waste from a pulp mill. The study consisted of three parts.

Part I. Absorption of cow slurry into the barking waste

It was shown in the study that it is possible to store cow slurry absorbed in the barking waste and to use it as a fertilizer for both oats for green forage and potatoes. Conventional farm equipment was used for mixing cow slurry and the barking waste.

The benefit of this method is that the slurry can be used in the best time of the year from an environmental and agricultural aspect. The barking waste diminished harmful smell of the slurry. Furthermore a considerable decrease of the faecal bacteria and salmonellae took place in the mixture. The mix was reusable for the absorption of the slurry in the following year. The reuse can probably increase the fertilization ability of the mixture. The impact of the second absorption on the fertilization ability was not tested. Also the fertilizative after-effect of the mix in the following years remained to be studied.

Part II. Absorption of septic tank sludge into the barking waste

Septic tank sludge was absorbed into the barking waste both with or without lime treatment. The results indicate that the barking waste is usable for storage, hygienization and diminution of both environmental and health risks of septic tank sludge. Ecologically and economically the utilization of the septic tank sludge is a profitable alternative to the treatment in the dumping-ground. The mixture of barking waste and septic tank sludge was suitable as a fertilizer for oats for green forage, but the amount of nitrogen in the used mixture remained low. Further research on mixtures with larger quantities of septic tank sludge, and on the extermination of pathogenic bacteria and viruses are still advisable.

Part III. Absorption of waste water into the soil by the barking waste filter

*The filters used in the experiment operated adequately in the waste water treatment of a detached house and a dairy room. The waste water was led through the filter into the upper layer of the soil and for the use of the plants near the filter. It was discovered that the filtration reduced especially the amount of ammonium in the waste water and eliminated its harmful odours. Also other nutrients were partly adsorbed into the barking waste. Near the waste water filter of a detached house fecal bacteria were not found under the surface layer of the soil. Willow (*Salix triandra*), birch and ground vegetation thrived within proximity to the barking waste filters. Filtration through the barking waste and the further treatment by plants is estimated to be adequate to bind the nitrogen in the waste water. The annual amount of phosphorus in the dairy room waste water is adsorbed into just one m³ of barking waste. The elimination of phosphorus in the waste water of a detached house can also be intensified by other methods. Further research will still be needed. The efficiency of the barking waste filter and the further treatment by plants ought to be controlled for several years.*

Osa 1. Lietelannan imeyttäminen kuorijätteeseen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Lietelannan säilytykseen ja levitykseen liittyvät ongelmat	7
1.2 Lietelanta lannoitteena	7
1.3 Lietelannan haittojen vähentäminen	8
2 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	8
3 KOEJÄRJESTELYT JA TUTKIMUSMATERIAALI	8
3.1 Imeytysmenetelmät	8
3.1.1 Esikokeet	8
3.1.2 Tila A: menetelmä I: allastus ja sekoitus etukuormaajan avulla	8
3.1.3 Tila A: menetelmä II: ajo kerroksittain ja sekoitus traktorilla	9
3.1.4 Tila B: menetelmä III: allastus ja sekoitus metsätraktorin kahmarin avulla	9
3.2 Lietelantakuorijäteseos maanparannusaineena	9
3.2.1 Kuorijäte	9
3.2.2 Lietelanta	9
3.2.3 Mikrobiologiset tutkimukset	10
3.2.4 Viljelykokeet	11
3.2.4.1 Vihantakaura	11
3.2.4.2 Peruna	11
4 SÄÄOLOSUHTEET	12
5 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	12
5.1 Imeytysmenetelmät	12
5.1.1 Menetelmät I ja III: allastus ja sekoitus	12
5.1.2 Menetelmä II: ajo kerroksittain ja sekoitus traktorilla	13
5.2 Kustannukset	13
5.2.1 Imeyttäminen kuorijätteeseen	13
5.2.2 Vertailu muihin lietteenkäsittelymenetelmiin	14
5.3 Lietelantakuorijäteseoksen käyttö maanparannusaineena	14
5.3.1 Ravinnepitoisuudet	14
5.3.2 Mikrobit ja haju	15
5.3.3 Viljelykokeet	16
5.3.3.1 Tila A: kaura	16
5.3.3.2 Tila A: peruna	17
5.3.3.3 Tila B: peruna	18
5.3.4 Tulosten tarkastelu	18
5.3.4.1 Lietelantakuorijäteseoksen ravinteet	18
5.3.4.2 Lietelannan hygienisoituminen kuorijätteestä	18
5.3.4.3 Viljelykokeet	20
5.3.4.4 Huomioita lietelantakuorijäteseoksen käytöstä maanparannusaineena	21
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	21
7 KEHITTÄMISTARPEET	21
KIRJALLISUUS	22
3 LIITETTÄ	

Osa 1. Lietelannan imeyttäminen kuorijätteeseen

TIIVISTELMÄ

Tähän tutkimukseen antoi aiheen karjatilojen lietalannan käsittelyyn liittyvät ympäristöhaitat, jotka osittain johtuivat liian pienistä lietesäiliöistä. Tässä kokeilussa pyrittiin selvittämään sellutehtaan kuorijätteen soveltuvuutta lietalannan varastointiin ja hygienisointiin sekä maatuoneen lietalantakuorijäteseoksen maanparannus- ja lannoitevaikutuksia.

Lietelanta imeytettiin kuorijätteeseen joko allastus ja sekoitus -menetelmällä tai kerroksittain sekoittaen. Seokseen imeytettiin myöhemmin uudelleen lietalantaa. Lietelannan ja kuorijätteen suhde vaihteli ensimmäisen imeytyskerran jälkeen 1:2 ja 1:3,75 välillä. Paras kuorijätteen hyötysuhde saavutettiin allastus ja sekoitus -menetelmällä. Toisen käyttökerran jälkeen vaihteli lietalannan ja kuorijätteen seossuhde 1:1,4 ja 1:2,5 välillä.

Kuorijättekustannukset olivat yhtä imeytyskertaa käytettäessä 17–43 mk/liete-kuutiometri ja toisen käyttökerran jälkeen 12–28 mk/liete-m³. Kustannuksiin vaikuttivat tilan etäisyys tehtaasta, kuorijätteen kuljetus- ja sekoitustapa sekä saavutettu seossuhde.

Lietelantakuorijäteseoksen varastointiaikaisia muutoksia ja soveltuvuutta maanparannusaineeksi selvitettiin vain ensimmäisen imeytyskerran jälkeen. Kokonaistypen hävikki lietalantakuorijäteseoksessa oli vuoden aikana 19 %.

Lietelannan haju väheni nopeasti ja hävisi kokonaan lietalantakuorijäteseoksen varastoinnin aikana. Seoksessa tapahtui myös huomattavaa ulosteperäisten bakteerien vähenemistä. Laboratorio-olosuhteissa vähenivät *Salmonella infantis* -bakteerit kuorijätteen ja lietalannan seoksessa nopeasti. Lisätyistä salmonelloista oli neljässä viikossa tuhoutunut yli 98 % ja kuuden viikon kuluttua yli 99,98 %.

Lietelantakuorijäteseoksella lannoitetun vihantakauran kuiva-aine- ja raakaval-kuaisato oli suurempi kuin lannoittamattoman kauran, mutta pienempi kuin saman typpimäärän liete- tai väkilannoksesta saaneiden koeryhmien sato. Rikkakasvien määrä oli pienin lietalantakuorijäteseoksella lannoitetussa vihantakaurakasvustossa.

Lannoittamattoman, väkilannoitetun ja lietalantakuorijäteseoksella lannoitetun perunan sadon määrien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Lietelantakuorijäteseosta käytettäessä perunan mukulaluku oli suurin. Kaikkien koeryhmien perunat olivat laatututkimuksessa ja keittokokeessa moitteettomia.

Tulosten perusteella kuorijäte soveltuu hyvin lietalannan varastointiin, mutta seossuhdetta voidaan vielä parantaa. Lietelantakuorijäteseosta voi käyttää vihantakauran ja perunan lannoitteena. Tässä tutkimuksessa ei vielä selvitetty toisen imeytyskerran vaikutusta seoksen lannoitustehoon tai seoksen lannoituksellista jälkivaikutusta myöhemminä vuosina.

1 JOHDANTO

1.1 Lietelannan säilytykseen ja levitykseen liittyvät ongelmat

Karjatilojen lietalanta aiheuttaa runsaasti erilaisia ympäristöongelmia, joista pahimpia ovat pinta- ja pohjavesien pilaantuminen. Lietelantalat suunniteltiin aina 1990-luvulle asti liian pieniksi. Siksi ei lietalannan levitystä ole voitu ajoittaa ympäristön ja kasvuston kannalta edullisimpiin vuodenaikoihin. Lietelantaa levitetäänkin edelleen suuria määriä syksyllä ja talvella.

Maatalouden vesistöjä kuormittava vaikutus ylittää teollisuuden ja asumajätevesien yhteisen kuormitusvaikutuksen (REKOLAINEN 1993). Erityisesti lietalannan talvilevitys ja mahdollisesti myös syyslevitys aiheuttavat suuria ravinnehuuhtoutumia (NIINIOJA 1993).

Lietelannoitus nostaa pohjaveden ravinnepitoisuuksia erittäin paljon (Vesihallitus 1974). Typen huuhtoutuminen pohjavesiin aiheuttaa nitraattipitoisuuksien nousua. Runsaasti nitraattia sisältävä pohjavesi ei kelpaa talousvedeksi terveydellisistä syistä. Korkea nitraattipitoisuus on eräs yleisimpiä ja jatkuvasti lisääntyvä ongelma talousvesinä käytettävissä pohjavesissä (KORKKA-NIEMI ym. 1993)

Suomen ammoniakkipäästöistä lähes 80 % tulee kotieläinten lannasta. Ammoniakkipäästöt aiheuttavat noin 20 % Suomen alueeseen kohdistuvasta happamasta laskeumasta (NIKANDER ym. 1992).

Lietelannan levityksen yhteydessä tulee valituksia mm. hajusta, karpäsistä ja kuljetusten aiheuttamista teiden likaantumisista. Useat tauteja aiheuttavat mikrobit säilyvät lietalannassa (LEINONEN 1993).

Kasvukauden aikana nurmelle levitetty lietalanta heikentää rehujen hygieenistä laatua nostamalla voihappoitiöpitoisuutta (JOKI-TOKOLA 1993). Tuoreena levitetty lietalanta sisältää runsaasti itäviä rikkakasvin siemeniä (SCHEPEL 1991). Raskas lietalantakalusto vaurioittaa maan rakennetta varsinkin, kun liikutaan liian kostealla pellolla. Lisäksi liete tukkeuttaa maan huokosia. Lietelannan anaerobeissa oloissa syntyvät yhdisteet voivat olla haitallisia kasveille ja maan mikrobeille (LEINONEN 1993).

Lietelannan varastoinnissa, käsittelyssä ja levityksessä nykyisillä menetelmillä joutuu suuri osa arvokkaista ravinteista hukkaan. Ravinteiden huuhtoutumisen lisäksi lietalannasta haihtuvalla tyypellä on huomattava taloudellinen merkitys (LEINONEN 1993). Typen hyväksikäyttö vähenee 50–70 % lietalannan syys- ja talvilevityksissä verrattaessa lietalannan kevätlevitykseen heti mullattuna (viljavuuspalvelu 1990).

1.2 Lietelanta lannoitteena

Lietelanta sisältää sekä pää- että hivenravinteita. Suurin merkitys on lietalannan tyypellä, fosforilla ja kaliumilla. Suurin osa (56–70 %) lietalannan tyypeistä on liukoista. Vettä lietalanta sisältää 91–92 %. Säiliöön pääsevät sade- ja pesuvedet pienentävät lietteen ravinnepitoisuuksia 20–30 % (KEMPAINEN 1986).

Varastoinnin aikana lannassa tapahtuvat muutokset riippuvat hapensaannista. Anaerobeissa oloissa lannan pH laskee (GLATHE ja SEIDEL 1937, MATHIASSEN ym. 1991). Lannan happamoituminen vähentää ammoniakkin haihtumista. Anaerobeissa oloissa ei myöskään tapahdu nitrifikaatiota (KIRCHMANN 1985). Koska nitrifikaatiota ei tapahdu, tyyppiä ei voi hävitä denitrifikaation kautta. Lietelannan olosuhteet ovat pintakerrosta lukuunottamatta anaerobit.

Mikrobien tuottama ureaasientsyymi hajottaa lannan urean ja typpi muuttuu ammoniummuotoon. Ammoniumtyppiä syntyy myös proteiinien hajoatessa (MATHUR ym. 1990). Ammoniumtypen osuus pienenee ja orgaanisiin yhdisteisiin sitoutuneen typen osuus kasvaa varastoinnin aikana. Vuoden kuluttua orgaanisten typpiyhdisteiden konsentraatio pienenee. Pieneneminen johtuu typpiyhdisteiden mineralisoitumisesta (KIRSCHMANN 1985).

Lannan hiilen ja typen suhde (C/N) vaikuttaa siihen, miten typen sitoutuminen muuttuu lannan varastoinnin aikana. Sen ollessa alle 20 tyyppiä vapautuu mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta. Jos suhde on korkeampi, mikrobit käyttävät kaiken hajotettavassa aineessa olevan typen ja voivat käyttää lisäksi lannassa olevaa liukoista tyyppiä (IRITANI ja ARNOLD 1960). Liukoisen typen vapautumiseen ja sitoutumiseen vaikuttaa myös orgaanisen aineksen hajoamisherkkyys.

1.3 Lietelannan haittojen vähentäminen

Vesiensuojelun tavoitteena on vähentää oleellisesti karjatalouden aiheuttamaa välitöntä kuormitusta vuoteen 1995 mennessä mm. saattamalla lannan varastointi, käsittely ja levitys uusien tuotantoyksikköjen tasolle (Ympäristöministeriö 1992).

Lietelannan haittojen vähentämiseksi on aikaisemmin käytetty mm. seuraavia menetelmiä:

- oikean levitysjankohdan valinta (NIINIOJA 1993),
- tarkennettu levitysmäärä ja suojakaistojen käyttö (REKOLAINEN 1993, ympäristöministeriö 1992),
- säiliöitten suurentaminen tai kuivalantaan siirtyminen,
- katteiden käyttö lietelantasäiliössä (NIKANDER ym. 1992),
- lietelannan laimentaminen (KARHUNEN 1993),
- lietelannan sijoittaminen (KEMPPAINEN 1986)
- lietelannan ilmastus (SCHEPEL 1991 ja 1992, JOKI-TOKOLA 1993 ja LEINONEN 1993),
- kemikaalien käyttö mm. typen sitomiseksi (KEMPPAINEN 1989 ja LEINONEN 1993),
- lietelannan imeyttäminen turpeeseen (KOJOLA 1987, HAKKOLA 1993, MATTILA 1992a ja b).

2 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sellutehtaan kuorijätteen soveltuvuutta lietelannan varastointiin, lietelantakuorijäteseoksen lannoitusvaikutusta sekä sen käyttökelpoisuutta perunan ja vihantakauran lannoitteeksi.

Lietelannan ja kuorijätteen sekoittamismenetelmistä ei ollut aikaisempaa kokemusta. Turpeen ja lietelannan sekoituksessa on käytetty maatilalla olevaa kalustoa, jolloin seos on tehty maapohjalle tai valetulle alustalle (KILJALA 1993). Sen lisäksi on olemassa tarkoitukseen soveltuvia sekoittimia (KOJOLA 1987, HAKKOLA 1993). Helsingin kaupungin vesi- ja viemärilaitos käyttää turpeen ja

puhdistamolietteen sekoitukseen traktorikäyttöistä erikoisvalmisteista sekoitinta (LUNDSTRÖM 1991).

Ruuvisekoittimen käyttö ei ilmeisesti onnistu, koska kuorijätteessä voi olla mukana eri kokoisia kiviä, jotka voivat rikkoa laitteen. Rumpusekoitin ja erikoisjyrsin voisivat soveltua myös kuorijätteen ja lietelannan sekoitukseen. Tässä kokeilussa pyrittiin kuitenkin sellaisiin menetelmiin, joissa voidaan käyttää maataloilla tai samassa kyläyhteisössä jo valmiina olevaa yksinkertaista laitteistoa.

Alkuperäisenä tarkoituksena oli saada lietelanta imeytymään kuorijätteeseen pelkän allastuksen avulla. Koska tämä osoittautui kokeen aikana riittämättömäksi, jouduttiin etsimään myös muita sekoitusvaihtoehtoja.

3 KOEJÄRJESTELYT JA TUTKIMUSMATERIAALI

3.1 Imeytysmenetelmät

3.1.1 Esikokeet

Enen varsinaisten kenttäkokeitten aloitusta selvitettiin laboratoriotutkimuksin mm. kuorijätteen ja lietelannan seossuhdetta. Kuorijätettä ja lietelantaa sekoitettiin keskenään. Seosta seisotettiin imupaperilla varustetussa suppilossa ja seurattiin nesteen irtoamista seoksesta. Tulosten perusteella päädyttiin seossuhteeseen 1:2 (lietelanta:kuorijäte).

3.1.2 Tila A: menetelmä I: allastus ja sekoitus etukuormaajan avulla

Pellolle ajettiin muovikelmun päälle aumaksi 120 m³ kuorijätettä. Aumaan kaivettiin allasosa maataloustraktorin takalanan avulla. Altaaseen pumpattiin lietelantaa aluksi 10 m³. Allas todettiin liian pieneksi ja sen laajentamiseksi lisättiin kuorijätettä 60 m³. Kuorijätettä käytettiin kaikkiaan 180 m³. Vajaan kuukauden kuluessa pumpattiin altaaseen yhteensä noin 90 m³ lietelantaa.

Altaan viimeisen täytön jälkeen vuotojen välttämiseksi seinämiä vahvistettiin ja ne paineltiin traktorin etukuormaajan kauhan avulla tiiviiksi.

Kuorijätteestä tehtyyn altaaseen ajettu lietelanta imeytyi vain osittain allastuksen aikana. Lopulli-

nen sekoitus muilla keinoin todettiin välttämättömäksi. Kasa sekoitettiin etukuormaajan avulla noin neljän viikon kuluttua kokeen aloittamisesta.

Lämpötilaa seurattiin satunnaisesti. Seos oli osittain jäässä seuraavana keväänä.

Sekoitusvaiheessa todettiin muovipohja hyvin hankalaksi. Se repeytyi ja palasia jouduttiin poistamaan käsin kasasta ja ympäristöstä. Muovipohjan avulla oli kuitenkin kokeen alkuvaiheessa todettu, ettei kuorijätteen läpi käytetyllä sekoitus-suhteella tihkunut kuin hyvin vähäinen määrä lähes hajutonta nestettä. Näistä syistä myöhemmissä kokeissa luovuttiin muovin käytöstä.

Tilan A lietalantakuorijäteseos I käytettiin uudelleen noin 1,5 vuotta seoksen teon jälkeen. Seosta oli jo käytetty maanparannusaineeksi noin 5 m³. Jäljelle jäänyt seos muotoiltiin altaaksi traktori-kaivurilla. Altaaseen pumpattiin lisää lietalantaa 36 m³.

3.1.3 Tila A: menetelmä II: ajo kerroksittain ja sekoitus traktorilla

Uusi lietalantakuorijäteseos tehtiin jäätyneelle maalle huhtikuussa 1993. Alueelta poistettiin lumi. Jäätyneelle maapohjalle ajettiin kuorijätettä ja sitten vuorotellen lietalantaa ja kuorijätettä. Lietalanta (48 m³) sekoitettiin kuorijätteeseen (180 m³) pyöräkuormaajan avulla. Sekoittaminen tapahtui osittain kauhalla nostellen ja osittain seoksen päällä ajaen.

Tilalle A keväällä tehdystä lietalantakuorijäteseoksesta tehtiin uudelleen allas runsaan puolen vuoden kuluttua. Siihen ajettiin marras-joulukuussa lisää lietalantaa 24 m³. Lietalantakuorijätেকasa muotoiltiin uudelleen altaaksi maataloustraktori + takalanayhdistelmää käyttäen.

3.1.4 Tila B: menetelmä III: allastus ja sekoitus metsätraktorin kahmarin avulla

Toisen kuorijätealtaan rakentamiseen käytettiin 275 m³ kuorijätettä. Allas muotoiltiin metsätraktorin kahmarin avulla. Altaan mitat olivat noin 15 × 20 m ja altaaseen tehtiin maaston kaltevuuden vuoksi ensimmäisen lietalantakuorman jälkeen väliseinä. Altaaseen ajettiin kolmena täyttöeränä yhteensä noin 85 m³ lietalantaa kesällä ja syksyllä.

Keväällä seuraavana vuonna altaan väliseinällä erotettuun osaan lisättiin lietalantaa 10 m³. Lietalannan yhteismäärä oli siten 95 m³.

Pohja jätettiin kuohkeaksi ja poimuiseksi. Tämäkään ei riittänyt lietalannan imeytymiseksi kuorijätteeseen pelkän allastuksen avulla. Allas sekoitettiin metsätraktorin kahmarilla koukkien vajaan kuukauden kuluttua viimeisestä lietalannan lisäyksestä.

Tilalla B tehtiin lietalantakuorijäteseoksesta III pyöräkuormaajan avulla uusi edellistä suurempi allas, joka oli kooltaan noin 20 × 20 metriä. Seosta oli käytetty ensimmäisenä kesänä noin 10 m³. Altaaseen ajettiin lisää lietalantaa 50 m³.

3.2 Lietalantakuorijäteseos maanparannusaineena

Kenttäkokeiden suunnittelussa käytettiin alustavaa viljelykoetta. Varsinaisten viljelykokeiden lannoitukset perustuivat lanta-analyyseihin, joilla samalla selvitettiin ravinnetappioita varastoinnin aikana.

Mikrobiologisten tutkimusten ja aistinvaraisten havaintojen tarkoituksena oli arvioida lietalantakuorijäteseoksen hygienisoitumista.

Viljelykokeiden avulla selvitettiin lietalantakuorijäteseoksen lannoitusvaikutusta. Sekä vihanta-kaurasta että perunasta seurattiin lietalantakuorijäteseoksen typen käyttökelpoisuutta sekä sen vaikutusta sadon määrään ja laatuun.

3.2.1 Kuorijäte

Puunkuorijäte oli muodostunut Kemijärven Veitsiluodon sellutehtaalla. Puun rungot käsiteltiin kuorimarumussa, johon lisättiin NaOH:a pH:n nostamiseksi 7,0:ään. Kesällä rumpuun lisättiin vettä pölyn sitomista ja talvella runkojen sulattamista varten. Kuorijäte saostui rumussa useaan kertaan kierrätetyn veden mukana saostusaltaan pohjalle. Kuorijäte on pääasiassa mänty- ja koivupuunkuorta, neulasia ja puuainetta (KANGAS 1993).

3.2.2 Lietalanta

Lietalanta oli peräisin kahdelta maatilalta. Lietesäiliöt olivat kattamattomat ja myös pesuvedet johdettiin niihin.

Tilalla A tulee lietalantaa lähes 500 m³ vuodessa ja säiliön koko on 342 m³. Siellä oli kokeen aikana keskimäärin 17 lypsylehmää ja nuorta karjaa 12 eläintä.

Tilalla B tulee lietalantaa keskimäärin 700 m³ vuodessa ja säiliön koko on 325 m³. Siellä oli kokeen aikana keskimäärin 17 lypsylehmää ja nuorta karjaa 15 eläintä.

Lanta-analyysit tehtiin Viljavuuspalvelun laboratoriossa. Kaikki näytteet kerättiin useasta eri osanäytteestä. Lanta-analyysijä varten otettiin näytteet kuorijätteestä, tilan A lietalannasta ja kaikista valmiista seoksista.

3.2.3 Mikrobiologiset tutkimukset

Mikrobiologisia tutkimuksia tehtiin tilan A lietalannasta, kuorijätteestä ja näiden seoksista. Seoksen I mikrobiologista laatua selvitettiin 1 v 5 kk lopullisen sekoituksen jälkeen ja seoksesta II noin 6,5 kk kuluttua sekoituksesta. Näytteet tarkastettiin myös aistinvaraisesti. Tilalta B seoksesta III tutkittiin myös mikrobiologinen näyte vajaan kuukauden kuluttua viimeisestä lietalannan lisäyksestä ja vajaan viikon kuluttua kasan sekoituksesta sekä kolme näytettä noin neljä viikkoa tämän jälkeen.

Laboratorio-olosuhteissa lisättiin noin puoli vuotta vanhaan kuorijätteen ja lietalannan seokseen 1 vrk vanhaa lihaliemessä kasvatettua *Salmonella infantis* -viljelmää. Kahteen koeastiaan, joissa kummassakin oli 500 g lietalantakuorijättesesta lisättiin eri määrät *Salmonella infantista*: Ensimmäiseen astiaan sekoitettiin noin 300 miljoonaa ja toiseen noin kolme miljoonaa *S. infantis*-bakteeria. Astioita säilytettiin huoneen lämpötilassa, joka vaihteli +14 °C ja +22 °C välillä. Molemmista seoksista määritettiin salmonellojen lukumäärä heti sekä viikon, kahden, kolmen, neljän ja kuuden viikon kuluttua. Seoksia kasteltiin kokeen aikana kerran 100 ml:lla tislattua vettä.

Mikrobiologisissa tutkimuksissa käytettiin seuraavia tutkimusmenetelmiä:

Kokonaispesäkeluku= heterorofinen pesäkeluku Suomen Standardisoimisliitto (1985), soveltaen: Plate Count-agari, kasvatus +30 °C, 3 vrk.

Enterobacteriaceae

Pohjoismainen elintarvikkeiden metodiikkakomitea (1992), violet red bile Glucose-agari, kasvatus +37 °C, 18–24 t.

Sulfiittia pelkistävät klostridit

Nordic committe on food analysis (1980), Iron Sulphite-agari, kasvatus +37 °C, 1–4 vrk.

Hiivat ja homeet

Pohjoismainen elintarvikkeiden metodiikkakomitea (1987), Oxytetracycline Glucose Yeast Extract-agari, kasvatus +22–25 °C, hiivat 3 vrk ja homeet 5 vrk.

Fekaaliset streptokokit

Suomen Standardisoimisliitto (1984), Slanetzin ja Bartleyn agari, kasvatus +37 °C, 48 t.

Kolimuotoiset bakteerit

Suomen standardisoimisliitto (1984), soveltaen pintalevitystekniikkaa, LES Endo-agari, kasvatus +37 °C, 24 t ja Pohjoismainen elintarvikkeiden metodiikkakomitea (1990), VRB-agari, kasvatus +37 °C, 24 t.

Lämpökestoiset kolimuotoiset bakteerit

Suomen Standardisoimisliitto (1988), soveltaen pintalevitystekniikkaa, MFC-agari, kasvatus +44,5 °C, 24 t.

Salmonellat

Käytettiin soveltaen Pohjoismaisen elintarvikkeiden metodiikkakomitean (1991) tutkimusmenetelmää ja Kansanterveyslaitoksen (1981) ohjetta. Näytteet viljeltiin laimennusmenetelmää käyttäen XLD-agarille, kasvatettiin +37 °C lämpötilassa 1 vrk. Laimennokset tehtiin puskuriliuokseen. Rikastusliemenä käytettiin seleniittilientä, jota inkuboitettiin +37 °C lämpötilassa 1 vrk. Salmonellat varmistettiin TSI- ja urea-agareilla sekä agglutinaatiotestin avulla tarvittaessa.

pH-määrittely

Käytettiin Suomen standardisoimisliiton (1979) menetelmä SFS 3021. Osa pH-mittauksista tehtiin ilman näytteen kuivausta, osassa taas näyte kuivatettiin ennen mittausta Viljavuuspalvelusta saadun ohjeen mukaisesti. Käytetty menetelmä on ilmoitettu taulukoissa.

3.2.4 Viljelykokeet

Viljelykokeissa noudatettiin satunnaistettujen ruutujen koemenetelmää.

3.2.4.1 Vihantakaura

Lietelantakuorijäteseos II:ta käytettiin vihantakauran viljelykokeessa (Taulukko 1) lohkolle, jonka viljavuusanalyysi on taulukossa 2.

Koeruudut olivat 13,74 m²:n suuruiset, kerranteita oli kolme. Koe perustettiin käsikäyttöisiä työväliteitä apuna käyttäen 1.6.1993. Veli-kauran siementä käytettiin 150 kg/ha.

Vihantakaurasta otettiin näytteet typpimääritystä varten pensomisvaiheessa 13.7. Kasvusto niitettiin röhylletulovaiheessa. Sato punnittiin ja ruudun keskiosasta otettiin näyte rehuanalyysiä ja rikkapitoisuuden määrittämistä varten 30.7. Rehuanalyysit tehtiin Maatalouden tutkimuskeskuksen Lapin tutkimusasemalla.

3.2.4.2 Peruna

Tilalle A perustettiin perunan viljelykoe lohkolle, jonka viljavuusanalyysi on taulukossa 2. Viljelykokeessa oli kolme lannoitustapaa (Taulukko 3).

Taulukko 1. Vihantakauran lannoitustavat tilalla A.

Lannoitus	Määrä	Liuk.N kg/ha
Ei lannoitusta	0	0
Lietelanta	63 m ³	100
Lietelantakuorijäteseos II	263 m ³	100
Typpirikas Y3 (NPK 18-5-10)	555 kg	100

Taulukko 2. Koelohkojen viljavuusanalyysitulokset tiloilla A ja B keväällä 1993.

Lohko	Maal.	Mult.	Johtol.	Pinta	Ca	P	K	Mg
			10 × mS/cm	ph			mg/l	
Tila A	HkMr	vm	0,6	5,6	551	11	88,3	76,6
Tila B								
I	HkMr	vm	0,6	5,7	190	3,3	33,9	43,9
II	HkMr	vm	0,5	5,7	576	12	28,4	36,5

Taulukko 3. Perunakokeen lannoitustavat tilalla A.

Lannoitus	Määrä	Kok.N kg/ha
Ei lannoitusta	0	0
Lietelantakuorijäteseos I	25 m ³	60
Herkkuperunalannos (8-10-12)	750 kg	60

Koeruudut olivat 10 m pitkät ja kuhunkin ruutuun kuului neljä perunariviä, kerranteita oli kolme. Perunan siemen oli Pito-perunan valiosiemmentä, siemenkoko 28-45 mm. Perunaa idätettiin neljä viikkoa n. 15 °C lämpötilassa valoisassa paikassa. Riviväli oli 70 cm ja istutusväli 30 cm. Perunat istutettiin 1.6.1993. Kun ensimmäiset taimet tulivat esille, penkit tasattiin käsiharalla. Myöhemmin perunat mullattiin.

Perunakasvustosta otettiin näyte typpimääritystä varten kasvuston umpeutumisvaiheessa. Samalla mitattiin kasvuston pituus, laskettiin yksilömäärät ja punnittiin neljän yksilön versostopaino. Peruna nostettiin 6.9. kahdesta keskimmäisestä perunapenkistä kahdeksan metrin matkalta kustakin koeruudusta. Sato punnittiin ja siitä otettiin näytteet tarkkelyspitoisuuden määrittämistä varten. Noston yhteydessä laskettiin kustakin koeruudusta 10 yksilön mukulamäärä. Typpi- ja tarkkelysmääritykset tehtiin Maatalouden tutkimuskeskuksen Lapin tutkimusasemalla.

Jokaisesta koeruudusta otettiin 2,5 kg:n näyte ruokaperunan laaduntarkastusta varten. Laaduntarkastus tehtiin ruokaperuna-asetuksen (1984) ja Elinkeinohallituksen kirjeen (1984) 4203/50/84

Taulukko 4. Lietelannan ja kuorijätteen suhde seoksissa.

Tila	Seos	Käyttökerta	Imeytymismenetelmä	Lietelanta:kuorijäte	
				Suhde	(m ³ : m ³)
A	I	I	Allastus + sekoitus	1:2	(86:175)
A	I	II	Allastus	1:1,4	(120:170)
A	II	I	Ajo kerroksittain + sekoitus	1:3,75	(48:180)
A	II	II	Allastus	1:2,5	(72:180)
B	III	I	Allastus + sekoitus	1:2,9	(95:275)
B	III	II	Allastus	1:1,8	(145:265)

mukaisesti Kemijärven elintarvikelaboratoriossa. Näytteistä tutkittiin lajitteluväli, laadultaan kelpaamattomien määrä (pakkasvioittuneet, märkä sien-/bakteerimätäiset ja vihertyneet) sekä laadultaan viallisten määrä (itäneet, maltovikaiset, hyvin epämuotoiset ja nahistuneet, vioittuneet tai rupiset). Näiden perusteella määriteltiin, täyttikö tutkittu perunaerä ruokaperunan vähimmäisvaatimukset.

Keittokoetta varten yhdistettiin kunkin lannoitustavan eri koeruuduista otetut näytteet. Näin saadusta näytteestä (7,5 kg) tehtiin 25 perunasta keittokoe VTT:n elintarvikelaboratorion menetelmän VTT-4304-85 mukaisesti. Siinä laskettiin keitettyä hajonneiden tai tummuneitten, vetisten sekä sivu-maullisten perunoitten lukumäärät.

Tilalla B istutettiin puikulaperunaa kahdelle eri lohkolle, joista ensimmäinen epäonnistui. Lohko II oli ollut nurmella. Viljavuusanalyysi on taulukossa 2. Tälle lohkolle perustettiin kaksi yhden aarin kokoista koeruutua. Toisessa oli lannoitteena 875 kg/ha kloorivapaata Y-lannos 2:a (NPK 8-10-12). Toiselle levitettiin kuorijätettä 250 m³/ha, kokonaistyyppä tästä tulee 700 kg/ha. Peruna istutettiin puoliautomaattisella istutuskoneella. Siemen oli paikallista tasalaatuista puikulaperunaa. Idätysaika oli viisi viikkoa. Siementä käytettiin 4 000 kg/ha.

Perunamaata ei mullattu. Peruna nostettiin 8.9.1993. Sato punnittiin kahdesta penkistä kahdeksan metrin matkalta.

Kummastakin koeruudusta otettiin 7,5 kg:n näyte, joista tehtiin ruokaperunan laaduntarkastustutkimus ja keittokoe.

Viljelykokeiden tuloksista tehtiin varianssianalyysit ja koejäsenten välisiä eroavuuksia tarkasteltiin

pienimmän merkitsevän eron (PME) testillä ($p < 0,05$) merkitsevyytasolla.

4 SÄÄOLOSUHTEET

Kesä 1992 oli normaalia runsassateisempi ja talvi 1992-93 oli runsasluminen. Kesän 1993 tehoisälämpötilasumma oli normaalia pienempi. 23.6.1993 mennessä kasvukausi oli yhdeksän vuorokautta jäljessä normaalista (LIPSANEN 1993).

5 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

5.1 Imeytymismenetelmät

Tässä selvityksessä päästiin edullisimpaan sekoitussuhteeseen 1:1,4 allastus ja sekoitus -menetelmällä toisen käyttökerran jälkeen (Taulukko 4). Kokeessa, jossa lietelanta ja kuorijäte ajettiin kerroksittain ja sekoitettiin ajaen traktorilla seoksen päällä, oli kuorijäte tavanomaista kosteampaa sateisen kesän jälkeen.

5.1.1 Menetelmät I ja III: allastus ja sekoitus

Käytännössä voidaan päästä ainakin sekoitussuhteeseen 1:2 (lietelanta:kuorijäte) yhdellä käyttökerralla. Toisen käyttökerran jälkeen päästään ainakin tulokseen 1:1,4.

Reunoihin kuluva kuorijättemäärästä johtuen al- las on aiheellista tehdä mahdollisimman laajaksi. Pohjaa ei tule tehdä liian tiiviiksi. Ensimmäisessä vaiheessa tehdyn kuorijätealtaan pohja tiivistyi lii- kaa, kun sen päällä ajettiin traktorilla allasta muo- toiltaessa. Reunojen tulee olla altaassa riittävän tukevat. Noin 1,5 metrin paksuiset kuorijä- teseinämät osoittautuivat riittäviksi. Niiden vahvis-

Taulukko 5. Kuorijättekustannukset/kuorijätekuutio.

Lietelantakuorijäteseos (kulj. matka)	Kuormaus mk/m ³	Kuljetus mk/m ³	Kustannus mk/kuorijäte-m ³
Tila A: seos I (8 km)	2 2	6,7 8	8,7 ^{a)} 10 ^{b)}
Tila A: seos II (8 km)	2	9,0	11
Tila B: seos III (37 km)	2	12,7	14,7

a) Hinta on laskettu täysrekalla kuljettaessa.

b) Hinta on laskettu pienellä kuorma-autolla + täysrekalla kuljettaessa.

taminen onnistuu etukuormajan kauhalla tai kahmarilla painellen.

Kerralla ajettava lietelantakerros ei saa olla liian paksu, jottei paine seinämiä vasten tule liian suureksi. Lietelantakerroksen olisi hyvä pysyä korkeintaan noin 50 cm vahvuisena. Allas tulee rakentaa melko tasaiselle maalle. Jos paikalla on korkeuseroa, jää altaan yläpää vajaan käyttöön. Altaan sijoituspaikka on aiheellista valita huolella mahdollisten vahinkojen varalta. Suurilla kuorijätteen kuljetusautoilla pitää päästä ajamaan paikalle ja allasta pitää voida käsitellä eri suunnilta.

Sekoitettu kasa on mahdollista käyttää kesän yli seisotuksen jälkeen uudelleen.

5.1.2 Menetelmä II: ajo kerroksittain ja sekoitus traktorilla

Tällä menetelmällä saadaan seos kerralla valmiiksi.

Tässä kokeessa sekoitussuhteeksi tuli 1:3,75 ensimmäisen käytön jälkeen. Seoksesta tuli löysää ilmeisesti kuorijätteen tavanomaista suuremman kosteuspitoisuuden vuoksi.

Lietelantakuorijäteseos voitiin muotoilla uudelleen lietealtaaksi runsaan puolen vuoden seisotuksen jälkeen. Tämän jälkeen sekoitussuhteeksi saatiin allastuksen avulla 1:2,5.

Seoksen tekoa varten olisi hyvä olla tiivis pohjainen esim. betonista valettu alue. Mikäli tämä olisi lisäksi katettu, säästyttyisiin talviaikaisessa käytössä lumitöiltä ja ravinnetappiot todennäköisesti pienenisivät.

5.2 Kustannukset

5.2.1 Imeyttäminen kuorijätteeseen

Kustannuksista voitiin laskea selkeästi vain kuorijätteen aiheuttamat kustannukset. Käsittelykustannukset, jotka muodostuivat altaiden muotoilusta ja sekoituksesta osoittautuivat hyvin hankaliksi laskea, koska kokeiluja ei osattu ensimmäisillä kerroilla tehdä taloudellisimmin. Lisäksi kokeen aikana sattui edellä selostettuja yllätyksiä ja ongelmia, jiden korjaamisesta aiheutuneet kustannukset vähennettiin kokonaiskustannuksista. Tästä syystä jouduttiin käsittelykustannuksissa käyttämään vain arvioita käytännössä tarvittavista työtunneista. Vaikka altaan muotoilussa aluksi kului runsaasti aikaa, saatiin viimeiset altaat muotoiltua uudelleen hyvin nopeasti.

Kuorijättekustannuksiin vaikuttavat tilan etäisyys sellutehtaalta sekä saavutettu seossuhde. Tila A sijaitsee 8 km ja tila B 37 km Veitsiluodon tehtaalta. Taulukossa 5 on esitetty kuorijätteen kuormauksesta ja kuljetuksesta aiheutuneet kustannukset/kuorijätekuutio.

Tila A: Seos I

Altaan muotoiluun kului takalanalla varustetulta traktorilta noin 5 tuntia ja sekoitukseen etukuormajalla varustetulta traktorilta noin 4 tuntia. Kustannukset olivat yhteensä noin 14 mk/lietekuutio.

Altaan uudelleen muotoiluun kului traktorikaivurilta aikaa 1,5 tuntia. Kustannukset olivat yhteensä noin 5 mk/lietekuutio.

Tila A: seos II

Seoksen valmistamiseen kului pyöräkuormaajalta aikaa matkoineen yhteensä 7 tuntia ja lumitöihin 3 tuntia. Kustannukset olivat yhteensä noin 35 mk/lietekuutio.

Tehollista työaikaa pyöräkuormaajalta ei kuitenkaan kulunut kuin noin 2 tuntia. Tämän arvion mukaan ja mikäli lumityötä ei oteta huomioon, tulisi käsittelykustannuksiksi noin 7 mk/lietekuutio.

Lietelantakuorijäteseoksen uudelleenkäytön kustannuksiksi on toistaiseksi muodostunut maanviljelijän oman arvion mukaan noin puolen tunnin työ traktorilla. Käsittelykulut olivat yhteensä noin 0,9 mk/liete-m³.

Tila B: seos III

Altaan muotoiluun kului aikaa maataloustraktorilta noin 4 tuntia ja sekoitukseen metsätraktorin kahmarilta yhteensä 5 tuntia. Käsittelykulut olivat yhteensä noin 12 mk/lietekuutio.

Altaan muotoiluun uudelleen kului pyöräkuormaajalta aikaa noin 5 tuntia. Käsittelykustannukset olivat noin 13 mk/lietekuutio. Maanviljelijän oman arvion mukaan altaaseen sopii vielä lisää lietettä, jolloin kustannus edelleen pienenee.

Arvioidut kokonaiskustannukset

Taulukossa 6 on laskettu kuorijätteestä aiheutuneet kustannukset/lietekuutio sekä arvioidut kokonaiskustannukset, joissa kuorijättekustannuksiin on lisätty arvioidut käsittelykulut: altaan muotoilu ja sekoitus ensimmäisellä käyttökerralla ja altaan muotoilu toisella käyttökerralla.

Lietelantakuorijäteseoksen uudelleenkäyttökoe eteni tämän selvityksen kuluessa vasta allastusvaiheeseen, joten lopullisia kustannuksia kasan sekoituksen jälkeen ei tiedetä. Tästä syystä kustannuslaskelmat käsittävät vain kuorijätteen ja altaan muotoilun osuuden.

5.2.2 Vertailu muihin lietteenkäsittelymenetelmiin

Vertailu on aina tehtävä tilakohtaisesti, sillä tilojen laitteet ja säiliöt ovat hyvin erilaisia. Tässä kokeilussa kuorijätteen kustannuserot olivat suuret. Eroihin vaikuttivat tilan etäisyys tehtaasta, kuorijätteen kuljetustapa ja saavutettu seossuhde.

Turvetta olisi saatavilla Kemijärven alueella 28 mk/m³ 50 km:n säteellä VAPOn työmailta. Tähän verrattuna kuorijäte on huomattavasti turvetta edullisempaa.

Lietelannan imeytys turpeeseen on nykyhinnoin liian kallis yleismenetelmäksi. Turvelietteen kuo-tiohintaa saadaan halvimmillaan 60–70 markkaan (KOSKELA 1992).

Lietelannan ja kuorijätteen sekoitussuhteessa ei päästä yhtä hyvään hyötysuhteeseen kuin lietelantaturveseoksissa. Kuitenkin jo yhden lietelantaimeytyskerran jälkeen kuorijättekustannukset jäivät edullisimmillaan huomattavasti turvekustannuksia pienemmiksi. Toisen käyttökerran jälkeen edullisuus vielä korostui. Halvin kuorijättevaihtoehto oli silloin alle puolet turpeen hinnasta ja kalleimmillaankin kustannus oli turpeen kanssa saman suuruinen.

Kun lietesäiliö rakennetaan riittävän suureksi ja liete levitetään tavanomaisesti, lietekuution hinta jää 50 markkaan (KOSKELA 1992).

Lietteen ajo kaatopaikalle aiheuttaa vain kustannuksia, joten tähän verrattuna kannattavuus on ilmeisen selvä asianomaisilla tiloilla.

Edellä esitetyissä laskelmissa ei vielä ole huomioitu kuorijätteen humuksen maanparannusarvoa.

5.3 Lietelantakuorijäteseoksen käyttö maanparannusaineena

Viljelykokeiden ja varianssianalyysien tulokset on esitetty liitteissä 2 ja 3.

5.3.1 Ravinnepitoisuudet

Tilalla A keväällä 1992 tehdyn lietelantakuorijäteseos I:n ravinnepitoisuuksissa vuoden aikana tapahtuneita muutoksia on tarkasteltu taulukossa 7. Kuiva-ainepitoisuus on noussut hiukan ja ravinnepitoisuudet ovat laskeneet.

Tilan A lietelantakuorijäteseos II:n, sen valmistukseen käytetyn kuorijätteen ja lietelannan sekä tilan B seoksen III lanta-analyysien tulokset ovat taulukossa 8.

Taulukko 6. Kustannukset/lietekuutio.

Lietelanta- kuorijäteseos	Käyttö- kerrat	Kuorijäte- kustannus	Käsittely- kustannus	Kokonais- kustannus
Tila A				
Seos I	1	17-20	14	31-34
Seos I	2	12-14	5	17-19
Seos II	1	41	7 ^{x)} 35 ^{xx)}	48 ^{x)} 76 ^{xx)}
Seos II	2	27,5	0,9	28
Tila B				
Seos III	1	43	12	55
Seos III	2	27	13	40

x) = arvio todellisista kustannuksista, kun ylimääräistä työtä ei huomioida.

xx) = kokeen aikana toteutuneet kustannukset.

Talukko 7. Ravinnepitoisuuksien muutos tilalla A lietelantakuorijäteseos I:ssä.

	kg/tn ka		
	25.6.92	10.5.93	Muutokset
Liukoinen N	2,6	0,64	- 75
Kokonais-N	10,0	8,1	- 19
P	1,4	0,97	- 31
K	2,7	1,4	- 48
Mg	1,3	0,79	- 39
pH	6,0	6,0	
	Tulokosteasta	Tuorepainosta	
Ka- %	27,5	29,9	

Taulukko 8. Tilan A kuorijätteen, lietelannan ja lietelantakuorijäteseos II:n ja tila B:n lietelantakuorijäteseoksen lanta-analyysit keväällä 1993.

	pH	Liuk.N	Kok.N kok/tn	P ka	K	Mg	Tulok. Til.P. kg/m ³	Ka %
Tila A								
Kuorijäte	4,8	0,09	6,2	0,25	<0,01	0,48	800	34,3
Lietelanta	7,3	47	79	9,6	51	7,4	1020	3,3
Lietel.kj.								
Seos II	6,0	1,1	7,5	0,80	1,8	0,81	1050	32,0
Tila B								
Lietel.kj.								
Seos III	6,6	0,73	9,5	1,4	1,6	1,6	970	30,1

5.3.2 Mikrobit ja haju

Lietelannan mikrobiologisten tutkimusten tulokset ovat liitteessä 1. Tulosten logaritmiset keskiarvot ovat taulukossa 9. Taulukossa on seoksen I ikä noin 1,5 vuotta, seoksen II noin ½ vuotta ja seoksen III 1-5 viikkoa.

Aistinvaraisesti oli todettavissa lietelannan voimakkaan hajun heikentyvän nopeasti kuorijätteen sekoituksen jälkeen. Runsas puoli vuotta varastoidusta lietelantakuorijäteseos II:sta ja vajaa puolitoista vuotta varastoidusta seos I:stä otetuissa näytteissä ei laboratoriotutkimuksissa todettu lainkaan lannan hajua.

Taulukko 9. Lietelannan, kuorijätteen ja näiden seoksien mikrobiologinen laatu esitettynä mikrobimäärien logaritmisina keskiarvoina. (Suluissa on ilmoitettu näytteiden määrä.)

Mikrobiryhmä	Liete lka (4)	Kuori lka (2)	Seos I lka (3) pmy/g	Seos II lka (3)	Seos III lka (1-4)	
Kok. pes. luku	6,8	6,5	7,5	7,4	8,0	(1)
Kolimuotoiset	4,9	1,7	4,2	3,6	2,0	(1)
Sulf. pelk. kl.	4,2	x)	xxx)	xxx)	x)	(1)
Hiivat	3,3	4,9	4,5	5,0	5,8	(1)
Homeet	3,3	5,7	2,5	4,4	3,5	(1)
Lämpök. kolim.	4,7	xx)	xx)	xx)	xx)	(4)
Fek. streptok.	4,1	xx)	xx)	1,8 vl)	2,2	(4)

Mikäli mikrobimäärä on jäänyt alle määritysrajan, on lukuarvona laskuissa käytetty 50 % pienimmän määritettävän luvun arvosta. x) = ei todettu yhtään pesäkettä laimennoksessa 10^{-1}
 xx) = ei todettu yhtään pesäkettä laimennoksessa 10^{-2}
 xxx) = ei todettu yhtään pesäkettä laimennoksessa 10^{-3}
 vl) = todettiin ainoastaan 1 pesäke laimennoksessa 10^{-2}

Taulukko 10. *Salmonella infantiksen* määrä kuorijätteen ja liotelannan seoksissa. Astiaan A on lisätty noin 300 miljoonaa salmonellaa/500 g seosta ja astiaan B noin 3 miljoonaa salmonellaa/500g seosta.

Astia	Aika viikkoina					
	0	1	2	3	4	6
	pmy/g					
A	5×10^5	2×10^5	1×10^4	3×10^3	9×10^2	$<10^2$
B	5×10^3	6×10^3	1×10^2	3×10^2	$<10^2$	$<10^2$

Taulukko 11. Pensomisvaiheessa otetun vihantakauranäytteen kuiva-aine-, -raakavalkuais- ja tuhkapitoisuuksien keskiarvot.

Lannoitus	Kuiva-aine %	Raakavalk. %	Tuhka %
Ei lannoit.	14,3 A	27,4	12,1
Lietelanta	13,4 B	28,9	12,8
Seos II	13,4 B	28,6	13,0
Väkilannoite	13,1 B	30,1	13,3

Taulukossa on toisistaan tilastollisesti ($p < 0,05$) eroavat keskiarvot merkitty kirjaimin (A, B), kuiva-ainepitoisuuden keskiarvojen $PME=0,6318$.

Kuorijätteen ja liotelannan seokseen lisätyn *Salmonella infantiksen* määrien muutokset on esitetty taulukossa 10 ja kuvassa 1.

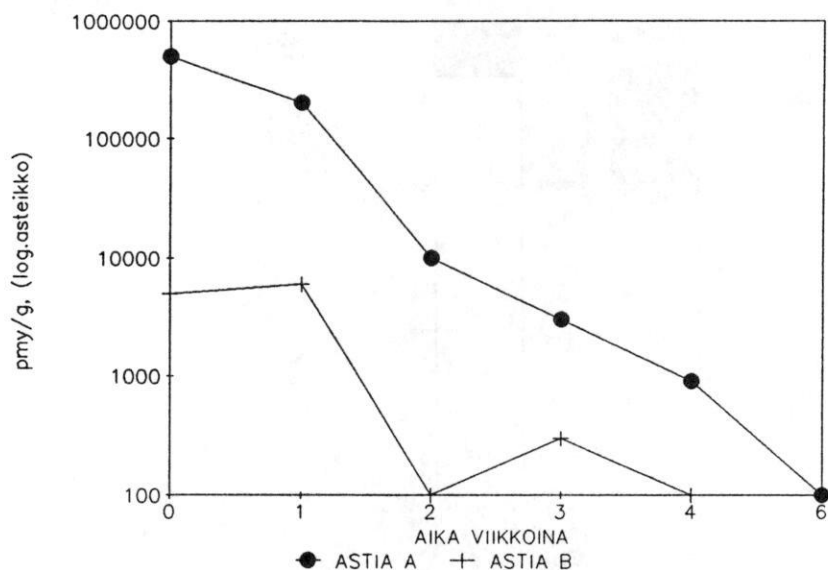
5.3.3 Viljelykokeet

5.3.3.1 Tila A: kaura

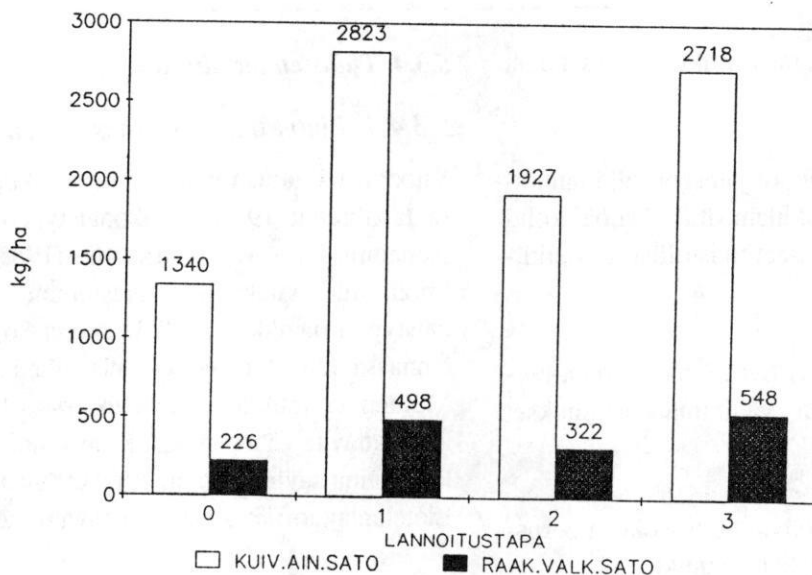
Pensomisvaiheessa vain lannoittamattoman rehun kuiva-ainepitoisuus oli tilastollisesti ($p < 0,05$) korkeampi kuin muiden (Taulukko 11).

Lietelantakuorijäteseoksella lannoitetun rehun kuiva-aine ja raakavalkuaissato olivat suuremmat ($p < 0,05$) kuin lannoittamattoman rehun, mutta pienemmät ($p < 0,05$) kuin liotelannalla ja väkilannoitteella lannoitettujen rehujen kuiva-aine- ja raakavalkuaissadot (Kuva 2).

Lietelantakuorijäteseoksella lannoitetun ja lannoittamattoman vihantakauran sadon kuiva-ainepitoisuus oli korkeampi ($p < 0,05$) kuin liotelannalla ja väkilannoitteella lannoitetun vihantakauran. Sadon



Kuva 1. Salmonella infantisen määrä kuorijätteen ja lietelannan seoksissa.



Kuva 2. Kauran kuiva-aine- ja raakavalkuaissatojen keskiarvot. Lannoitustapa 0: ei lannoitusta, 1: lietelanta, 2: lietelantakuorijäteseos II, 3: väkilannoitus. Kuiva-ainesaadon keskiarvojen PME=288,6, raakavalkuaissaadon keskiarvojen PME=73,46.

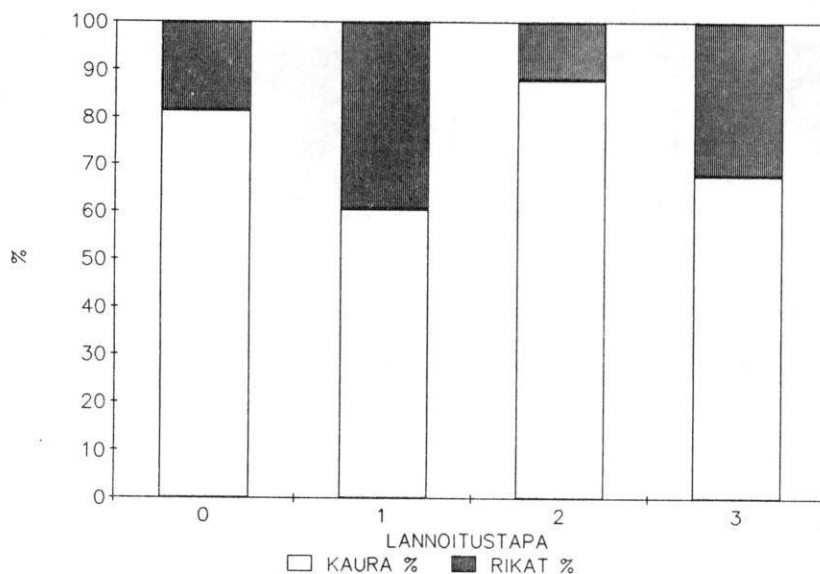
raakavalkuaispitoisuus oli lietelantakuorijäteseoksella lannoitettaessa pienempi ($p < 0,05$) kuin väkilannoitteella lannoitettaessa (Taulukko 12).

Sadon botaanisessa analyysissä lietelantakuorijäteseoksella lannoitetussa rehussa oli enemmän kauraa ($p < 0,05$) kuin väkilannoitteella ja lietelannalla lannoitetussa rehussa. Rikkakasvien määrä

oli lietelannalla lannoitetussa rehussa suurempi ($p < 0,05$) kuin lietelantakuorijäteseoksella lannoitetussa ja lannoittamattomassa rehussa (kuva 3).

5.3.3.2 Tila A: peruna

Väkilannoitettujen ruutujen kasvustot olivat ($p < 0,05$) muita pidempiä (Taulukko 13).



Kuva 3. Sadon botanisessa analyysissä vihantakauran ja rikkakasvien määrien keskiarvot. Lannoitustapa 0: ei lannoitusta, 1: lietalanta, 2: lietalantakuorijäteseos II, 3: väkilannoitus. Vihantakaurapitoisuuksien keskiarvojen PME=18,93, rikkapitoisuuksien keskiarvojen PME=18,95.

Kasvuston kuiva-aine- ja raakavalkuainemassat ovat taulukossa 14.

Sato oli pienin lietalantakuorijäteseoksella lannoitetulla perunalla ja mukulamäärä yksilöä kohti suurin, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (Taulukko 15).

Kaikki tutkitut näytteet täyttivät Ruokaperuna-asetuksessa (1984) annetut vähimmäisvaatimukset (Taulukko 16).

Kaikki tutkitut näytteet olivat keittokokeen perusteella sopivia ruokaperunaksi (Taulukko 17).

5.3.3.3 Tila B: Peruna

Lietelantakuorijäteseoksella lannoitetun puikulaperunan sato oli 6,7 tn/ha ja väkilannoitetun perunan 7,1 tn/ha. Mukulalukujen keskiarvo oli lietalantakuorijäteseoksella lannoitetulla perunalla 9,1 ja väkilannoitetulla perunalla 8,8.

Laaduntarkastuksessa ja keittokokeessa kaikki perunat olivat virheettömiä ja ruokaperunaksi sopivia.

5.3.4 Tulosten tarkastelu

5.3.4.1 Lietelantakuorijäteseoksen ravinteet

Vuoden yli varastoidussa lietalantakuorijätetekasassa tapahtunut 19 %:n kokonaistypen hävikki oli pienempi kuin KIRCHMANNIN (1985) kokeessa. Siinä viiden kuukauden varastoinnin aikana kokonaistypen hävikki oli olkilannassa 36,1 %, turvelannassa 43,0 % ja havupuunlastulannassa 53,4 %. Muiden ravinteiden pitoisuuksissa oli tapahtunut huomattavaa vähenemistä. Kompostointi merkitsee lähes aina ravinnetappioita (PAATERO ym. 1984). Lietelantakuorijätetekasasta ei havaittu valumavesiä.

Typpilannoitusvaikutuksen ennustamiseksi on tunnettava sekä lannan epäorgaanisen typen kemiallinen koostumus että C/N-suhde. Liukoisen typen vapautumiseen ja sitoutumiseen vaikuttaa myös mm. orgaanisen aineksen hajoamisherkkyys (KIRCHMANN 1985). PAATERO ym.(1984) toteaa ravinteiden vapautuvan kompostilannasta kasvien käyttöön usean vuoden aikana.

5.3.4.2 Lietelannan hygienisoituminen kuorijätteessä

Lietelantakuorijäteseoksessa tapahtui huomattavaa suolistoperäisten bakteereitten vähenemistä. Seoksen ulosteperäisten indikaattoribakteereitten mää-

Taulukko 12. Vihantakauran sadon kuiva-aine-, raakavalkuais- ja tuhkapitoisuuksien keskiarvot.

Lannoitus	Kuiva-aine %	Raakavalk. %	Tuhka %
Ei lannoit.	15,2 A	17,1 B	12,0
Lietelanta	12,0 B	17,7 B	12,4
Seos II	15,0 A	16,8 B	11,2
Väkilannoite	11,3 B	20,2 A	12,6

Taulukossa on toisistaan tilastollisesti ($p < 0,05$) eroavat keskiarvot merkitty eri kirjaimin (A, B), kuiva-ainepitoisuuden keskiarvojen $PME=2,024$ ja raakavalkuaispitoisuuden keskiarvojen $PME=2,085$.

Taulukko 13. Perunakasvuston pituushavaintojen, raakavalkuais- ja kuiva-ainepitoisuuksien keskiarvot kasvuston umpeutumisvaiheessa.

Lannoitus	Kasvuston pituus, cm	Ka %	Raakavalk. %
Ei lannoit.	56,0 B	17,0	20,1
Seos I	58,3 B	17,7	21,8
Väkilannoite	69,7 A	16,8	23,1

Taulukossa on toisistaan tilastollisesti ($p < 0,05$) poikkeavat keskiarvot merkitty eri kirjaimin (A, B), pituuden keskiarvojen $PME=4,341$.

Taulukko 14. Perunakasvuston kuiva-aine- ja raakavalkuaimassojen keskiarvot.

Lannoitus	Kasvuston	
	Ka-massa kg/ha	Rv-massa kg/ha
Ei lannoit.	2210	440
Seos I	2590	570
Väkilannoite	4370	1010

Taulukko 15. Perunasadon, mukuloiden lukumäärien, tärkkelys-, kuiva-aine- ja tuhkapitoisuuksien keskiarvot.

Lannoitus	Sato tn/ha	Lkm/yks. kpl	Tärkkelys %	Ka %	Tuhka %
Ei lannoit.	19,8	15,4	19,8	23,2	17,0
Seos I	19,0	17,3	18,8	22,9	17,7
Väkilannoite	21,2	14,6	18,3	23,5	16,8

Taulukko 16. Perunan laaduntarkastus. 0= ei lannoitusta, 1= lietelanta-kuorijätelannoitus, 2= väkilannoitus.

Tutkimus	0	1	2
A: vieras haju tai maku	ei	ei	ei
B: laadultaan kelpaamattomat	0,4	0,2	0
C: laadultaan vialliset	0	0	0
D: B + C yhteensä	0,4	0,2	0
E: vihertyneet ja itäneet yhteensä	0	0	0
F: täyttää vaatimukset	+	+	+

Taulukossa esitetty luku on kolmen näytteen %-määrien keskiarvo.

Taulukko 17. Perunan keittokokeet: näytteiden virheellisyyden lukuarvot ja sopivuus ruokaperunaksi. Näyte 0= ei lannoitusta, näyte 1= lietelantakuorijäteseos I, näyte 3= väkilannoitus.

Virhe	Näyte 0	Näyte 1	Näyte 2
Hajonneet	2	1	0
Tummuneet	0	0	0
Vetiset	0	0	0
A+B+C (raja-arvo 4)	2	1	0
Virhemaku	-	-	-
Sopivuus ruokaperunaksi	+	+	+

rät jäivät tavallisimmin alle määritysrajojen. Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteereiden määrä oli alle 1/1 000 ja fekaalisten streptokokkien määrä alle 1/100 lietelannan vastaavista bakteerimääristä. Sulfiittia pelkistävien klostridien määrä ja kolimuotoisten bakteereitten määrä oli myös selvästi vähentynyt.

Kokonaispesäkeluku, hiivat ja homeet yleensä lisääntyivät. Seoksissa näyttää siten olevan voimakas kilpaileva mikrobisto, mikä mahdollisesti on syynä ulosteperäisten indikaattoribakteereitten vähenemiseen. Ulosteperäisten bakteereitten väheneminen on todettu myös turpeen ja lietelannan seoksissa (KOJOLA 1987).

5.3.4.3 Viljelykokeet

Vihantakaura

Kasvuston ja sadon laatuun ja määrään lietelantakuorijäteseosta käytettäessä vaikutti ehkä seoksen tuoreus kylvöhetkellä. Lisäksi seossuhde oli huono. Korkea C/N suhde luultavasti aiheutti typen puutteen maassa, koska maassa tapahtui ravinteiden sitoutumista (VÄISÄNEN ym. 1989). Tämä ehkä aiheutti myös seoksella lannoitetun vihanta-

kauran matalan kuiva-ainepitoisuuden. Kompostoitumattoman seoksen sekoittaminen lämpimään maahan aiheuttaa liukoisen typen pidättymistä. Sahanpuru hajoaa nopeasti maassa (KEMPPAINEN 1987). Lisäksi KEMPPAISEN (1987) kokeissa todettiin sahanpurukuivikelannan liukoisen typen käyttökelpoisuuden olevan vain 60 %. Kun C/N-suhde on yli 24 typen immobilisoituminen on runsasta (KIRCHMANN 1985).

HAKKOLAN (1993) kokeessa turvelanta on nostanut ohran satoa lietelannalla lannoitettuun ohraan verrattuna. Lietelantakuorijäteseoksen lannoitusvaikutus todennäköisesti paranee, kun seokseen saadaan imeytettyä lisää lietelantaa.

Rikkakasveja oli vähemmän lietelantakuorijäteseosta kuin muita lannoitustapoja käytettäessä. Katteena oleva turvelanta voi haitata oraiden nousua pintaan (MATTILA 1992b). Tässä kokeessa lietelantakuorijäteseos sekoitettiin maahan, mutta se oli selvästi nähtävissä koeruuduissa. Lietelantakuorijäteseoksella lannoitetun kauran tuhkapitoisuus jäi alhaiseksi, joten kuorijäte ei ainakaan yhden vuoden aikana nostanut rehun tuhkapitoisuutta.

Peruna

Osa väkilannoitetypistä ehti mahdollisesti huuhtoutua tai denitrifikoitua, koska istutusta seurasi kaksi viikkoa kestänyt kylmä jakso. Kasvurytminsä vuoksi peruna hyötty myöhään annetusta lannoitetypistä (GUSTAFSSON 1987). Väkilannoitetyppi on nopeasti liukenevaa.

Sadon tärkkelyspitoisuudet olivat korkeat. Sadon mukulalukumäärä yksilöä kohti oli suurin lietalantakuorijäteseoksella lannoitetulla perunalla. Voidaan olettaa, että seoksesta vapautuu tyypeä vielä silloinkin, kun perunan mukulalukumäärä määräytyy, eikä pelkästään varsiston kasvuaikaan.

Lietelantakuorijäteseoksella kasvatetuissa perunoissa ei todettu haju- tai makuvirheitä ja ne olivat muutoinkin laadultaan moitteettomia. Tuloksen perusteella lietalantakuorijäteseos soveltuu perunoiden lannoitteeksi.

5.3.4.4 Huomioita lietalantakuorijäteseoksen käytöstä maanparannusaineena

1. Varastoitaessa lietalanta kuorijätteeseen sekoitettuna voidaan valita paras mahdollinen levitysjankohta ja lietalannan levityksen hajuhaitat saadaan poistettua.
2. Ulosteperäiset bakteerit ja myös *Salmonella*-bakteerit vähenivät todennäköisesti seoksessa vallitsevan kilpailun vuoksi.
3. Kun lietalantaa oli saatu imeytettyä kuorijätteen vain suhteessa 1:3,75 ja seos oli lannoitteeksi käytettäessä vielä tuoretta, jäi lannoitusvaikutus vihantakauralla heikommaksi kuin lietalannan ja väkilannoitteen vastaavaa liukoista typpimäärää käytettäessä.
4. Perunan viljelyyn pidempään varastoitu seos soveltui eikä aiheuttanut makuvirheitä edes runsasta levitysmäärää käytettäessä.
5. Rikkakasvien määrä oli vihantakaurassa lietalantakuorijäteseosta käytettäessä pienin. Seos on voinut toimia katteena, koska maahan sekoitettunakin sitä oli havaittavissa myös maan pinnalla.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

1. Lietelannan ja kuorijätteen sekoittaminen onnistuu tilan kaluston avulla.
2. Tutkitussa menetelmässä kuorijäte on kilpailukykyinen turpeen kanssa.
3. Taloudellisuus paranee lietalannan osuuden noustessa seoksessa.
4. Lietelantakuorijäteseoksessa haju vähenee nopeasti ja häviää varastoitaessa kokonaan. Ulosteperäisten bakteereitten määrä pienenee.
4. *Salmonella infantis* -bakteerien määrä väheni laboratorio-olosuhteissa lietalantakuorijäteseoksessa neljässä viikossa yli 98 % ja kuudessa viikossa yli 99,98 % alkuperäisestä määrästä.

5. Lietelantakuorijäteseoksella on ravinnetappioista huolimatta maanparannus- ja lannoitusvaikutusta ja se soveltuu ainakin perunan ja vihantakasvien lannoitteeksi.

7 KEHITTÄMISTARPEET

Tämän kokeen jälkeen tulisi selvittää:

1. lietalantakuorijäteseoksen uudelleenkäytön vaikutukset menetelmän toimivuuteen ja kannattavuuteen sekä lietalantakuorijäteseoksen lannoitusarvoihin,
2. varastoinnin mahdollisia ympäristövaikutuksia, esimerkiksi ravinteiden huuhtoutumista seoskasoista,
3. alustan ja katoksen käytön vaikutuksia ravinnetappioihin,
4. seosten lannoitusvaikutus levitysvuotta seuraavina vuosina,
5. seoksen soveltuvuus monivuotisten kasvien esim. marjojen viljelyyn.

KIRJALLISUUS

- Elinkeinohallitus 1984. Ohjeet ruokaperuna-asetuksen valvonnassa noudatettavasta näytteenotosta ja tutkimusmenetelmistä. Kirje 4203/50/84. Helsinki.
- GLATHE, H. & SEIDEL, W. 1937. Untersuchungen über die Aufbewahrung des Stalldüngers unter anaeroben Bedingungen. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* 5: 118–128.
- GUSTAFSSON, N. 1987. Odlä potatis i norr. *Luleå* 1987.108 s.
- HAKKOLA, H. 1993. Lietelannan sekoittaminen turpeeseen. Koetoiminta ja käytäntö 20.4.1993: 11.
- IRITANI, W. M. & ARNOLD, C. Y. 1960. Nitrogen release of vegetable crop residues during incubation as related to their chemical composition. *Soil Science* 89: 74–82.
- JOKI-TOKOLA, E. 1993. Lietelannoitetusta nurmikasvustosta korjatun säilörehun laatu. Koetoiminta ja Käytäntö 30.
- KANGAS, A. 1993. Suullinen tiedonanto. Kemijärven Veitsiluodon tehtaat. Kemijärvi.
- Kansanterveyslaitos 1981. Toimintaohjeita elintarvikelaboratoriolle ihmisistä otettujen salmonellaviljelynäytteiden tutkimiseksi. Helsinki.
- KARHUNEN, J. 1993. Vaihtoehtomenetelmiä lietelannan käsittelyyn. *Nautakarja* 4: 88–90.
- KEMPPAINEN, E. 1986. Lietelanta lannoitteena. SITRA. Biologisen typensidonnan ja ravinnetyypin hyväksikäytön projekti. *Tietolehtinen* 12. Helsinki 1986. 8 s.
- 1987. Effect of litter peat, straw and sawdust on the value of cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 26: 79–88.
- 1989. Didin lannan tyypen säilyttäjänä. Koetoiminta ja Käytäntö 20.
- KILJALA, E. 1993. Suullinen tiedonanto, maanviljelijä Reisjärvi.
- KIRCHMANN, H. 1985. Losses, plant uptake and utilisation of manure nitrogen during a production cycle. *Acta Agric. Scand. Suppl.* 24. 77 s.
- KOJOLA, T. 1987. Lietelannan varastoiminen turpeeseen. Jyväskylän yliopisto, Ympäristöntutkimuskeskus. Jyväskylä 1987. 18 s.
- KORKKA-NIEMI, K., SIPILÄ, A., HATVA, T., HIISVIRTA, L., LAHTI, K. & ALFTAN, G. 1993. Valtakunnallinen kaivovesitutkimus. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja - sarja A, 146: 2. Helsinki. 228 s.
- KOSKELA, M. 1992. Mitä maksaa-kenelle sopii? Lietteen sekoittaminen turpeeseen. Käytännön maamies 5: 58–60.
- LEINONEN, P. 1993. Lietelannan ilmastus ja käyttö nurmen lannoitteena. Vesi- ja ympäristöhallitus. *Monistesarja* 472. Helsinki 1993. 70 s.
- LIPSANEN, V. 1993. Kirje marraskuu 1993. Säätiödemoniste. Maatalouden tutkimuskeskuksen Lapin tutkimusasema, Apukka.
- LUNDSTRÖM, Y. 1991. Jätevesilietteen käytön uudet normit. *Helsingin kaupungin vesiviesti* 4: 10–11.
- MATHIASSEN, L., KNUTSSON, M., BREMLE, G. & MÅRTENSSON, L. 1991. Chemical environment in animal buildings. Determination of organic acids in manure. *Swed. J. Agric. Res* 21: 147–155.
- MATHUR, S. P., SCHNITZER, M. & SCHUPPLI, P. 1990. The distribution of nitrogen in peat-based composts of manure slurries and fisheries wastes. *Biol. Agric. Hortic.* 7: 153–163.
- MATTILA, P. 1992a. Turpeeseen imeytetty lietelanta ohran lannoitteena. Pro gradu-tutkielma, Helsingin Yliopisto Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto. Helsinki 1992. 52 s.
- 1992b. Turvelanta on arvokas lannoite. Käytännön maamies 5: 60–62.
- NIINIOJA, R. 1993. Lietelannan levitys ja ravinteiden huuhtoutuminen. Vesi- ja ympäristöhallitus, Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri. Helsinki 1993. 90 s.
- NIKANDER, A. & LATOSTENMAA, H. 1992. Kotieläintalouden ympäristöhaittojen vähentäminen, tekniset keinot. *Ympäristö ja terveys* 5: 316–321.
- Nordic committee on food analysis 1980. Determination of the number of sulphitereducing clostridia in foods, Nr 56.
- PAATERO, J., LEHTOKARI, M. & KEMPPAINEN, E. 1984. Kompostointi. *Juva* 1984. 269 s.
- Pohjoismainen elintarvikkeiden metodiikkakomitea 1987. Homeet. Määritys elintarvikkeista. Menetelmäehdotus n:o 98.
- 1990. Kolimuotoiset bakteerit. Osoittaminen elintarvikkeissa, n:o 44.
- 1991. Salmonella bakteerit. Osoittaminen elintarvikkeista, n:o 71
- 1992. Enterobacteriaceae. Määrittäminen elintarvikkeista, n:o 144.
- REKOLAINEN, S. 1993. Assessment and mitigation of agricultural water pollution. Publications of the Water and Environment Research Institute 12, Helsinki, 34 s.
- Ruokaperuna-asetus, 356/1984.
- SCHPEL, I. 1991. Lietelannan ilmastus on nestekompostointia. Käytännön maamies 7: 44–46.
- 1992. Lietelannan tyyppi talteen biosuodattimella. Käytännön maamies 3: 20–21.
- Suomen Standardisoimisliitto 1979. Veden pH-arvon määrittäminen. Standardi SFS 3021.
- 1984. Veden fekaalisten streptokokkien lukumäärän määrittäminen pesäkemenetelmällä. Standardi SFS 3014.
- 1984. Veden koliformisten bakteerien kokonaismäärän määrittäminen kalvosuodatusmenetelmällä. Standardi SFS 3016.
- 1985. Heterotrofisen pesäkeluvun määrittäminen vesinäytteestä maljavalu- ja pintalevitystekniikalla. Standardi SFS 4112.
- 1988. Veden lämpökestoisten (fekaalisten) koliformisten bakteerien lukumäärän määrittäminen kalvosuodatusmenetelmällä. Standardi SFS 4088.
- Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Elintarvikelaboratorio 1985. Ruokaperuna. Keittokoe. Menetelmä VTT 4304–85. Helsinki.
- Vesihallitus 1974. Mäntyniemen kartanon lietelannan huuhtoutumistutkimus keväällä 1974. Kesälahti. Joensuu, Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimisto. *Moniste*. 4 s.

Viljavuuspalvelu 1990. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Oy Länsi-Suomi 1989. 70 s.

VAISÄNEN, J., LEINONEN, P. & RAJALA, J. 1989. Composted pig slurry and dung and their use as fertilizers. The 2nd nordic meeting of researchers and advisors on biological farming. Center for rural development Partala. Partala-publications 6: 22-25.

Ympäristöministeriö 1992. Ehdotus maaseudun ympäristöohjelmaksi. Maaseudun ympäristöohjelmatyöryhmän muistio. Työryhmän mietintö 68. 1992. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Helsinki. 50 s.

Taulukko 18. Lietelannan mikrobiologinen laatu.

Mikrobiryhmä	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4
			pmy/g	
Kok. pesäkeluku	6×10^6	5×10^6	5×10^6	1×10^7
Kolimuotoiset	9×10^4	7×10^4	7×10^4	7×10^4
Sulf. pelk. kl.	1×10^4	8×10^4	1×10^4	5×10^3
Hiivat	3×10^3	2×10^3	2×10^3	2×10^3
Homeet	7×10^3	2×10^3	2×10^3	4×10^2
Lämpökest. kolim.	5×10^4	6×10^4	5×10^4	6×10^4
Fek. streptok.	2×10^4	1×10^4	9×10^3	1×10^4
pH (ei kuivattu)	7,3	7,2		

Taulukko 19. Kuorijätteen mikrobiologinen laatu.

Mikrobiryhmä	Näyte 1	Näyte 2
	pmy/g	
Kok. pesäkeluku	5×10^6	2×10^6
Kolimuotoiset	$<10^2$ x)	$<10^2$ x)
Sulf. pelk. kl.	<10 x)	<10 x)
Hiivat	7×10^4	8×10^4
Homeet	6×10^5	5×10^5
Lämpökest. kolim.	$<10^2$ x)	$<10^2$ x)
Fek. streptok.	$<10^2$ x)	$<10^2$ x)
pH (ei kuivattu)	4,8	7,2

x)= ei todettu

Taulukko 20. Kuorijätelielantaseoksen mikrobiologinen laatu, tila A. seos I.

Mikrobiryhmä	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3
		pmy/g	
Kok. pesäkeluku	5×10^7	3×10^7	2×10^7
Kolimuotoiset	5×10^4	5×10^3	2×10^4
Sulf. pelk. kl.	$<10^3$ x)	$<10^3$ x)	$<10^3$ x)
Hiivat	2×10^4	3×10^4	4×10^4
Homeet	2×10^2	3×10^2	4×10^2
Lämpökest. kolim.	$<10^2$ x)	$<10^2$ x)	$<10^2$ x)
Fek. streptok.	$<10^2$ x)	$<10^2$ x)	$<10^2$ x)
pH (ei kuivattu)	5,8	6,0	6,2
pH (kuivattu näyte)	5,8	5,8	6,0

x)= ei todettu

LIITE 1 (2/2)

Taulukko 21. Kuorijätelielantaseoksen mikrobiologinen laatu, tila A, seos II.

Mikrobiryhmä	Näyte 1	Näyte 2 pmy/g	Näyte 3
Kok. pesäkeluku	3×10^7	4×10^7	1×10^7
Kolimuotoiset	2×10^3	6×10^4	6×10^2
Sulf. pelk. kl.	$<10^3$ x)	$<10^3$ x)	$<10^3$ x)
Hiivat	3×10^5	1×10^5	3×10^4
Homeet	1×10^5	2×10^4	1×10^4
Lämpökest. kolim.	$<10^2$ x)	$<10^2$ x)	$<10^2$ x)
Fek. streptok.	$<10^2$ xx)	$<10^2$ x)	$<10^2$ x)
pH (ei kuivattu)	5,6	5,9	6,0
pH (kuivattu näyte)	5,4	5,8	6,0

x)= ei todettu

xx)= todettiin 1 pesäke

Taulukko 22. Kuorijätelielantaseoksen mikrobiologinen laatu, tila B, seos III. Näyte 1: vajaa kuukausi viimeisen lietelannan lisäyksen ja vajaa viikko sekoituksen jälkeen, näytteet 2–4: noin neljä viikkoa tämän jälkeen, näyte 2: pinnasta, näyte 3: 30 cm:n syvyydestä, näyte 4: 70 cm:n syvyydestä.

Mikrobiryhmä	Näyte 1	Näyte 2 pinta	Näyte 3 - 30 cm	Näyte 4 - 70 cm
	pmy/g			
Kok. pesäkeluku	1×10^8			
Kolimuotoiset	1×10^2			
Sulf. pelk. kl.	<10			
Hiivat	7×10^5			
Homeet	3×10^3			
Lämpökest. kolim.	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$
Fek. streptok.	$<10^2$	$<10^2$	6×10^2	4×10^2
pH (ei kuivattu)	6,8	6,8	7,1	6,0

Taulukko 23. Viljelykokeiden varianssianalysien tulostus tilalla A. Vihantakaurakoe.

	DF	F-arvo	Til. merkitsevyys
13.7.1993			
Kuiva-ainepit. (%)			
Kerranne	2	1,98	ns.
Lannoitustapa	3	8,35	x
Raakavalk.pit. (%)			
Kerranne	2	2,35	ns.
Lannoitustapa	3	3,78	ns.
Tuhkapit. (%)			
Kerranne	2	0,15	ns.
Lannoitustapa	3	3,77	ns.
30.7.1993			
Kuiva-ainepit. (%)			
Kerranne	2	0,32	ns.
Lannoitustapa	3	11,78	xx
Ka-sato (kg/ha)			
Kerranne	2	9,85	x
Lannoitustapa	3	70,49	xx
Raakavalk.pit. (%)			
Kerranne	2	4,68	ns.
Lannoitustapa	3	6,51	x
Raakavalk.sato (kg/ha)			
Kerranne	2	2,38	ns.
Lannoitustapa	3	50,16	xxx
Tuhkapit. (%)			
Kerranne	2	0,55	ns.
Lannoitustapa	3	0,42	ns.
Kaurapit. (%)			
Kerranne	2	0,48	ns.
Lannoitustapa	3	5,23	x
Rikkapit. (%)			
Kerranne	2	0,47	ns.
Lannoitustapa	3	5,23	x

Tulosten tilastolliset eroavuudet on ilmoitettu taulukossa seuraavin merkinnöin:

xxx = $p < 0,001$ erittäin merkitsevä

xx = $0,001 < p < 0,01$ hyvin merkitsevä

x = $0,01 < p < 0,05$ merkitsev

ns. = $P > 0,05$ ei merkitsevä

LIITE 3

Taulukko 24. Viljelykokeiden varianssianalyysien tulostus tilalla B. Perunakoe.

	DF	F-arvo	Til. merkitsevyys
30.7.1993			
Kasvuston pit. (cm)			
Kerranne	2	0,36	ns.
Lannoitustapa	2	43,73	xx
Versoluku/ruutu (kpl)			
Kerranne	2	3,80	ns.
Lannoitustapa	2	0,20	ns.
Kasvuston raakavalk. (%)			
Kerranne	2	0,28	ns.
Lannoitustapa	2	6,64	ns.
Kasvuston kuiva-ainepit. (%)			
Kerranne	2	3,27	ns.
Lannoitustapa	2	1,72	ns.
Kasvuston ka-massa (kg/ha)			
Kerranne	2	0,44	ns.
Lannoitustapa	2	4,11	ns.
Kasvuston rv-massa (kg/ha)			
Kerranne	2	0,51	ns.
Lannoitustapa	2	4,71	ns.
6.9.1993			
Sato (kg/ha)			
Kerranne	2	0,19	ns.
Lannoitustapa	2	2,09	ns.
Mukulaluku/yks. (kpl)			
Kerranne	2	1,15	ns.
Lannoitustapa	2	6,53	ns.
Tärkkelyspit. (%)			
Kerranne	2	0,19	ns.
Lannoitustapa	2	4,69	ns.
Tärkkelyssato (kg/ha)			
Kerranne	2	0,13	ns.
Lannoitustapa	2	1,04	ns.
Mukuloiden ka-pit. (%)			
Kerranne	2	0,30	ns.
Lannoitustapa	2	0,22	ns.
Mukuloiden ka-sato (kg/ha)			
Kerranne	2	0,34	ns.
Lannoitustapa	2	1,80	ns.
Tuhkapit. (%)			
Kerranne	2	3,27	ns.
Lannoitustapa	2	1,72	ns.

Lyhenteiden selitykset ovat edellisessä liitteessä.

Osa 2. Sakokaivolietteen imeyttäminen kuorijätteeseen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	30
1 JOHDANTO	31
2 KOEJÄRJESTELYT JA TUTKIMUSMENETELMÄT	32
2.1 Sakokaivolietteen hygienisointi $\text{Ca}(\text{OH})_2$:n avulla	32
2.2 Sakokaivolietteen imeyttäminen kuorijätteeseen	32
2.3 Laboratoriotutkimukset	32
2.4 Viljelykokeet	33
3 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	33
3.1 Sakokaivolietteen hygienisointi $\text{Ca}(\text{OH})_2$:n avulla	33
3.2 Sakokaivolietteen hajun muuttuminen kuorijäteseoksessa	33
3.3 Mikrobiologiset tutkimukset kuorijätteen ja sakokaivolietteen seoksista	34
3.3.1 Bakteerien kokonaismäärät	36
3.3.2 Kolimuotoisten bakteerien määrät	36
3.3.3 Sulfiittia pelkistävien klostridien määrät	36
3.3.4 Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrät	36
3.3.5 Fekaalisten streptokokkien määrät	36
3.3.6 Hiivojen ja homeitten määrät	36
3.4 Sakokaivolietekuorijäteseoksen käyttö maanparannusaineena	37
4 KUSTANNUKSET	38
4.1 Sakokaivolietteen imeytys kuorijätteeseen	38
4.2 Arvio kustannuksista käytännössä	38
4.3 Vertailu muihin käsittelykustannuksiin	38
4.3.1 Sakokaivolietteen käsittely kaatopaikalla	38
4.3.2 Sakokaivolietteen imeytys turpeeseen	38
4.3.3 Kalkkikäsittely	39
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	39
6 KEHITTÄMISTARPEET	39
KIRJALLISUUS	39
LIITE	

Osa 2. Sakokaivolietteen imeyttäminen kuorijätteeseen

TIIVISTELMÄ

Jätelain eräänä tavoitteena on jätteen hyötykäyttö lähellä sen muodostumispaikkaa. Haja-asutusalueilla syntyvien sakokaivolietteiden kuljetus kaatopaikoille tai jätevedenpuhdistamoille on usein hankalaa pitkien etäisyyksien vuoksi. Lisäksi lietteet kuormittavat kaatopaikkoja ja puhdistamoja. Virheellisesti käsitellystä sakokaivolietteestä voi aiheutua terveys- tai ympäristöhaittoja.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty mahdollisuutta varastoida sakokaivoliete sellu-tehtaan kuorijätteeseen imeytettynä. Selvityksessä tarkasteltiin sakokaivolietteen hygienisoitumista kalkkikäsiteltynä sekä kuorijätteeseen imeytettynä. Kuorijätteen ja sakokaivolietteen seoksen soveltuvuutta maanparannusaineeksi selvitetiin lanta-analysien sekä vihantakauran viljelykokeen avulla.

Kuorijätteeseen imeytetystä sakokaivolietteestä hävisivät haju ja yli 99,99 % ulosteperäisistä bakteereista vuoden varastoinnin aikana. Myös kahden tunnin käsittely Ca(OH)_2 :lla tuhosi lähes kaikki ulosteperäiset bakteerit sakokaivolietteestä.

Käytetty kuorijätteen ja sakokaivolietteen seos soveltui maanparannusaineeksi vihantakauran viljelyssä. Vähäinen typpimäärä korvattiin lisälannoituksella.

Sakokaivolietteen hyötykäyttö kuorijätteeseen imeytettynä on ympäristöystävällinen ja taloudellinen vaihtoehto kaatopaikkakäsittelylle. Kuorijäteimeytyksessä kuluja voidaan helposti alentaa esimerkiksi suurentamalla käsittely-yksikköä ja imeytysmassan uusiokäyttöä. Olisi selvítettävä, paljonko sakokaivolietettä voidaan imeyttää kuorijätteeseen yhden tai useamman vuoden aikana. Sen jälkeen tulisi tutkia sakokaivolietteen ja kuorijätteen seoksen maanparannus- ja lannoitusvaikutus.

Lisätutkimukset tauteja aiheuttavien bakteereiden ja virusten tuhoutumisesta ovat aiheellisia. Nyt tehtyjen tutkimusten perusteella kuorijäte soveltuu hyvin sakokaivolietteen varastointiin, hygienisointiin sekä ympäristö- ja terveysriskien vähentämiseen.

1 JOHDANTO

Sakokaivoliete kuormittaa kaatopaikkoja. Kaikille kaatopaikoille ei oteta ollenkaan vastaan nestemäisiä jätteitä. Jätevesiliete voi aiheuttaa hajuhaittoja ja pinta- tai pohjaveden pilaantumista, mikäli sitä ei käsitellä asianmukaisesti. Sakokaivolietettä ei saisi levittää viljelyalueille talviaikana (SANTALA 1990).

Terveydenhoitolain 469/65 61 §:n mukaisesti jätteet ja muut jäteaineet on siten kerättävä ja käsiteltävä, ettei niistä aiheudu terveydellistä haittaa.

Käsittämättömässä sakokaivolietteessä voi olla tauteja aiheuttavia bakteereita ja viruksia sekä loisten munia (Ympäristöministeriö ym. 1991, LAHTI 1981).

Haja-asutusalueilla saostuskaivoista poistettavan lietteen kuljetus kaatopaikoille lisää pitkien etäisyyksien vuoksi kustannuksia. Sakokaivolietteen sisältämät ravinteet menevät hukkaan kaatopaikoilla. Kaatopaikoille toimitettavasta jätteestä peritään tavallisesti käsittelymaksu (LUNDSTRÖM 1991).

Jätelain 1072/1993 6 §:n mukaisesti jäte on hyödynnettävä, jos se on teknisesti mahdollista ja jos siitä ei aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia verrattuna muulla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon. Jätteestä ei saa aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Jätteiden hyötykäyttö on tavoitteena myös mm. Ympäristöministeriön vuoden 1992 ehdotuksessa maaseudun ympäristöohjelmaksi.

Ympäristöministeriö yhdessä Vesi- ja ympäristöhallituksen sekä lääkintöhallituksen kanssa on antanut vuonna 1991 ohjeen puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyssä. Vaikka ohje on annettu yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla syntyvän lietteen käytöstä, voitaneen sitä osittain soveltaa myös kiinteistökohtaisten sakokaivolietteiden käsittelyssä. Mainitun ohjeen mukaisesti liete tulee stabiloida hygieenisten haittojen ja hajuhaittojen estämiseksi. Stabilointimenetelmiksi hyväksytään ensisijaisesti mädätys, kalkkistabilointi ja kompostointi. Myös lahotus voidaan yleensä hyväksyä, jolloin lämmittämättömän lietteen viipyvän on oltava lämpimänä vuodenaikana vähintään kaksi

viikkoa ja talvella vähintään 1–2 kuukautta. Yhdyskuntien jätevesilietteestä poiketen raskasmetallit eivät pientalojen jätevesilietteessä aiheuttane ongelmaa kuin poikkeustapauksissa.

Turvetta on käytetty sekä sakokaivolietteen imeytykseen että suodatukseen. Mm. Helsingin kaupungissa sekoitetaan jätevesiliete turpeeseen ja seos käytetään maanparannusaineena (LUNDSTRÖM 1991).

Monissa Keski-Suomen kunnissa on rakennettu turvesuodattimia lietteen kuivaukseen. Turvesuodattimella kuivattu liete soveltuu hyötykäyttöön paremmin kuin mekaanisesti kuivattu tai kuivaamaton liete. Lietteen kuivuminen helpottaa käsittelyä ja turpeen hygieenisuus paranee hajun vähetessä ja biologisen hajoamisen edetessä (HAKKARI ym. 1988). Yksi turvekuutio pystyy kuivaamaan 10–15 m³ puhdistamo- tai sakokaivolietettä. Seos sopii sellaisenaan peltokäyttöön ja viherrakentamiseen (REINIKAINEN 1990).

Hygieenisesti ehdottoman turvallista tuotetta ei saada aikaan kompostoimallakaan (PAATERO ym. 1984). Jätevesilietteessä on viruspartikkeleita suojaavia aineita. Bakteerit taas muodostavat hyvin kestäviä lepomuotoja. Ihmiselle haitallisia viruksia voidaan jätevesistä löytää biologisen puhdistuksen ja klooridesinfektoidenkin jälkeen (RAO ym. 1986). Tästä syystä sakokaivolietteellä lannoitettujen peltojen kasvivalikoimaa on aiheellista rajoittaa erilaisista käsittelyistä huolimatta.

Jäteveden puhdistamolietettä voidaan käyttää viljelymaille, joilla kasvatetaan viljaa, sokerijuurikasta tai öljykasveja. Nurmelle lietettä on hyväksyttävää käyttää vain suojaviljan alle huolellisesti mullattuna. Puhdistamolietteellä käsiteltyä viljelymaata voidaan käyttää perunoiden, juuresten ja vihannes-ten viljelyyn aikaisintaan 5 vuoden kuluttua lietteen levityksestä (Ympäristöministeriö ym. 1991, LATOSTENMAA, 1984).

Olosuhteista riippuen suolistoperäiset tauteja aiheuttavat bakteerit sekä virukset tavallisesti vähenevät jouduttuaan elimistön ulkopuolelle (LAHTI 1981). Mikrobien välinen kilpailu vähentää tauteja aiheuttavia pieneliöitä esimerkiksi maaperässä (LEXANDER 1977) ja kompostoinnissa (PAATERO ym. 1984).

Puunkuorikompostien on todettu sisältävän merkittävästi taudinaiheuttajien kasvua estäviä aineita. Aineiden määrä riippuu puulajista ja siitä paljonko se sisältää puuainetta (PAATERO ym. 1984).

1975–78 tehdyissä jätelietekuorirouhekokeissa vuoden kompostoinnin aikana kuorilieteseos saavutti sellaisen stabiloitumisasteen, jota tuoreessa sijoitetussa materiaalissa ei saavutettu vielä kolmantenaan kasvukautena. Jäteliete on edullista lisätä maahan kuoreen tai muuhun runsaasti hiiltä ja vähän tyypeä sisältävään materiaaliin sekoitettuna (HUHTA ym. 1978).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää selutehtaan kuorijätteen soveltuvuus sakokaivolietteen varastointiin ja tämän sekä kalkkikäsittelyn vaikutusta lietteen hygienisoinnissa. Lisäksi selvitettiin kuorijätteen ja sakokaivolietteen seoksen soveltuvuutta maanparannusaineeksi sekä sen lannoitusvaikutusta.

2 KOEJÄRJESTELYT JA TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Sakokaivolietteen hygienisointi $\text{Ca}(\text{OH})_2$:n avulla

Kokeessa 1 määritettiin omakotitalon pakastetusta sakokaivolietteestä heterotrofisten aerobisten bakteereiden kokonaispesäkeluku sekä kolimuotoisten, sulfittia pelkistävien ja lämpökestoisten kolimuotoisten bakteereiden, fekaalisten streptokokkien, hiivojen ja homeitten lukumäärät.

Sakokaivolietteeeseen lisättiin $\text{Ca}(\text{OH})_2$:a siten, että pH oli noin 12. Tämän jälkeen määritettiin kaikkien edellä mainittujen mikrobiryhmien määrät 15 minuutin, 30 minuutin, 1 tunnin, 2 tunnin ja 1 vuorokauden kuluttua.

Kokeissa 2 ja 3 tehtiin omakotitalojen sakokaivolietteilistä muut edellä luetellut mikrobimääritykset paitsi hiivojen ja homeitten määritystä. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -lisäyksen jälkeen bakteerimääritykset tehtiin 30 minuutin ja 2 tunnin kuluttua.

2.2 Sakokaivolietteen imeyttäminen kuorijätteeeseen

Sakokaivolietteen hygienisoitumista kuorijätteeeseen imeytettynä selvitettiin sekä ilman kalkkilisäystä (seos I) että kalkkilisäyksen kanssa (seos II).

Seosta I varten tehtiin 20 m³:n kuorijättekasa kesällä 1992. Kasaan kaivettuun kouruun pumpattiin 2–3 m³ pientalon saostuskaivolietettä, joka peitettiin kuorijätteellä.

Syksyllä 1992 tehtiin seosta II varten toinen 20 m³:n kuorijättekasa, johon imeytettiin 3 m³ kalkilla käsiteltyä sakokaivolietettä. Kalkkikäsittelyssä imettiin veteen sekoitettua $\text{Ca}(\text{OH})_2$:a lietevaunuun sakokaivolietteen sekaan ja seoksen annettiin seistä 2 tunnin ajan. Molemmat kasat sekoitettiin etukuormaaajan avulla toukokuussa 1993.

Tulosten vertailua haittasi se, ettei molempia kasoja tehty samanaikaisesti. Seoksen II lietteessä, joka käsiteltiin kalkilla oli alunperin pienemmät määrät ulosteperäisiä bakteereita kuin seoksen I lietteessä. Lisäksi seos II seiso i lyhyemmän ajan ja kylmemässä kuin seos I.

2.3 Laboratoriotutkimukset

Yksi näyte otettiin kuorijättekasasta (seos I), johon oli vajaat 1,5 kk aikaisemmin imeytetty sakokaivolietettä. Siitä määritettiin kolimuotoisten bakteereitten, lämpökestoisten kolimuotoisten bakteereitten ja fekaalisten streptokokkien lukumäärät, joita verrattiin vastaavien bakteereitten määriin alkuperäisestä lietteestä otetussa pakastetussa näytteessä.

Talven yli varastoiduista ja keväällä sekoitetuista sakokaivolietteen ja kuorijätteen seoksista I ja II tutkittiin heterotrofisten aerobisten bakteereiden kokonaispesäkelukumäärä, kolimuotoisten bakteereitten, sulfittia pelkistävien klostridien, lämpökestoisten kolimuotoisten bakteereitten, fekaalisten streptokokkien sekä hiivojen ja homeitten lukumääriä. Kummastakin kasasta otettiin neljä näytettä: Yksi näyte otettiin kasan pinnalta toukokuussa 1993. Kesäkuussa 1993 otettiin yksi näyte kasan pinnasta, toinen noin 30 cm:n syvyydestä ja kolmas noin 70 cm:n syvyydestä. Näytteistä tehtiin samat mikrobimääritykset kuin alkuperäisestä sa-

kokaivolietteestä ennen imeytystä kuorijätteeseen vuonna 1992.

Kuorijätteen mikrobiologiset tutkimukset ja mikrobiologisissa tutkimuksissa käytetyt tutkimusmenetelmät on selostettu tämän julkaisun osassa I: Lietelannan imeytys sellutehtaan kuorijätteeseen.

2.4 Viljelykokeet

Kokeessa selvitettiin sakokaivolietteen ja kuorijätteen seoksen lannoitusvaikutusta vihantakauran viljelyssä.

Kuorijätteen koostumus on selvitetty osassa I. Sakokaivolietteet olivat kahden omakotitalon saostuskaivoista. Lanta- ja viljavuusanalyysit tehtiin Viljavuuspalvelun laboratoriossa. Näytteet kerättiin useasta eri osanäytteestä.

Viljelykokeessa noudatettiin satunnaistettujen ruutujen koemenetelmää. Viljelykokeen koejärjestelyt perustuvat sakokaivolietteen ja kuorijätteen seoksen lanta-analyysihin. Vihantakaura kylvettiin käsin 21.6. 1993. Koska sakokaivolietteessä oli niin vähäinen määrä liukoista tyyppiä, seosta saaneille ruuduille annettiin lisälannoitukseen samaa lannoitetta kuin väkilannoiteruudulle (Taulukko 1). Koeruudun koko oli 13,74 m². Veli-kauran siementä käytettiin 150 kg/ha.

Kasvusto niitettiin täydellä röyhyasteella 20.8.1993. Sato punnittiin ja siitä tehtiin rehu-analyysit Maatalouden tutkimuskeskuksen Lapin tutkimusasemalla.

Viljelykokeiden tuloksista tehtiin varianssianalyysit ja koejäsenten välisiä eroavuuksia tarkasteltiin

Taulukko 1. Kaurakokeen koejäsenet.

Lannoitus	kg/ha
Kalkitsematon sakokaivolietekuorijäte	40 000
Lisälannoitus typpirikas Y2 (NPK 20-4-8)	498
Kalkittu sakokaivolietekuorijäte	40 000
Lisälannoitus typpirikas Y2 (NPK 20-4-8)	496
Typpirikas Y2 (NPK 20-4-8)	500

pienimmän merkitsevän eron (PME) testillä ($p < 0,05$) merkitsevyystasolla.

3 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

3.1 Sakokaivolietteen hygienisointi Ca(OH)₂:n avulla

Laboratoriossa tehdyissä kalkkistabilointikokeissa sakokaivolietteen pH oli 12, kun siihen oli lisätty 0,4 paino-% Ca(OH)₂.

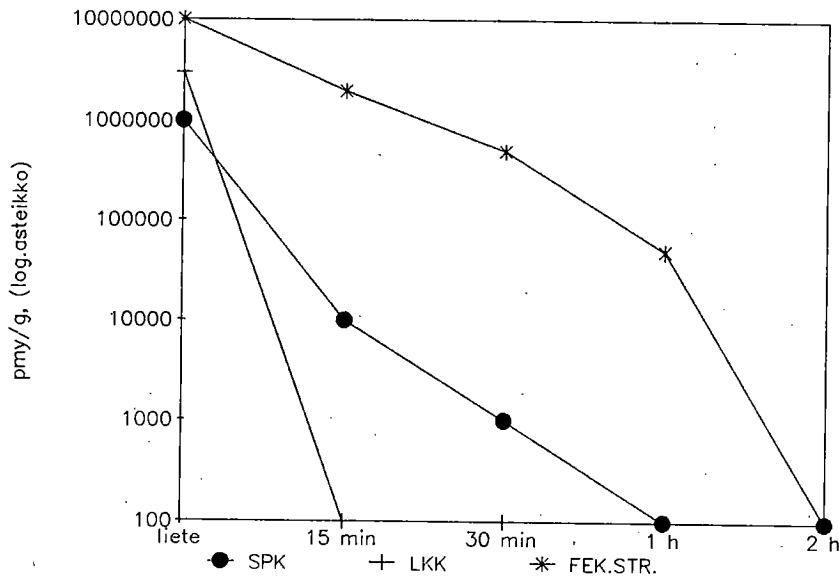
Kaikissa kolmessa kokeessa ulosteperäisten bakteerien määrä oli selvästi vähentynyt 30 minuutin kuluttua kalkkilisäyksestä. Ulosteperäistä saastusta osoittavia bakteereita ei ollut osoitettavissa 2 tunnin kuluttua kahdessa kokeessa ollenkaan ja yhdessä kokeista vain yksi pesäke fekaalisia streptokokkeja laimennoksesta 10⁻². Myös kokonaispesäkeluku oli vähentynyt noin 99,7 % alkuperäisestä. Ulosteperäisten bakteerien väheneminen on esitetty kuvissa 1 ja 2. Kuvassa 1 on lisäksi esitetty sulfiittia pelkistävien klostridien ja kuvassa 2 kolimuotoisten bakteereitten määrät. Mikrobiologisten tutkimusten tulokset on esitetty liitteessä 1 olevissa taulukoissa 6-8.

3.2 Sakokaivolietteen hajun muuttuminen kuorijäteseoksessa

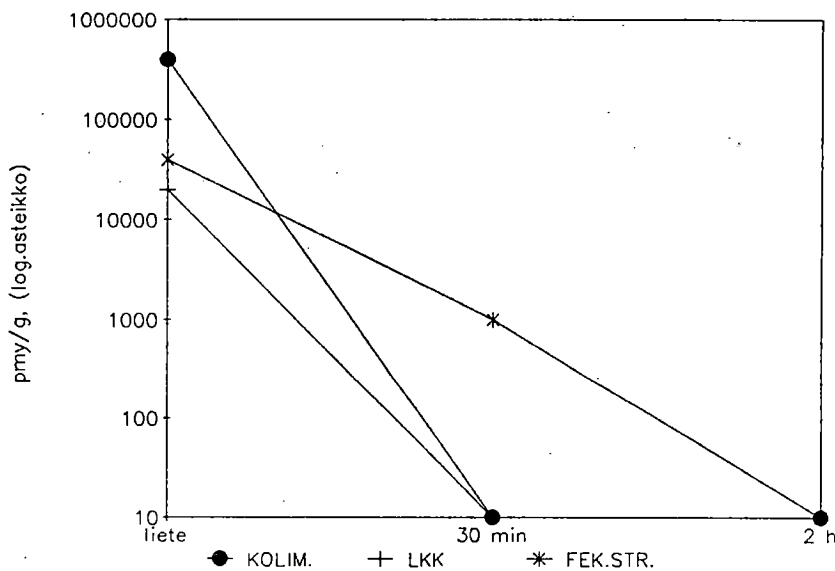
Voimakkaasti haisevasta saostuskaivolietteestä ei aumaan peitettyinä ollut todettavissa minkäänlaista hajua. Puolentoista kuukauden kuluttua maanäyte-kairalla otetussa näytteessä todettiin vielä selvä viemärivereden haju. Tämä voi johtua siitä, että kasa ei vielä ollut sekoitettu ja lietteen imeytyminen kuorijätteeseen oli epätäydellistä. Väliittömän sekoituksen jälkeen hajun häviäminen olisi voinut olla nopeampaa.

Sakokaivolietteen haju oli täysin hävinnyt kuorijätteeseen imeytetystä sakokaivolietteestä 8-12 kuukauden varastoinnin ja sekoituksen jälkeen. Haju oli hävinnyt seoksessa sekä kalkilla käsitellystä että käsittelemättömästä sakokaivolietteestä.

Kuorijättekasassa ei havaittu kompostoitumista osoittavaa lämpötilan nousua.



Kuva 1. Ca(OH)₂-lisäyksen vaikutus sakokaivolietteen ulosteperäisten bakteereiden sekä sulfiittia pelkistävien klostridien määriin (koe I).

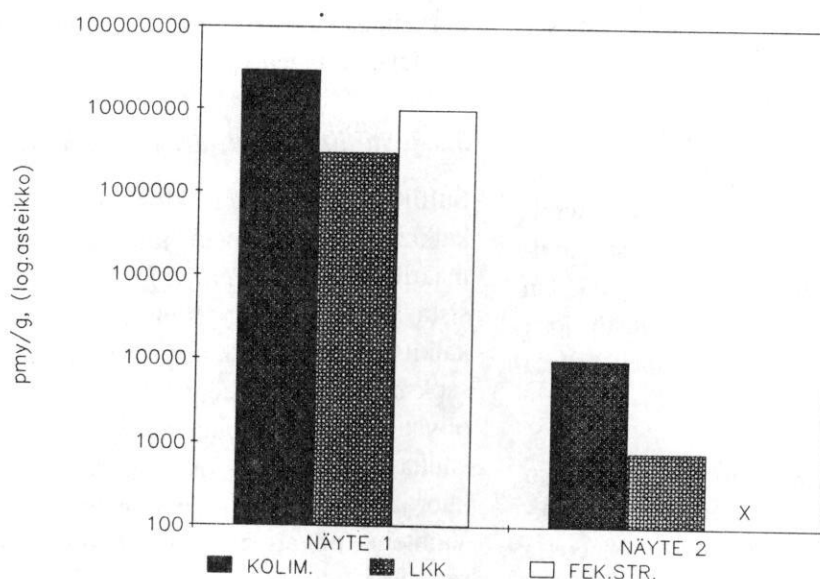


Kuva 2. Ca(OH)₂-lisäyksen vaikutus sakokaivolietteen ulosteperäisten ja kolimuotoisten bakteereiden määriin (koe II).

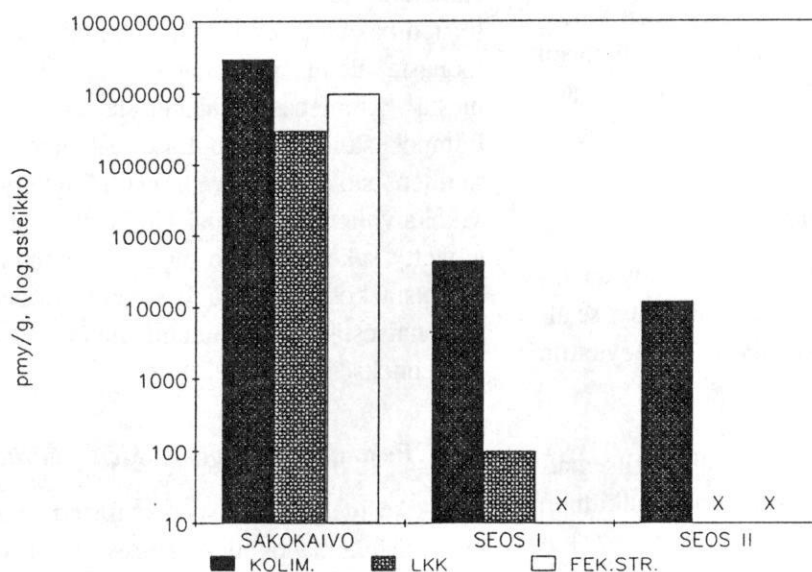
3.3 Mikrobiologiset tutkimukset kuorijätteen ja sakokaivolietteen seoksista

Tämän julkaisun osan I liitteessä 1 ovat tulokset kuorijätteestä tehdyistä mikrobiologisista tutkimuksista. Niiden mukaisesti kuorijätteessä ei ollut osoitettavissa fekaalisia streptokokkeja tai lämpöketoisia kolimuotoisia bakteereita.

Taulukossa 9 on esitetty tulokset kolimuotoisten bakteereiden, lämpöketoisten kolimuotoisten bakteereiden ja fekaalisten streptokokkien määristä seokseen I käytetystä omakotitalon pakastetusta sakokaivolietteestä ja kuorijättekasasta, johon sakokaivoliete oli imeytetty 1,5 kk aikaisemmin. Taulukossa 10 ovat mikrobiologiset tulokset samasta sakokaivolietteen ja kuorijätteen seoksesta noin



Kuva 3. Sakokaivolietteen ja sen sekä kuorijätteen seoksen I ulosteperäiset ja kolimuotoiset bakteerit. x= alle määritysrajan (100 pmy/g), näyte 1: sakokaivoliete ja näyte 2: sakokaivolietteen ja kuorijätteen seos, varastointiaika 1,5 kk.



Kuva 4. Sakokaivolietteen sekä sen ja kuorijätteen seosten I ja II ulosteperäiset ja kolimuotoiset bakteerit. x= alle määritysrajan (100 pmy/g), seos I: varastointiaika 11–12 kk (neljän näytteen tulosten logaritminen keskiarvo taulukosta 5), sakokaivoliete kalkitsematon ja Seos II: varastointiaika 7–8 kk (neljän näytteen tulosten logaritminen keskiarvo taulukosta 6), sakokaivoliete kalkittu.

vuoden varastoinnin ja sekoituksen jälkeen. Taulukossa 11 ovat vastaavat tulokset seoksesta, jossa kuorijätteeseen on imeytetty kalkikäsitteltyä sakokaivolietettä 7 ja 8 kk aikaisemmin. Taulukot 9–11 ovat liitteessä 1.

Kuvassa 3 on esitetty sakokaivolietteen kolimuotoisten ja ulosteperäisten bakteereiden määrissä ta-

pahtuneet muutokset kuorijätteseoksessa 1,5 kuukauden varastoinnin aikana. Kuvassa 4 ovat vastaavat bakteerimäärät vuoden varastoinnin jälkeen sekä 7–8 kk vanhan kalkitun sakokaivolietteen ja kuorijätteen seoksen mikrobimäärät.

Sakokaivolietteen kuorijätteeseen imeyttämisen ja varastoimisen tarkoituksena on tuhota mahdollisia

tauteja aiheuttavia pieneliöitä sakokaivoliettestä. Käytännön kokeissa ei tauteja aiheuttavien bakteereitten käyttö ollut mahdollista. Salmonellakokeet tehtiin laboratorio-olosuhteissa. Kuorijätteen ja lietalannan seokseen lisätyn *Salmonella infantiksen* määrän väheneminen on esitetty tämän julkaisun osassa I. Tämän kokeilun mikrobiologisissa tutkimuksissa tarkasteltiin paitsi ulosteperäisiä indikaattoribakteereita myös muuta pieneliöstöä. On eduksi, että seoksessa on runsas pieneliöstö, joka kilpailee tauteja aiheuttavien bakteereiden kanssa (LAHTI 1981, PAATERO ym. 1984).

Sakokaivolietteen pH:n nostaminen $\text{Ca}(\text{OH})_2$:n avulla noin kahteentoista tuhoaa mikrobeja. Kalkkikäsittelyssä kuolee tauteja aiheuttavia bakteereita ja viruksia, mutta samalla vähenevät myös muut mikrobit.

Erot kalkitun ja kalkitseemattoman sakokaivolietteen mikrobimäärissä ennen imeytystä kuorijätteen olivat hyvin suuret. 7–12 kuukauden varastoinnin jälkeen kuorijätteen ja sakokaivolietteen seosten mikrobimäärien erot olivat tähän verraten hyvin vähäiset.

3.3.1 Bakteerien kokonaislukumäärät

Vaikka kokonaispesäkeluku kalkkikäsittelyssä sakokaivolietteen väheni noin 99 %, lisääntyi se alkuperäiselle tasolle, kun sakokaivoliete imeytettiin kuorijätteesseen.

Kokonaispesäkeluku, joka alussa oli kalkitseemattomassa lietteessä noin 1 000-kertainen kalkittuun verrattuna, oli lopullisissa kuorijätteen ja sakokaivolietteen seoksissa samaa suuruusluokkaa (muutamia miljoonia pmy/g).

3.3.2 Kolimuotoisten bakteerien määrät

Kolimuotoisten bakteerien ryhmään kuuluu lukuisia bakteerilajeja, joista vain osa on ulosteperäisiä. Tämän bakteeriryhmän määristä ei siten voi selvästi arvioida ulosteperäisen saastutuksen määrää. Se on kuitenkin eräs likaantumisen mittari.

Kalkitseemattomassa lietteessä kolimuotoisten bakteereitten määrä oli aluksi yli 10 000-kertainen tai yli miljoonakertainen kalkittuun verrattuna. Kolimuotoisten bakteereitten määrät olivat kalkitseemattomasta lietteestä tehdyssä kuorijäteseoksessa

varastoinnin jälkeen samaa suuruusluokkaa tai korkeintaan 100-kertaiset verrattuna kalkkikäsittelystä lietteestä tehtyyn seokseen.

3.3.3 Sulfiittia pelkistävien klostridien määrät

Sulfiittia pelkistävien klostridien määrä väheni kalkkikäsittelyssä noin miljoonasta pmy/g alle määritysrajan (100 pmy/g) tai muutamista tuhansista alle 10 pmy/g. Noin vuoden varastoidussa kalkitseemattoman sakokaivolietteen ja kuorijätteen seoksessa tämän bakteeriryhmän määrien vaihtelut olivat pmy/g-3 000 pmy/g ja noin kahdeksan kuukautta varastoidussa kalkitun sakokaivolietteen ja kuorijätteen seoksessa pmy/g-10 000 pmy/g. Vaihtelut olivat siten hyvin suuret lopullisissa seoksissa.

3.3.4 Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien määrät

Kalkkikäsittely vähensi lämpökestoisten kolimuotoisten bakteereiden lukumäärää muutamasta miljoonasta alle määritysrajan (100 pmy/g) tai muutamasta kymmenestä tuhannesta alle 10 pmy/g. Lämpökestoisia kolimuotoisia bakteereita ei todettu ollenkaan seoksesta, johon oli käytetty kalkittua sakokaivolietettä. Myöskään seoksesta I, johon käytetty sakokaivoliete oli kalkitseematon, lämpökestoisia kolimuotoisia bakteereita todettiin vain satunnaisesti hyvin pieniä määriä (1 tai 2 pesäkettä laimennoksesta 10^{-2}).

3.3.5 Fekaalisten streptokokkien määrät

Kalkkikäsittely vähensi fekaalisten streptokokkien määrää sakokaivolietteen vähenemiseen noin 1/10 000–1/100 000 osaan. 7–12 kuukauden varastoinnin jälkeen kuorijätteen ja sakokaivolietteen seoksissa olivat fekaalisten streptokokkien määrät kaikissa näytteissä alle määritysrajan (100 pmy/g) riippumatta siitä, oliko seokseen käytetty sakokaivolietettä käsitelty kalkilla vai ei.

3.3.6 Hiivojen ja homeitten määrät

Kalkkikäsittelyssä väheni hiivojen määrä noin 10 000:sta alle määritysrajan (10 pmy/g). Lopullisissa kuorijätteen ja sakokaivolietteen seoksissa hiivojen määrissä ei näyttänyt olevan eroja riippumatta siitä, oliko seokseen käytetty kalkittua tai kalkitseemattomaa lietettä. Seos II:ssa (sakokaivoliete kalkittu) hiivamääriä oli vaikea määrittää kahdessa

näytteessä muun ylikasvun vuoksi. Homeitten määrissä ei näyttänyt olevan selviä eroja eri tavoin käsitellyissä seoksissa.

3.4 Sakokaivolietekuorijäteseoksen käyttö maanparannusaineena

Lanta-analyysien perusteella voidaan todeta sako-kaivolietteen ja kuorijätteen seosten lannoitusvai-
kutuksen (Taulukko 2) olevan melko pieni ainakin
tällä lietemäärällä. Tämän vuoksi kokeessa käytet-
tiin suurta täydennyslannoitusmäärää sakokaivo-
lietekuorijätettä saaneissa koeruuduissa. Useat
imeytykset voisivat nostaa seoksen typpipitoisuut-
ta. Tämä koe toteutettiin turvemaalla. Kivennäis-

maalla seoksen maanparannusarvo voisi tulla sel-
vemmin esille.

Viljavuusanalyysitulokset on taulukossa 3.

Vihantakauran viljelykokeessa sadon kuiva-ainepi-
toisuus (%) oli lannoittamattomalla koejäsenellä
($p < 0,05$) suurempi ja sadon raakavalkuaispitoisuus
(%) ($p < 0,05$) pienempi kuin muilla koejäsenillä
(Taulukko 4). Erot lannoitettujen koejäsenten vä-
lillä olivat pieniä, koska väkilannoituksen osuus
kokonaislannoituksesta oli suuri.

Vihantakauran niitto myöhästyi hieman parhaasta
niittoaajankohdasta. Kuiva-aine- ja raakavalkuais-

Taulukko 2. Kalkitsemattoman ja kalkitun sakokaivolietteen ja kuorijätteen seosten lanta-analyysien 27.5.1993 tulokset.

	pH	Liuk.N	Kok.N	P g/kg ka	K	Mg	Tulok. Til.p. kg/m ³	Ka %
Ei kalk.	5,0	0,03	6,7	0,38	0,52	0,60	850	34,1
Kalkittu	5,3	0,05	5,9	0,26	0,34	1,1	910	38,6

Taulukko 3. Koelohkon viljavuusanalyysitulokset keväällä 1993.

Lohko	Maalaji	Johtoluku 10×mS/cm	Pintamaa pH	Ca	P	K mg/l	Mg
Tila C	htSct	1,8	5,6	1510	28	231	435

Taulukko 4. Vihantakauran sadon kuiva-aine, raakavalkuais- ja tuhkapitoisuuksien keskiarvot. Koejäsenet ovat taulukossa 8.

Lannoitus	Kuiva-aine %	Raakavalk. %	Tuhka %
Ei lann.	15,3 A	9,2 B	9,4
Ei kalk. seos	12,9 B	12,2 A	9,8
Kalkittu seos	13,0 B	12,7 A	10,2
Väkilann.	12,8 B	12,9 A	10,3

Taulukossa on toisistaan tilastollisesti ($p < 0,05$) eroavat keskiarvot merkitty eri kirjaimin (A,B), kuiva-ainepitoisuuden keskiarvojen $PME=1,943$ ja raakavalkuaispitoisuuksien keskiarvojen $PME=2,508$.

Taulukko 5. Kuiva-aine- ja raakavalkuaissatojen keskiarvot. Koejäsenet ovat taulukossa 8.

Lannoitus	Kuiva-ainesato kg/ha	Raakavalk.sato
Ei lann.	3720 B	340 B
Ei kalk. seos	5510 A	670 A
Kalkittu seos	5280 A	670 A
Väkilann.	5890 A	760 A

Taulukossa ovat toisistaan tilastollisesti ($p < 0,05$) eroavat keskiarvot merkitty eri kirjaimin (A, B), kuiva-ainesadon $PME=1292$ ja raakavalkuaissadon $PME=189,6$.

sato (kg/ha) olivat ($p < 0,05$) pienimmät lannoittamattomalla koejäsenellä (Taulukko 5).

4 KUSTANNUKSET

4.1 Sakokaivolietteen imeytys kuorijätteeseen

Kustannukset riippuvat kuljetusmatkoista.

Tässä kokeilussa sakokaivolietteen imeytyspaikka oli 5 km sakokaivoista, tyhjennyksen suorittavasta maatilasta sekä tehtaasta.

	mk/3 m ³ sakokaivo- lietettä
Kuorijätteen hankinta: 20 × 2 mk	40
Saostuskaivon tyhjennys:	150
Kuorijätteen ajo:	200
Sakokaivolietteen imeytys:	100
Sekoitus: 1 t 10 min. à 120 mk/t:	140

Yhteensä: 630
= 210 mk/m³

Kuorijätteen osuus kustannuksista oli 80 mk/m³ sakokaivolietettä (12 mk/kuorijätekuutio) ja muun käsittelyn 130 mk/m³ sakokaivolietettä.

4.2 Arvio kustannuksista käytännössä

Kustannukset pienenevät huomattavasti, kun imeytys tehdään suurempina erinä. Jos kuorijätteen ja sakokaivolietteen seos voidaan käyttää uudelleen imeytykseen, kustannukset kuorijätteen osalta pienenevät edelleen.

Voidaan arvioida, että 180 m³ suuruiseen kuorijätealtaaseen voitaisiin imeyttää sakokaivolietettä ainakin 90 m³ (vrt. tämän julkaisun osa I). Silloin kustannuksiksi voidaan arvioida:

	mk/90 m ³ sakokaivo- lietettä
Kuorijätteen hankinta: 180 × 2 mk	360
Kuorijätteen ajo:	1620
Saostuskaivojen tyhjennykset (30 × 150mk):	4500
Imeytys ja sekoitus:	1500

Yhteensä: 7980
= 89 mk/m³

4.3 Vertailu muihin käsittelykustannuksiin

4.3.1 Sakokaivolietteen käsittely kaatopaikalla

Erään kemijärveläisen yrityksen ja Kemijärven kaatopaikan hintojen mukaisesti joulukuussa 1993 kustannukset olivat seuraavat:

	mk/3 m ³ lietettä
Saostuskaivon tyhjennys ja lietteen kuljetus:	225
Kaatopaikkamaksu:	114
	339 = 113 mk/m ³
Pääkaupunkiseudulla puhdistamolietteiden jätteenkäsittelymaksu oli vuonna 1991 400 mk/tonni + 45 mk/kuorma (LUNDSTRÖM 1991) ja vuoden 1994 alusta hinta on 228 mk/tonni + 65 mk/kuorma (LUNDSTRÖM 1993). Tähän tulisi lisäksi jätelietteen kuljetusmaksu (Kemijärvellä 225 mk).	

Kolmen m³:n jäteliete kaatopaikalle vietynä vuoden 1991 YTV:n jätteenkäsittelymaksujen mukaisesti:

	mk/3 m ³ lietettä
Kuljetusmaksu:	225
Jätteen käsittelymaksu: 3 × 400 mk + 45 mk =	1 245

Yhteensä: 1 470 = 490 mk/m³
Vuoden 1994 YTV:n jätteenkäsittelymaksujen mukaisesti:

	mk/3 m ³ lietettä
Kuljetusmaksu:	225
Jätteen käsittelymaksu: 3 × 228 mk + 65 mk =	749
Yhteensä:	974
	= 324 mk/m ³

Kustannus kaatopaikalle vietynä olisi ollut pääkaupunkiseudun vuoden 1991 jätteenkäsittelyhinnoilla yli kaksinkertainen ja vuoden 1994 hinnoilla noin 1,5 kertainen koeolosuhteissa saavutettuun kustannukseen kuorijätteeseen imeyttämällä.

4.3.2 Sakokaivolietteen imeytys turpeeseen

Turpe (alle 50 km:n matkalla):	28 mk/m ³
Kuorijäte:	12 mk/m ³
Ero:	16 mk/m ³

Turpe tulee tässä tapauksessa yli kaksi kertaa kalliimmaksi kuin kuorijäte.

4.3.3 Kalkkikäsittely

Sakokaivolietteen pH:n nostamiseksi 12:een käytettiin $\text{Ca}(\text{OH})_2$:a $12 \text{ kg}/3 \text{ m}^3$. Tämän hinta oli yhteensä noin $9 \text{ mk}/3 \text{ m}^3$ eli noin $3 \text{ mk}/\text{m}^3$.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

1. Kuorijätteeseen imeytetyn sakokaivolietteen haju hävisi noin vuoden varastoinnin aikana kokonaan.
2. Kahden tunnin kuluttua 0,4 paino-% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -lisäyksestä sakokaivolietteen ulosteperäiset indikaattoribakteerit vähenivät noin 99–yli 99,99 % alkuperäisistä määristä ja useimmiten alle tutkimusmenetelmien määritysrajojen.
3. Kuorijätteeseen imeytetyn sakokaivolietteen ulosteperäiset bakteerit vähenivät yli 99,99–99,999 % alkuperäisestä noin vuoden varastoinnin aikana.
4. Sakokaivolietteen ja kuorijätteen seosten lannoitusvaikutus on pieni tällä lietemäärällä.
5. Kuorijätteen ja sakokaivolietteen seoksen käyttö ei haittaa vihantakauran kasvua.

KIRJALLISUUS

- ALEXANDER, M. 1977. Introduction to soil microbiology. John Wiley & Sons, New York, Santa Barbara, London, Sydney, Toronto. 467 s.
- HAKKARI, L., KAUNISMAA, P., SELIN, P. ja REINIKAINEN, O. 1988. Turvesuodatin puhdistamolietteen ja sakokaivolietteen kuivauksessa. Vesitalous 2: 41–43.
- HUHTA, V., SUNDMAN, V., IKONEN, E., SIVELÄ, S., WARTIOVAARA, T. ja VILKAMAA, P. 1978. Jäteliete-kuorirouhe-seosten maatumisen biologia. Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 11. Jyväskylä. 124 s.
- Jätelaki, 1072/1993.
- LAHTI, K. 1981. Suolistoperäisten bakteerien ja virusten aiheuttama pohjavesien pilaantuminen. Vesihallituksen tiedotus 208, 43 s.
- LATOSTENMAA, H. 1984. Lietteen käyttö ja sijoitusvaihtoehdot. Kirjassa: Puhdistamolietteen käyttö, Maatalouskeskusten Liiton julkaisuja 703, sarjassa Tieto tuottamaan 33, 58 s.
- LUNDSTRÖM, Y. 1991. Jätevesilietteen käytön uudet normit. Helsingin kaupungin vesiviesti 4: 10–11.
- LUNDSTRÖM, Y. 1993. Suullinen tiedonanto. Helsingin kaupunki. Vesi- ja viemärilaitos. Helsinki.
- PAATERO, J., LEHTOKARI, M. ja KEMPPAINEN, E. 1984. Kompostointi. Juva. 268 s.
- RAO, C., METCALF, T. & MELNICK, J. 1986. Bulletin of the World Health Organization, 64 (1):1–14.
- REINIKAINEN, O. 1990. Turpeen käyttö lietteen kuivauksessa. Vapo Oy. 1.10. 1990. 8 s.
- SANTALA, E. 1990. Pienet jäteveden maapuhdistamot. Ohjeita 1–10 talouden jätevesien maaperäkäsittelystä. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja B:1. Helsinki. 117 s.
- Terveydenhoitolaki, 469/1965.
- Ympäristöministeriö 1992. Ehdotus maaseudun ympäristöohjelmaksi. Helsinki. 49 s.
- Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosasto, vesi- ja ympäristöhallitus, lääkintöhallitus 1991. Puhdistamolietteen käyttö maanviljelyssä. Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston ohje 4. Helsinki. 43 s.

6. Koeolosuhteissa sakokaivolietteen imeyttämisen kuorijätteeseen tuli tämän hetken hinnoilla kalliimmaksi kuin ajo kaatopaikalle Kemijärvellä, mutta halvemmaksi kuin kaatopaikkakäsittely pääkaupunkiseudulla.
7. Käytännön toteutuksissa on mahdollista päästä alle kaatopaikkakustannusten myös Kemijärven hinnoilla.
8. Turpeen hinta olisi ollut yli kaksinkertainen kuorijätteen hintaan verraten.
9. Kalkkikäsittelyn kustannukset olivat muihin kustannuksiin verrattuna vähäiset.

6 KEHITTÄMISTARPEET

Jatkotutkimuksien tulisi selvittää:

1. Missä seossuhteessa sakokaivolietteä on mahdollista imeyttää kuorijätteeseen?
2. Mikä on tämän seoksen lannoitusarvo?
3. Mitä tapahtuu tauteja aiheuttaville mikrobeille?

Taulukko 6. Sakokaivolietteen mikrobiologisen laadun muutos Ca(OH)₂-lisäyksen jälkeen (koe I). Tulosten yläpuolella on ilmoitettu kalkin lisäyksestä kulunut aika.

Mikrobi	liete	15 min.	30 min.	1 h	2 h	24 h
	pmy/g					
PC	8×10 ⁷	7×10 ⁶	6×10 ⁵	1×10 ⁵	<10 ⁵	2×10 ³
Kolim.	3×10 ⁷	<10 ³	<10 ³	<10 ³	<10 ³	<10
SPK	1×10 ⁶	1×10 ⁴	1×10 ³	1×10 ²	<100	10
LKK	3×10 ⁶	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<100	<10
Fek. str.	1×10 ⁷	2×10 ⁶	5×10 ⁵	5×10 ⁴	100	<10
Hiivat	1×10 ⁴	2×10 ²	100	30	<10	<10
Homeet	100	2×10 ²	3×10 ²	100	100	<10

Lyhennysten selitykset: PC (=Plate count) = heterotrofisten aerobisten bakteereitten pesäkeluku; Kolim. = kolimuotoiset bakteerit, SPK = sulfiittia pelkistävät klostridit, LKK= lämpökestoiset kolimuotoiset bakteerit, Fek. str. = fekaaliset streptokokit.

Taulukko 7. Sakokaivolietteen mikrobiologisen laadun muutos Ca(OH)₂-lisäyksen jälkeen (koe II). Näyte 1: sakokaivoliete ennen käsittelyä, näyte 2: sakokaivoliete 30 minuuttia kalkkilisäyksen jälkeen ja näyte 3: sakokaivoliete 2 t kalkkilisäyksen jälkeen.

Mikrobi	Näyte 1 Liete	Näyte 2 + 30 min.	Näyte 3 + 2 h
	pmy/g		
PC	1×10 ⁷	6×10 ⁵	7×10 ⁴
Kolim.	4×10 ⁵	<10	<10
SPK	2×10 ⁵	<10 ²	?
LKK	2×10 ⁴	<10	<10
Fek. str.	4×10 ⁴ x)	1×10 ³	<10

Lyhennysten selitykset ovat taulukossa 6.

? = ei luettavaa tulosta. x) = määrittäminen jouduttiin tekemään seuraavana päivänä uudelleen, koska ensimmäisen näytteen viljelyt oli tehty fekaalisten streptokokkien osalta liian pitkälle laimennetusta näytteestä.

Taulukko 8. Sakokaivolietteen mikrobiologisen laadun muutos Ca(OH)₂-lisäyksen jälkeen (koe III). Näyte 1: sakokaivoliete ennen käsittelyä, näyte 2: sakokaivoliete 30 minuuttia kalkkilisäyksen jälkeen ja näyte 3: sakokaivoliete 2 t kalkkilisäyksen jälkeen.

Mikrobi	Näyte 1 Liete	Näyte 2 + 30 min.	Näyte 3 + 2 h
	pmy/g		
PC	9×10 ⁶	2×10 ⁵	2×10 ⁴
Kolim.	4×10 ⁴	<10	<10
SPK	2×10 ³	2×10 ²	<10
LKK	3×10 ³	<10	<10
Fek. str.	8×10 ³	5×10 ²	<10

Lyhennysten selitykset ovat taulukossa 6.

Taulukko 9. Sakokaivolietteen ja sakokaivolietekuorijäteseoksen mikrobimäärät (1,5 kk imeytyksestä). Näyte 1: sakokaivoliete, näyte 2: sakokaivolietteen ja kuorijätteen seos.

Mikrobi	Näyte 1	Näyte 2
	Liete	Seos
	pmy/g	
Kolim.	3×10^7	1×10^4
LKK	3×10^6	8×10^2
Fek. str.	1×10^7	<100

Lyhennysten selitykset ovat taulukossa 6.

Taulukko 10. Sakokaivolietekuorijäteseoksen mikrobit seoksessa I (ei kalkki-käsittelyä). Näyte 1: sakokaivoliete, näyte 2: seoksen pinnasta (noin 11 kk imeytyksestä), näyte 3: seoksen pinnasta, näyte 4: 30 cm:n syvyydestä, näyte 5: 70 cm:n syvyydestä (noin 12 kk imeytyksestä).

Mikrobi	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5
	Liete	Seos Pinta	Seos Pinta	Seos - 30 cm	Seos - 70 cm
	pmy/g				
PC	8×10^7	6×10^6	4×10^6	6×10^6	4×10^6
Kolim.	3×10^7	6×10^4	3×10^4	5×10^4	4×10^4
SPK	1×10^6	<10	3×10^3	1×10^3	1×10^3
LKK	3×10^6	<100	<100	100	200
Fek. str.	1×10^7	<100	<100	<100	<100
Hiivat	1×10^4	1×10^5	60	2×10^4	1×10^4
Homeet	1×10^2	2×10^4	40	5×10^5	4×10^5
pH		5,1	5	5	5

Lyhennysten selitykset ovat taulukossa 6.

Taulukko 11. Sakokaivolietekuorijäteseoksen mikrobit seoksessa II (sakokaivoliete käsitelty kalkilla). Näyte 1: kalkittu sakokaivoliete 2 tunnin kuluttua, näyte 2: seoksen pinnasta (noin 7 kk imeytyksestä), näyte 3: seoksen pinnasta, näyte 4: 30 cm:n syvyydestä, näyte 5: 70 cm:n syvyydestä (noin 8 kk imeytyksestä).

Mikrobi	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5
	Liete	Pinta	Pinta	- 30 cm	- 70 cm
	pmy/g				
PC	7×10^4	1×10^6	7×10^6	2×10^6	2×10^6
Kolim.	<10	4×10^4	5×10^2	6×10^3	3×10^3
SPK	?	<10	100	100	1×10^4
LKK	<10	<100	<100	<100	<100
Fek. str.	<10	<100	<100	<100	<100
Hiivat	-	1×10^4	2×10^4	-	-
Homeet	-	2×10^4	2×10^6	1×10^6	5×10^5
pH	5,3	5,2	5,4	5,2	

Lyhennysten selitykset ovat taulukossa 6.

? = ei luettavaa tulosta.

Taulukko 12. Viljelykokeiden varianssianalyysien tulostus.

	DF	F-arvo	Til. merkitsevyys
Vihantakaura			
Kuiva-ainepit. (%)			
Kerranne	2	1,63	ns.
Lannoitustapa	3	4,37	ns.
Kuiva-ainesato (kg/ha)			
Kerranne	2	0,67	ns.
Lannoitustapa	3	6,52	x
Raakavalk. (%)			
Kerranne	2	0,02	ns.
Lannoitustapa	3	5,65	x
Raakavalk. sato (kg/ha)			
Kerranne	2	0,35	ns.
Lannoitustapa	3	11,27	xx
Tuhkapit. (%)			
Kerranne	2	1,31	ns.
Lannoitustapa	3	0,80	ns.
Kaurapit. (%)			
Kerranne	2	1,75	ns.
Lannoitustapa	3	1,17	ns.
Rikkapit. (%)			
Kerranne	2	1,65	ns.
Lannoitustapa	3	1,10	ns.

Tulosten tilastolliset eroavuudet on ilmoitettu taulukossa seuraavin merkinnöin:

xxx = $p < 0,001$ erittäin merkitsevä

xx = $0,001 < p < 0,01$ hyvin merkitsevä

x = $0,01 < p < 0,05$ merkitsevä

ns. = $P > 0,05$ ei merkitsevä

Osa 3. Jäteveden imeyttäminen maaperään kuorijätesuodattimen avulla

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	44
1 JOHDANTO	45
1.1 Jätevesiongelmien haja-asutusalueella	45
1.2 Maapuhdistamoiden päätyypit	45
2 KUORIJÄTESUODATTIMEN JÄTEVEDEN KÄSITTELYSSÄ	46
3 TUTKIMUSMATERIAALI JA -MENETELMÄT	46
3.1 Kuorijätesuodattimen rakenne	46
3.2 Kasvillisuus kuorijätesuodattimien ympäristössä	47
3.3 Kemialliset tutkimukset koesuodatinta käyttäen	47
3.4 Mikrobiologiset tutkimukset	47
4 TUTKIMUSTULOKSET	47
4.1 Kemialliset tutkimukset koesuodatinta käyttäen	47
4.2 Mikrobiologiset tutkimukset	49
5 TULOSTEN TARKASTELU	49
5.1 Jätevesien ravinteiden sitoutuminen kuorijätteseen	49
5.2 Käyttökokemukset	51
5.3 Mikrobiologiset tutkimukset	51
5.4 Kasvien käyttö jäteveden puhdistuksessa	52
6 KUSTANNUKSET	53
6.1 Perustamiskustannukset	53
6.2 Käyttökustannukset	53
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	53
8 EHDOTUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI	53
KIRJALLISUUS	54

Osa 3. Jäteveden imeyttäminen maaperään kuorijätesuodattimen avulla

TIIVISTELMÄ

Tavallisesti haja-asutusalueilla jätevedet imeytetään maaperään imeytyskuopan kautta. Yleisimpiä ongelmia ovat riittämätön imeytymisnopeus maaperän huonon läpäisevyyden vuoksi tai maaperän huono suodatuskky ja siitä johtuva pohjavesien saastuminen. Tämän kokeilun tarkoituksena oli selvittää jäteveden puhdistamista ja maahan imeytystä sellutehtaan kuorijätteestä rakennetun suodattimen avulla.

Kokeilussa käytettiin kahta kuorijätesuodatinta. Toinen näistä toimi omakotitalon jätevesien käsittelyssä. Toinen rakennettiin navetan maitohuoneen jätevesille. Molemmissa tapauksissa jätevedet pumpattiin kahden saostuskaivon jälkeen lämpövästuksella varustetun putken kautta 2-osaiseen kuorijätesuodattimeen. Suodatin pysyi sulana ja toimi myös talvella. Jätevesi imeytyi kuorijätteen läpi kuljettuaan maan pintakerrokseen, jossa sen sisältämät ravinteet olivat kasvien käytettävissä. Toisen suodattimen ympäristöön istutettiin alkuperäisen kasvillisuuden lisäksi jokipajuja. Jäteveden imeytykseen käytetyssä kuorijätteessä ei ollut todettavissa epämiellyttävää hajua, eivätkä tavanomaiset jätevedet aiheuttaneet suodattimen tukkeutumista vielä yli kahden vuoden käytön jälkeenkään.

Suodattimen tehoa selvitettiin laboratorio-olosuhteissa koesuodattimen avulla. Uudella ja vuoden vanhalla suodattimella oli suodatustehossa eroja. Sekä uusi että vanha suodatin poistivat 18 tunnin suodatuskokeessa jätevedestä hajun ja ammoniumista noin 90 %. Sähkönjohtokyky ja pH laskivat uudella suodattimella enemmän kuin vanhalla. Uusi kuorijäte poisti jäteveden fosforista noin 75 %. Vanhaa suodatinta käytettäessä nitraatin määrä nousi selvästi eikä fosforin määrä enää vähentynyt. Suodatuskokeen perusteella 1 m³ kuorijätettä sitoo noin 200 g fosforia. Navetan jäteveden vuotuisen fosforimäärän sitomiseen riittää siten 1 m³ kuorijätettä. Omakotitalon jäteveden fosforin sitomiseen tarvittaisiin 15 m³ kuorijätettä vuodessa, mikäli kaikki fosfori poistettaisiin kuorijätteen avulla.

Suodattimen ympäristön maaperässä, johon omakotitalon jätevesi suodattimesta imeytettiin, ei pintakerroksen alla ollut osoitettavissa lämpökestoisia kolimuotoisia bakteereita tai fekaalisia streptokokkeja.

Jokipaju, koivu ja aluskasvillisuus viihtyivät kuorijätesuodattimen ympäristössä. Kasvillisuudella voidaan sitoa suodatetun jäteveden ammonium- ja nitraattityppi sekä osa jäteveden fosforista. Omakotitalon jätevesien fosforin poistoa voi tehostaa lisäksi muilla menetelmillä.

Kokeilun tulosten perusteella jätevesien imeyttäminen maan pintakerrokseen sellutehtaan kuorijätteestä tehdyn suodattimen avulla vaikuttaa toimivalta, taloudelliselta ja pohjavesiä suojelevalta menetelmältä. Jatkotutkimukset suodatustehosta ovat vielä tarpeen. Kuorijätesuodattimen ja sen yhteydessä toimivan kasvipuhdistuksen tehoa tulisi seurata useiden vuosien ajan.

1 JOHDANTO

1.1 Jätevesiongelmien haja-asutusalueella

Viemäröimättömien alueiden tavanomainen jätevesien käsittelymuoto on imeytys saostuskaivojen jälkeen imeytyskuoppaan. Usein maaperä on kuitenkin niin tiivis, ettei se kunnolla ime tai se tukkeutuu lyhyehkön käytön jälkeen. Jätevesien johtaminen maan pintakerroksen alapuolelle voi aiheuttaa pohjaveden mikrobiologista pilaantumista (LAHTI 1981). Nitraattipitoisuuden nousu pohjavedessä on usein sen talousvesikäyttöä rajoittava tekijä (KORKKA-NIEMI ym. 1993). Menetelmä ei ole luonnonmukainen, koska pääosa jäteveden ravinteista ei tule kasvien käyttöön.

Asumajätevesien imeyttäminen maahan on mahdollista, jos maaperä on riittävän läpäisevää, pohjaveden pinta on vähintään 3 m:n syvyydessä, eikä kaivoja ym. vedenottoa ole välittömässä läheisyydessä (TAKALA 1985). Suojaetäisyyden imeytyspinnan ja pohjaveden pinnan välillä tulee olla vähintään yksi metri (SANTALA 1990).

1.2 Maapuhdistamoiden päätyypit

Imeytys maaperään

Kiinteistökohtaiseen jätevesien käsittelyyn on useita erilaisia vaihtoehtoja. Jätevedet esikäsitellään tavallisimmin saostuskaivoissa, joista ne on johdettu maaperään imeytysojaston, imeytyskentän, maakumpuimeytyksen, imeytyskaivon tai imeytyskuopan kautta. Imeytyspintaa on voitu parantaa suodatinhiekkakerroksella. Etäisyyttä pohjaveteen on voitu lisätä matalaan perustetussa imeytysojastossa tai maakumpuimeytyksessä. Näissä menetelmissä jätevesi suodattuu maakerrosten läpi pohjaveteen (SANTALA 1990).

Maasuodattimet

Jätevesi on voitu myös johtaa pintavesiin maasuodattimen jälkeen. Niissä hiekkasuodatettu jätevesi kootaan putkistolla ja johdetaan pintavesiin. Lisäksi on voitu käyttää erilaisia tehdasvalmisteisiä pienpuhdistamoita (SANTALA 1990).

Haihdutuskenttä

Erikoisratkaisuna on käytetty haihdutuskenttää, jossa kasvit käyttävät osan jätevedestä ja osa haih-

tuu, tai juuristoallasta, jossa kasvit sitovat ravinteita ja haihduttavat vettä (SANTALA 1990).

Umpikaivo

Alueilla, joissa ei voida sallia jätevesien imeyttämistä maaperään, joudutaan ne toisinaan johtamaan umpikaivoon ja kuljettamaan säiliöautoilla muualla käsiteltäväksi (SANTALA 1990).

Kasvipuhdistus

Kasvipuhdistus perustuu kasvien, maaperän ja bakteerien yhteistoimintaan. Juurakkopuhdistamoissa vesi virtaa maanpinnan alla huokoisen materiaalin läpi. Juurakkopuhdistamo saavuttaa täyden tehonsa vasta kolmen tai neljän kasvukauden jälkeen. Yhdysvaltalaisessa patentissa väliaineena on käytetty turvepehkoa (REINIKAINEN ym. 1992).

Hyvin toimivalla haihdutuskentällä voidaan päästä jätevesien puhdistumisessa ravinteiden ja bakteerien suhteen lähes 100 % tulokseen. Paju tai jokin muu kasvillisuus on välttämätön ravinteiden kerääjänä, suojana jäätymistä vastaan ja kentän hapensaantimahdollisuuksien parantajana (TAKALA 1985). Suodattimesta vapautuvien ravinteiden pääsyä pohjaveteen voidaan ehkäistä esimerkiksi paju-kasvustolla suodattimen läheisyydessä (JÄNTTI 1993).

Suomessa käytössä olevat juurakkopuhdistamot ovat melko uusia (vuosilta 1991–1993), eikä niiden puhdistustuloksia ole vielä saatu arvioitua. Niitä on esitetty ratkaisuksi haja-asutusalueiden jätevesien pistelähteiden kuormitukseen. Käsiteltävä vesi on suositeltu esikäsiteltäväksi ennen juurakkoon joutumista, jolloin välttytään maaperän tukkeutumiselta (TANSKANEN 1993).

Kuorijätetuodatin

Tässä tutkimuksessa oli tarkoitus selvittää sellutehtaan kuorijätteestä tehdyn suodattimen soveltuvuutta omakotitalon ja navetan maitohuoneen jätevesien maahan imeyttämiseen. Tarkoituksena oli, että jätevesi ravinteineen tulisi ympäröivän kasvilisyyden käyttöön aiheuttamatta hajuhaittoja tai terveysvaaroja. Menetelmällä pyritään ensisijaisesti pohjaveden suojelun tehostamiseen ja myös pintavesiin kohdistuvan kuormituksen vähentämiseen.

2 KUORIJÄTESUODATIN JÄTEVEDEN KÄSITTELYSSÄ

Sellutehtaan kuorijäte valittiin suodatinmateriaaliksi, koska se on turpeen tavoin huokoista, mutta se läpäisee vettä turvetta paremmin. Kuorijätteen voitiin odottaa pidättävän bakteereita, hiukkasia ja ravinteita jätevedestä. Tämän selvityksen I ja II osissa on jo todettu ulosteperäisten bakteereitten vähenevän kuorijätteen ja lietelannan tai sako-kaivolietteen seoksissa ja poistavan tehokkaasti hajuja.

Tässä selvityksessä tarkasteltiin kuorijätteen toimivuutta suodattimena, sen kykyä sitoa ravinteita ja pidättää suolistoperäisiä bakteereita sekä arvoida sen merkitystä pohja- ja pintavesien suojelussa.

Koska näytteitä oli vaikea saada maastossa toimivien suodatinten ympäristöstä tehokkaan imeytymisen vuoksi, tehtiin kuorijättemateriaalia koskevat tutkimukset pääosin laboratoriossa koesuodattimessa.

Kuorijättemassan tarkoituksena oli toimia ravinteiden ja bakteereiden pidättäjänä sekä pitää maan pintakerros sulana myös talviajan. Lisäksi sen oli tarkoitus toimia jätevettä puhdistavien mikrobien kasvualustana ja tasata jäteveden imeytymistä maan pintakerrokseen, jossa sen ravinteet olivat kesäajan kasvien käytettävissä.

Suodattimen toimintaperiaate oli siten kolmiosainen:

1. Mekaaninen ja adsorptioon perustuva suodatus
2. Mikrobiologinen puhdistus
3. Kasvipuhdistus

3 TUTKIMUSMATERIAALI JA -MENETELMÄT

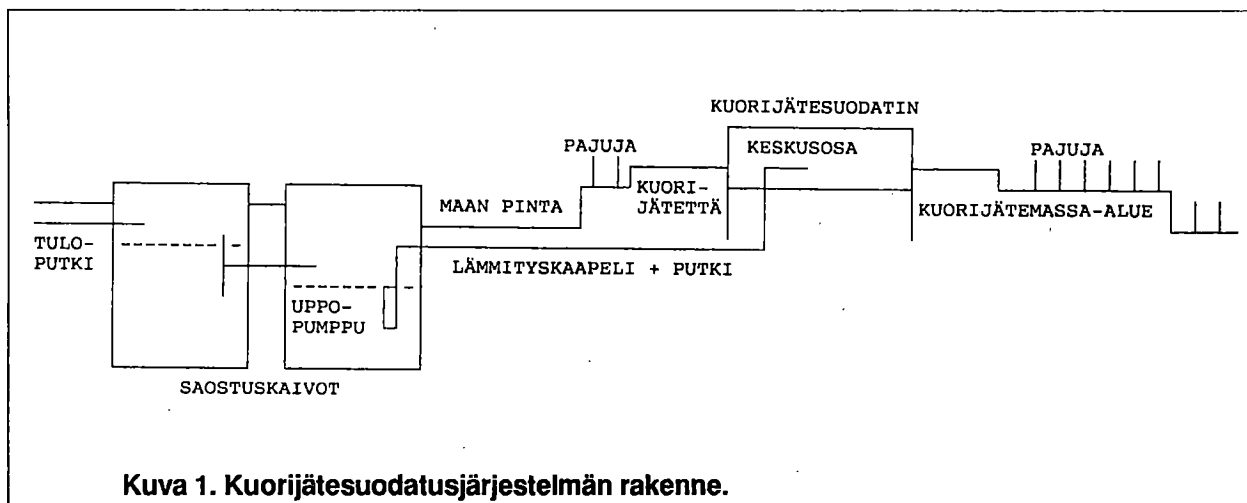
3.1 Kuorijättesuodattimen rakenne

Ennen suodatinta jätevesi käsiteltiin tavanomaisesti kahdessa saostuskaivossa. Jätevesi pumpattiin toisesta saostuskaivosta suodattimeen uppopumpulla jaksotetusti. Pumpun käyntiä ohjattiin kellukekytkintä ja ajastinkelloa käyttäen. Sakokaivon ja suodattimen välinen putki pidettiin pakkaskautena sulana lämmityskaapelin avulla. Vastuksen teho oli 0,4 kW ja sitä käytettiin kaksi yhden tunnin mittaista jaksoa vuorokaudessa.

Suodatin oli kaksiosainen. Lämpöeristetty keskusosa oli ympäröity kuorijättemassa-alueella. Suodattimen eristetty keskusosa rakennettiin vanhasta käytöstä poistetusta pakastearkusta omakotitalon yhteyteen vuonna 1990 ja maatilalan navetan yhteyteen vuonna 1992. Polyuretaanieristeisestä pakastimesta poistettiin pohja ja koneisto. Se maalattiin ympäristöön sopivaksi. Suodattimena oli kuorijätettä noin 1/3 pakastearkun korkeudesta.

Ensimmäisen suodattimen keskusosa sijoitettiin maan pinnalle ja ympäröitiin noin 5 m³:llä kuorijätettä. Toisen suodattimen keskusosa osittain upotettiin 20 m³:n kuorijättekasaan. Kuorijättesuodattimen jälkeen jätevesi imeytyy ympäröivään maaperään.

Kuorijättesuodatusjärjestelmän rakenne on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Kuorijättesuodatusjärjestelmän rakenne.

3.2 Kasvillisuus kuorijätesuodattimien ympäristössä

Maatilan jäteveden suodattimen ympäristö oli kosteikkoa. 29.6.1993 istutettiin suodattimen ympäristöön lisäksi 68 pajupistokasta (*Salix triandra*). Pistokkaat oli juurrutettu Rovaniemellä 25.5.–28.6.1993. Istutus suoritettiin suodattimen ympärille niin, että ne sijaitsevat pääasiassa veden virtaamassuunnassa, eli maaston kaltevuuden mukaan suodattimen alapuolella. Lisäksi suodattimen välittömässä läheisyydessä sijaitsi koivupuu.

Omakotitalon kuorijätesuodattimen ympäristö oli keski-ikäistä koivikkoa, jossa lisäksi oli vahva aluskasvillisuus: horsmia, nokkosia ja vadelmia. Lisäksi sinne istutettiin 27 pajupistokasta. Kasvien tehtävänä oli käyttää ravinteita ja haihduttaa kosteutta.

3.3 Kemialliset tutkimukset koesuodatinta käyttäen

Laboratoriossa selvitettiin jäteveden imeyttämistä kuorijätteen läpi. Kokeessa käytettiin uutta ja vuoden vanhaa kuorijätesuodatinta, jonka tilavuus oli 2,7 litraa. Sen läpi ajettiin jätevesiä sekä eri pitoisuuksia ammoniumia, nitraattia ja fosfaattia sisältäviä standardiliuoksia. Jokaisella tutkimuskerralla käytettiin 1,3 litraa jätevettä. Standardiliuoksia suodatettaessa käytettiin 1 litran suuruista liuosmäärää. Suodatettavien liuosten annettiin seistä suodattimessa 18 tuntia ennenkuin ne laskettiin suodattimesta pois.

Jätevesistä arvioitiin haju, määritettiin pH, sähkönjohtokyky, ammonium, nitraatti, liuennut kokonaisfosfori ja yhdestä näytteestä KMnO_4 -luku. Määritykset tehtiin sekä ennen suodatusta että suodatuksen jälkeen.

Tunnettuina liuoksina käytettiin tislattua vettä, nitraatti-, ammonium- ja fosfaattiliuoksia.

3.4 Mikrobiologiset tutkimukset

Omakotitalon ja navetan maitohuoneen jätevedestä määritettiin kokonaispesäkeluku, lämpökestoisten kolimuotoisten bakteereitten ja fekaalisten streptokokkien määrät.

Omakotitalon kuorijätesuodattimen ympäristöstä otettiin näytteitä, joista määritettiin kokonais-

pesäkeluku, lämpökestoisten kolimuotoisten bakteereitten sekä fekaalisten streptokokkien lukumäärät. Näytteitä otettiin yhden ja kahden metrin päästä koesuodattimista joko 0–10 cm:n tai noin 40–50 cm:n syvyydestä maan pinnasta.

Mikrobiologiset tutkimusmenetelmät on esitetty tämän julkaisun osassa I.

4 TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Kemialliset tutkimukset koesuodatinta käyttäen

Omakotitalon jätevedestä uusi kuorijätesuodatin poisti kokeellisessa suodatuksessa hajun, ammoniumista noin 92 % ja fosforista noin 75 %, mutta lisäsi nitraattipitoisuutta (Taulukko 1).

Vanha suodatin poisti edelleen hajuhaitat ja vähensi jäteveden ammoniummäärää noin 88 %. Sensijaan vanha suodatin ei vähentänyt liuennun fosforin määrää ja nitraattipitoisuus nousi huomattavasti (Taulukko 2).

Navetan maitohuoneen jätevesistä kokeellinen kuorijätesuodatus poisti jäteveden hajun täysin. Lisäksi se vähensi jäteveden ammoniumpitoisuutta noin 74 % ja laski pH:ta 9,9:stä 5,0:aan. Uusi suodatin vähensi myös liuennutta fosforia noin 58 % ja nitraattia noin 48 % (Taulukko 3).

Suodatettaessa tislattua vettä kuorijätteen läpi, sen pH ja ammoniummäärät eivät juurikaan muuttuneet. Nitraattipitoisuus ja liuennun kokonaisfosforin määrä nousivat vähän. Sähkönjohtokyky ja KMnO_4 -luku nousivat huomattavasti (Taulukko 4).

Kuorijätesuodatuksessa pelkästään nitraattia sisältävän vesiliuoksen pH laski noin 1,5 pH-yksikköä ja nitraattimäärä laski ensimmäisessä suodatuksessa noin 90 % ja toisessa noin 95 % (Taulukko 5).

Kuorijätesuodatuksessa pelkästään fosfaattia sisältävän vesiliuoksen pH ei muuttunut. Sen liuennun kokonaisfosforin määrä laski noin puoleen alkupe- räisestä. 2,7 litraan kuorijätettä sitoutui noin 0,5 grammaa fosforia (Taulukko 6).

Taulukko 1. Kuorijättesuodatuksen vaikutus omakotitalon jätevedeen käytetäessä uutta suodatinta.

Analyysi	Ennen suodatusta	Suodatuksen jälkeen
pH	7,0	5,0
Sähkönjohtokyky	101,5 mS/m	31,5 mS/m
Ammonium	130,2 mg/l	10,7 mg/l
Nitraatti	1,3 mg/l	3,5 mg/l
Liennut kok. P	27,5 mg/l	7,0 mg/l

Taulukko 2. Kuorijättesuodatuksen vaikutus omakotitalon jätevedeen käytetäessä 1 vuoden vanhaa suodatinta.

Analyysi	Ennen suodatusta	Suodatuksen jälkeen
pH	7,0	5,7
Sähkönjohtokyky	102,5 mS/m	70,6 mS/m
Ammonium	135,5 mg/l	16,0 mg/l
Nitraatti	1,4 mg/l	71,0 mg/l
Liennut kok. P	28,0 mg/l	40,6 mg/l

Taulukko 3. Kuorijättesuodatuksen vaikutus maitohuoneen jätevesiin käytetäessä uutta suodatinta.

Analyysi	Ennen suodatusta	Suodatuksen jälkeen
pH	9,9	5,0
Sähkönjohtokyky	26,6 mS/m	17,9 mS/m
Ammonium	3,4 mg/l	0,9 mg/l
Nitraatti	5,9 mg/l	3,1 mg/l
Liennut kok. P	1,6 mg/l	0,68 mg/l
KMnO ₄ -luku	190 mg/l	540 mg/l

Taulukko 4. Kuorijättesuodatuksen vaikutus tislattuun veteen.

Analyysi	Ennen suodatusta	Suodatuksen jälkeen
pH	5,1	5,2
Sähkönjohtokyky	0,5 mS/m	9,9 mS/m
Ammonium	0,0 mg/l	<0,1 mg/l
Nitraatti	0,0 mg/l	3,7 mg/l
Liennut kok. P	0,0 mg/l	0,70 mg/l
KMnO ₄ -luku	0,0 mg/l	606 mg/l

Taulukko 5. Kuorijättesuodatuksen vaikutus puhtaan nitraattiliuoksen nitraattipitoisuuteen. I ja II suodatuksen välillä suodatin huuhdeltiin tislatulla vedellä.

Analyysi	Ennen suodatusta	I Suodatuksen jälkeen	II Suodatuksen jälkeen
pH	6,6	5,2	5,4
Nitraatti	50,0 mg/l	5,0 mg/l	2,6 mg/l

Taulukko 6. Kuorijättesuodatuksen vaikutus puhtaan fosfaattiliuoksen fosfaattipitoisuuteen. I ja II suodatuksen välillä suodatitiin huuhdeltiin tislattulla vedellä.

Analyysi	Ennen suodatusta	I Suodatuksen jälkeen	II Suodatuksen jälkeen
pH	4,6 (4,5)	4,6	4,7
Liuennot kok. P	1000 mg/l	510 mg/l	541 mg/l

Taulukko 7. Omakotitalon ja maitohuoneen jätevesien mikrobit.

Mikrobi	Omakotitalon jätevesi pmy/g	Maitohuoneen jätevesi pmy/g
PC	3×10^6	$< 10^3$
LKK	1×10^4	< 10
Fek. str.	6×10^2	< 10

Lyhennysten selitykset: PC (=plate count)= heterotrofisten aerobisten bakteereiden pesäkeluku, LKK= lämpökestoiset kolimuotoiset bakteerit, Fek. str.= fekaaliset streptokokit.

4.2 Mikrobiologiset tutkimukset

Omakotitalon ja navetan maitohuoneen jätevesien mikrobiologisten tutkimusten tulokset ovat taulukossa 7. Käyttämättömän kuorijätteen mikrobiologisten tutkimusten tulokset ovat osan I taulukossa 19.

Yhden ja kahden metrin etäisyydellä omakotitalon jäteveden suodattimen keskuksesta oli maan pintakerroksessa lämpökestoisia kolimuotoisia bakteereita ja fekaalisia streptokokkeja. Sensijaan 40 c:n syvyydessä samoilla kohdilla ei todettu mainittuja ulosteperäisiä bakteereita (Taulukko 8).

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Jätevesien ravinteiden sitoutuminen kuorijätteeseen

Ammonium- ja fosforipitoisuudet olivat omakotitalon jätevedessä huomattavasti korkeammat kuin maitohuoneen jätevedessä.

Kaikissa kokeissa kuorijättesuodatus poisti tehokkaasti ammoniumia. Nitraattimäärä nousi omakotitalon jätevettä suodatettaessa ilmeisesti ammoniumin sitoutumisen vuoksi, mutta laski maitohuoneen jäteveden suodatuksessa (Kuvat 2–4).

Jäteveden biologisessa käsittelyssä pääosa orgaanisista typpiyhdisteistä hajoaa aluksi ammoniumty-

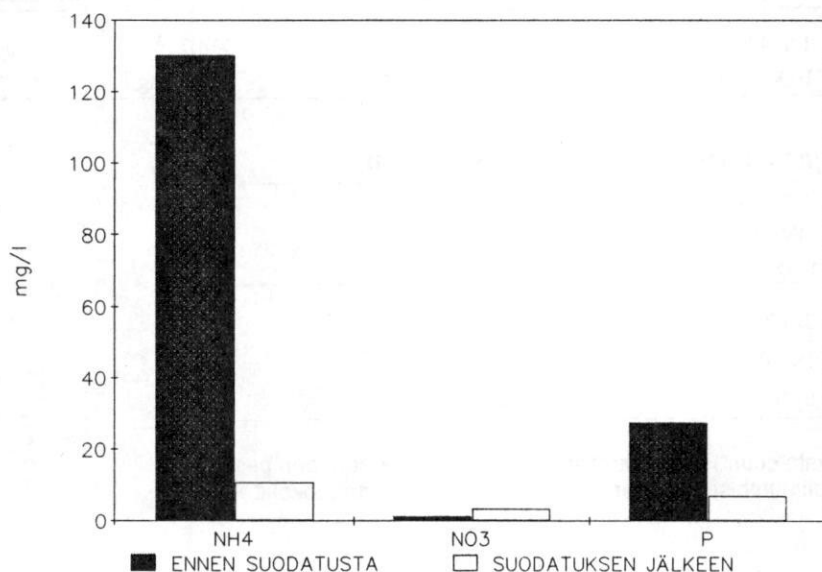
peksi. Sitä seuraa nitrifikaatio, jos vedessä on happea. Typen poistaminen jätevedestä edellyttää nitrifikaatiota ja denitrifikaatiota (MÄKELÄ 1987). Tärkein tavoite on ammoniumtypen mahdollisimman tehokas hapetus nitraatiksi (SEPPÄNEN 1987).

Fosfori sitoutui uuteen kuorijättesuodattimeen (Kuvat 2 ja 4). Vuoden vanhaa suodatinta käytettäessä omakotitalon jäteveden fosforipitoisuus sensijaan lisääntyi (Kuva 3).

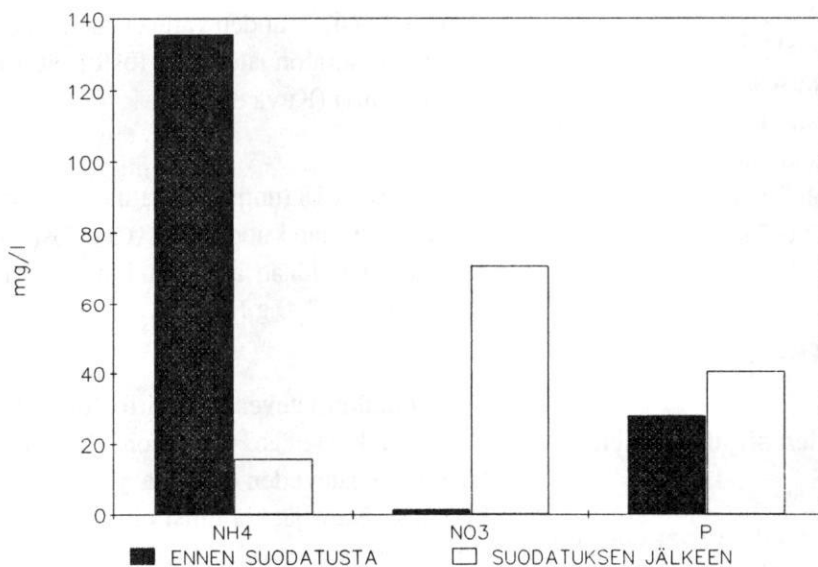
Kokeellisesti 18 tunnin suodatuksen yhteydessä sitoutui 2,7 litraan kuorijätettä 0,5 g fosforia. Tämän perusteella voidaan arvioida 1 m³ kuorijätettä sitoutuvan noin 200 g fosforia.

Omakotitalon jätevesi sisälsi fosforia 30 mg/l. Jos vuodessa käytetään vettä noin 100 m³, fosforia kulkeutuu jäteveden mukana ympäristöön noin 3 kg/vuosi. Kuorijätettä tulisi olla noin 15 m³ fosforin sitomiseen, mikäli fosforin poisto tapahtuisi pelkästään kuorijätteen avulla. Jos käytettäisiin pakastearkkusuodattimen alla Ca(OH)₂ 20 kg, se pystyisi sitomaan lähes kahden vuoden fosforipäästön Ca₃(PO₄)₂:ksi.

Navetan maitohuoneen jätevesi sisälsi fosforia noin 1,6 mg/l ja vuotuinen vesimäärä on noin 70 m³. Siten fosforia kulkeutuu jäteveden mukana ympäristöön noin 110 g/vuosi. Tämän mukaisesti 1 m³ kuorijätettä riittäisi sitomaan fosforimäärän noin 1 vuoden ajan.



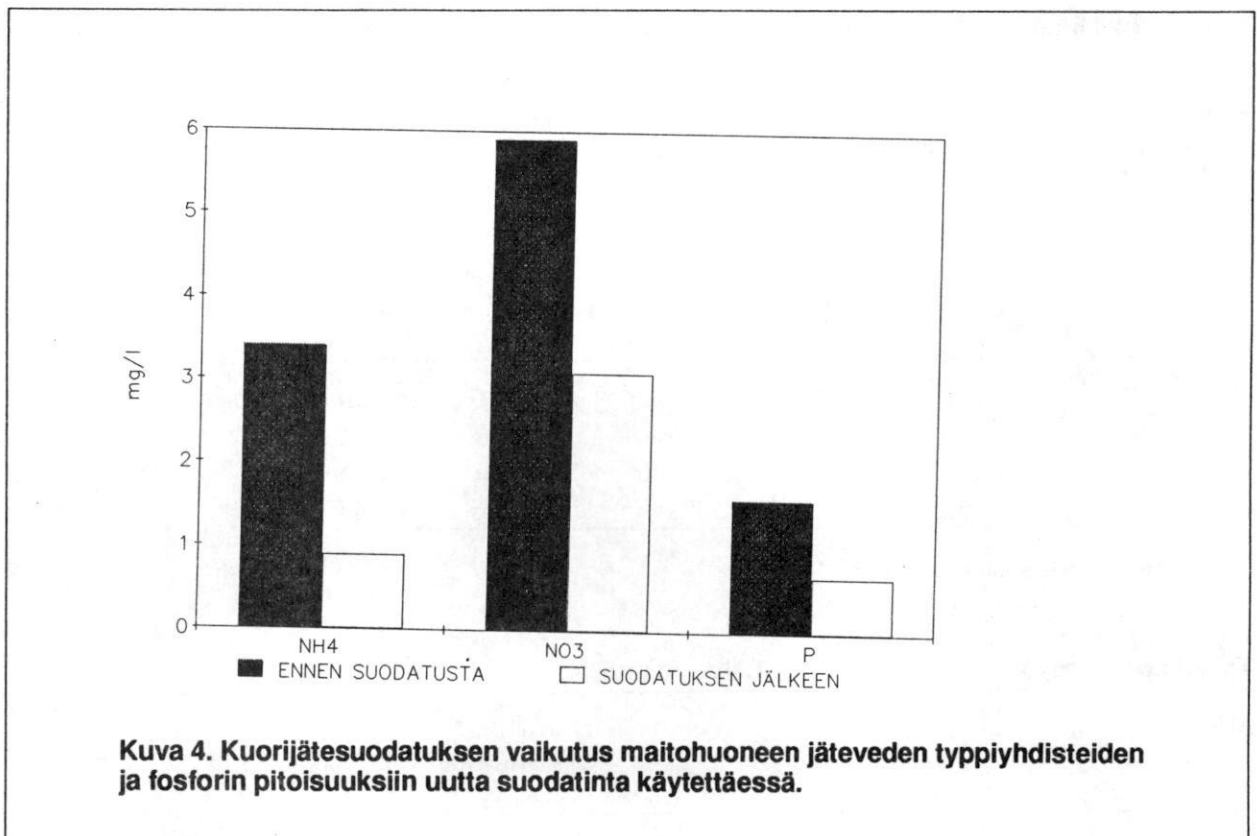
Kuva 2. Kuorijätesuodatuksen vaikutus omakotitalon jäteveden typpiyhdisteiden ja fosforin pitoisuuksiin uutta suodatinta käytettäessä.



Kuva 3. Kuorijätesuodatuksen vaikutus omakotitalon jäteveden typpiyhdisteiden ja fosforin pitoisuuksiin vuoden vanhaa suodatinta käytettäessä.

Taulukossa 9 ovat yhdyskuntajätevesien tavanomaiset käsittelyvaatimukset uusissa lupapäätöksissä rinnakkais-, esi- ja jälkisaostuslaitoksille (MÄKELÄ 1987).

Omakotitalon jäteveden 18 tunnin kokeellisessa kuorijätesuodatuksessa ammoniumtypen poistoteho oli riittävä, mutta ammoniumtypen enimmäisarvo ylittyi (10,7 mg/l ammoniumia vastaa 8,3 mg/l ammoniumtypeä). Fosforin osalta vaatimukset eivät täyttyneet.



Karjakeittiön jäteveden suodatustulos täytti vaatimukset typen ja fosforin enimmäispitoisuuksien osalta.

5.2 Käyttökokemukset

Navetan maitohuoneen jätevesien käsittelyyn tehdyn suodattimen toiminnassa todettiin kokeen aikana eräitä ongelmia. Alueen peruskuivatusta ei oltu järjestetty ja suomalainen alue oli hyvin märkä. Tilanteen korjaamiseksi kaivettiin suodatin ylös ja sen alle noin 40 cm:n syvyyteen laitettiin 2 kpl 3 metrin pituista 50 mm:n salaojaputkea. Alue tullaan lisäksi ojittamaan. Korjauksen jälkeen suodatin on toiminut moitteettomasti. Lisäksi todettiin, että suodatin tukkeutui, jos siihen johdettiin kerralla suuria maitomääriä.

Omakotitalon jäteveden suodattimen toiminnassa ei ollut häiriöitä. Suodatin on toiminut hyvin jo 2,5 vuotta ilman kuorijätetilan vaihtoa. Suodattimen ympäristössä kasvit viihtyivät hyvin, eikä vesi noussut maan pinnalle. Kun lähistölle kaivettiin puoli metriä syviä kuoppia, tuli niiden pohjille vähitellen hajutonta vettä, joka ilmeisesti oli peräisin jätevedensuodattimesta.

Omakotitalon jätevesisuodattimen ympärille istutetut jokipajut eivät lähteneet kasvamaan, vaan il-

meisesti tukahtuivat muun voimakkaan ja runsaan kasvillisuuden vuoksi.

Puhdistunutta jätevettä ei tässä kokeilussa ollut mahdollista maaperäkäsittelyn jälkeen saada kerättyä tutkimuksia varten. Tästä syystä tulisi suunnitella tutkimusmenetelmiä, joilla järjestelmän puhdistustehoa voidaan testata myös käytännön olosuhteissa.

5.3 Mikrobiologiset tutkimukset

Vaikka omakotitalon jätevedessä ja maan pintakerroksessa oli ulosteperäisiä bakteereita, ei niitä todettu maaperässä pintakerroksen alla. Koekuoppia kaivettaessa niihin tihkui vähitellen vettä, jossa ei ollut havaittavissa jäteveden hajua. Vesi oli kuitenkin ilmeisesti alkuperältään kuorijätesuodatettua jätevettä. Maitohuoneen jätevedessä oli mikrobien määrä huomattavan vähäinen.

Kuorijätesuodattimessa hyödylliset mikrobit voivat osallistua jäteveden puhdistamiseen. Kuitenkin on toivottavaa, että ulosteperäiset ja tauteja aiheuttavat bakteerit tuhoutuvat.

Tämän julkaisun osassa I todettiin ulosteperäisten bakteereiden ja salmonellojen vähenevän huomattavasti lietelannan ja kuorijätteen seoksissa. Osassa

Taulukko 8. Omakotitalon jäteveden suodattimen ympäristön mikrobisto.

Näyte 1: suodattimesta 1 m pohjoiseen maan pinnasta (0–10 cm),
näyte 2: suodattimesta 1 m itään maan pinnasta (0–10 cm),
näyte 3: suodattimesta 1 m pohjoiseen 40 cm:n syvyydestä,
näyte 4: suodattimesta 1 m itään 40 cm:n syvyydestä,
näyte 5: suodattimesta 2 m pohjoiseen 40 cm:n syvyydestä.

Mikrobi	Näyte 1 Pinta	Näyte 2 Pinta	Näyte 3 – 40 cm pmy/g	Näyte 4 – 40 cm	Näyte 5 – 40 cm
PC	2×10^6	3×10^6	5×10^5	4×10^5	1×10^5
LKK	2×10^3	3×10^2	<100	<100	<100
Fek. str.	1×10^3	100	<100	<100	<100
pH	5,6	6	6,4	6,2	6,1

Lyhennysten selitykset ovat taulukossa 7.

Taulukko 9. Yhdyskuntajätevesien käsittelyvaatimukset.

Aine	Pitoisuuden enimmäisarvo mg/l	Poistotehon vähimmäisarvo %
Fosfori	0,5–1,5	80–90
Ammonium-N	4	80–90

II kuorijätteen ja sakokaivolietteen seoksissa havaittiin samoin ulosteperäisten bakteereiden tuhoutuminen varastoinnin aikana.

5.4 Kasvien käyttö jäteveden puhdistuksessa

Kesäaikaan suodattimen ympäristön kasvillisuus käyttää kuorijättesuodatetun jäteveden ravinteita ja haihduttaa vettä. Mikäli alueen kasvillisuus ei ole riittävä, siihen voidaan istuttaa esimerkiksi pajua, ruokohelpiä tai järviruokoa (TAKALA 1985).

Viljeltäessä pajua sitä voidaan lannoittaa toisesta vuodesta alkaen 120 kg N/ha/v, 40 kg P/ha/v ja 100 kg K/ha/v. Energiapajuviljelmillä istutustiheys on 20 000 pistokasta/ha, istutus voidaan suorittaa kaksirivijärjestelmällä 0,5 m:n välein riveillä ja rivivälit ovat 0,7–1,3–0,7–1,3 m (TENHUNEN 1987). Ravinteiden käyttö on tästä laskettuna 6 g N ja 2 g P/pajuyksilö. Suuremmasta tiheydestä seurasi pajujen suurempi kuolleisuus (HEINO ym. 1993).

Jos omakotitalon jäteveden määräksi lasketaan 100 m³/vuosi, olisi uudella kuorijättesuodattimella suodatetussa omakotitalon jätevedessä nitraatti- ja ammoniumtyyppiä yhteensä noin 900 g/v. Tämän typpimäärän käyttäisivät noin 150 pajua suodattimen ympärillä. Tätä varten tarvittava pinta-ala on 75 m². Vanhaa kuorijätettä käytettäessä nitraatti- ja ammoniumtyyppiä olisi suodatuksen jälkeen noin 3 kg, minkä käyttämiseen tarvittaisiin noin 500 pajua. Tätä varten tarvittava pinta-ala on 250 m².

Karjakeittiön jätevedessä on ammonium- ja nitraattityyppiä noin 100 g/v. Pajua tarvittaisiin koko typpimäärän sitomiseen noin 20 kpl ja pinta-alaa 10 m².

Kun omakotitalon jäteveden fosforimäärä vuoden aikana on noin 3 kg, tarvitaan 1500 pajua 750 m² alueella pidättämään tämä määrä fosforia.

Karjakeittiön jäteveden fosforimäärän ollessa vuoden aikana noin 110 g tarvitaan 55 pajua 30 m² alueella tämän sitomiseen.

6 KUSTANNUKSET

6.1 Perustamiskustannukset

Vuosien 1992 ja 1993 hintatasoa käyttäen arvioitiin suodattimesta aiheutuvan seuraavat kustannukset:

Suodattimen eristetyn imeytysosan rakentaminen = käytöstä poistetun pakastimen kunnostus:	700 mk
Kuorijäteosan hankinta (20 m ³):	200 mk
Suodattimen salaojitus:	500 mk
Uppopumppu:	1 000 mk
Lämpövastus + kellokytkin:	1 300 mk
Yhteensä:	3 700 mk

Tarvittaessa lisäkasvillisuuteen (esim. jokipajuja): noin 500 mk Kuorijätesuodattimen kustannukset ovat noin 3 700–4 200 mk. Tästä voi vielä omalla työllä korvata noin 1 200 mk. Halvimmillaan voi suodattimen siten tehdä itse noin 2 500 markalla.

6.2 Käyttökustannukset

Pumpun ja lämmitysvastuksen käyttöön arvioitiin kuluvan vuoden aikana sähköä noin 100 mk arvosta. Suodattimen uusiminen keskusosan sisään keran vuodessa tulee maksamaan noin 20 mk. Kustannukset ovat yhteensä noin 120 mk vuodessa. Tähän lisätään oman työn osuus.

On mahdollista, että suodatinta ei tarvitse uusia joka vuosi. Selvityksessä mukana olleessa omakotitalossa on sama suodatin toiminnassa jo kolmatta vuotta.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

1. Sellutehtaan kuorijätteestä tehty suodatin soveltuu sekä omakotitalon että navetan maitohuoneen jäteveden käsittelyyn.
2. Kuorijäte poistaa jäteveden hajun.
3. Kuorijäte sitoo tehokkaasti jäteveden ammoniumia. Suodatuksessa jäteveden nitraattipitoisuus voi nousta tai laskea.
4. Uusi kuorijätesuodatin sitoo fosforia. Navetan maitohuoneen jäteveden vuotuisen fosforimäärän sitomiseen riittää 1 m³ kuorijätettä. Omakotitalon jäteveden fosforin poistoon tarvittaisiin

noin 15 m³ kuorijätettä vuodessa, joten on aiheellista käyttää lisäksi muita menetelmiä (esimerkiksi Ca(OH)₂-patja kuorijätesuodattimen keskusosan alla).

5. Omakotitalon jäteveden suodattimesta 1–2 metrin etäisyydellä ei todettu ulosteperäisiä bakteereita maaperässä 40 cm:n syvyydessä.
 6. Jokipajut, koivut ja aluskasvillisuus kuten horsmat, nokkoset ja vadelmat viihtyvät kuorijätesuodattimen ympäristössä. Jokipajut juurtuvat myös pelkkään kuorijätteeseen.
 7. 500 pajua tai vastaava muu kasvusto pystyy käyttämään ammonium- ja nitraattitypen omakotitalon jätevedestä, joka on käsitelty vuoden vanhalla kuorijätesuodattimella. Maitohuoneen suodattamattomankin jäteveden ammonium- ja nitraattitypen käyttämiseen riittäisi 20 pajua. Mainitut pajumäärät sitoisivat noin kolmasosan jätevesien fosforimäärästä.
 8. Käytöstä poistettu pakastearkku riittää eristeeksi estämään jäteveden jäätyminen talvella, kun sakokaivojen ja suodattimen välisessä putkessa käytetään sähkövastusta.
- ## 8 EHDOTUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI
- Tässä kokeilussa saatujen tulosten perusteella tulisi jatkossa selvittää tarkemmin seuraavia kysymyksiä:
1. Mikä on käytännössä kuorijätesuodattimen + kasvipuhdistuksen puhdistusteho typpi- ja fosforiyhdisteille?
 2. Kuinka nopeasti tauteja aiheuttavat ja ulosteperäiset mikrobit tuhoutuvat kuorijätesuodatuksessa?
 3. Mikä on käytännössä suodattimen vaihtotarve?
 4. Miten erilainen kasvillisuus toimii kuorijätesuodatuksen tehostajana?
 5. Kuinka eri tyyppiset maaperälaadut soveltuvat kuorijätesuodatetun jäteveden imeytykseen?

KIRJALLISUUS

- HEINO, E., HYTÖNEN, J. & FERM, A. 1993. Kaatopaikan metsittäminen. Puutarhalehden toimitukselle osoitettu kirje 13.4.1993.
- JÄNTTI, E. 1993. Haja-asutuksen jätevesien maaperäkäsittely ja pienpuhdistamot. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 427.
- KORKKA-NIEMI, K., SIPILÄ, A., HATVA, T., HIISVIRTA, L., LAHTI, K. & ALFTAN, G. 1993. Valtakunnallinen kaivovesitutkimus. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja - sarja A, 146: 2. Helsinki. 228 s.
- LAHTI, K. 1981. Suolistoperäisten bakteerien ja virusten aiheuttama pohjavesien pilaantuminen. Vesihallituksen tiedotus 208. Helsinki. 43 s.
- MÄKELÄ, M. 1987. Typenpoiston nykytilanne yhdyskuntajätevesien käsittelyssä. Vesitalous 1: 24–26.
- REINIKAINEN, A. JA TANSKANEN, J. 1992. Yhdyskuntajätteen kaatopaikan suotovesien käsittelyvaihtoehdot. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 443. Helsinki. 76 s.
- SANTALA, E. 1990. Pienet jäteveden maapuhdistamot. Ohjeita 1–10 talouden jätevesien maaperäkäsittelyä. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja B:1. Helsinki. 117 s.
- SEPPÄNEN, H. 1987. Tarvitaanko jätevesien typenpoittoa. Vesitalous 1: 33–33.
- TAKALA, M. 1985. Asumajätevesien käsittely maaperässä ja energiapajun viljely imeytyskentällä. Vesihallituksen monistesarja 354: 2: 72–153.
- TANSKANEN, J. 1993. Juurakkopuhdistamon toimintaperiaatteet ja käyttö kaatopaikkojen suotovesien sekä asumajätevesien käsittelyssä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 511. Helsinki. 45 s.
- TENHUNEN, J. 1987. Bioenergia: Metsäenergian ja energiabiotekniikan mahdollisuudet. Joensuun yliopisto, tutkimusraportti 2. 54 s.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–90 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983–1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevätrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmioon Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittynurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyYTEEN. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittynurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.
14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
15. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E., NISSINEN, O., AHVENNIEMI, P., LAURILA, A. & RAVANTTI, S. Lannoituksen ja leikkuukorkeuden vaikutus nata- ja niittynurmikkalajikkeiden peittävyYTEEN ja kestävyYTEEN nurmikossa. 35 p. + 1 liite.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvualustalla. 51 p., 5 liitettä.
17. HÄRKÖNEN, E., NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Englanninraiheinä nurmikon perustamisessa Suomessa. 26 p. + 1 liite.

18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.
19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimus-asemalta. 77p.
20. KEMPPAINEN, E., ANISZEWSKI, T. & MIETTINEN, E. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kainuussa. 17 p.
21. **Salaatin viljely ja sadon laatu. *Cultivation of lettuce and quality of yield.***
Yhteistutkimuksen "Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus salaatin laatuun" loppuraportti. 179 p.
Toimittaneet RAILI JOKINEN ja RISTO TAHVONEN.
22. AVIKAINEN, H., HARJU, P., KOPONEN, H., MANNINEN, M., MEINANDER, B. & TAHVONEN, R. Desinfiointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vaikutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seurannasta vuosina 1970–90. 116 p.

1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutkimusasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia Maatalouden tutkimuskeskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuoreherukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Pohjois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.
6. MÄKELÄ-KURTTO, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyötykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fyysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.
8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984–1991. 109 p. + 2 liitettä.
10. GALAMBOSI, B. & RAHUNEN, I. Yrttien käyttö ja viljely. 39 p. + 1 liite.

11. SIMOJOKI, P., MEHTO-HÄMÄLÄINEN, U., LAITINEN, V. & RÄKKÖLÄINEN, M. Rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. 37 p.
12. **Hiehoikasvatuskokeiden tuloksia.**
SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyschiehot. P. 4–23.
KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24–40 + 9 liitettä.
KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoset ja kolmoset. P. 41–48 + 2 liitettä.
Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. Lapinlahti. 13 p. + 2 liitettä.
14. **Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloja 1990–91.** 57 p. + 1 liite.
KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4–20.
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Piimäjauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrijauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus vasikoilla. P. 21–40.
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41–57.
Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSILÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot.* 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

1993

1. SAASTAMOINEN, M. Sisko-kaura. 24 p. + 2 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1985–1992. 108 p. + 2 liitettä.
3. KIVIJÄRVI, P., DALMAN, P. & VALO, R. Vihanneslajikkeet Etelä-Savon tutkimusasemalla vuosina 1983–91. (*Summary: Vegetable varieties tested at the South-Savo Research Station of the Agricultural Research Centre of Finland in 1983–91.*) 34 p.
4. RINNE, S-L., SIPPOLA, J. & SIMOJOKI, P. Omavaraisen viljelyn vaikutus maan ominaisuuksiin. (*Summary: Effect of self-sufficient cultivation on soil properties.*) 26 p. + 12 liitettä.

5. RINNE, K., SUVITIE, M. & RINNE, S-L. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. Lehmien rehunkulutus, ravinnonsaanti, tuotokset, maidon koostumus sekä hedelmällisyys ja kestävyys 4.-6. lypsykausina. *Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on grass silage-cereal and hay-urea-cereal diets. Feed intake and nutrient supply, production and composition of milk, fertility and culling of the cows during the 4th-6th production years.* 48 p. + 1 liite.
6. VILKKI, J. Helmi-öljypellava. 8 p. + 3 liitettä.
7. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timotein fosforilannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. *Grass production on cut-away peatlands. Phosphorus fertilization for timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.* 27 p. + 2 liitettä.
8. SANKARI, H. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit. Kirjallisuuskatsaus. Kasvintuotannon osaraportti esitutkimukseen "Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla." *Suitability of cultivated plants for bioenergy production. Literary survey. The partial report of plant production to the preliminary study entitled "Energy production in the areas released from food production."* 38 p.
9. GALAMBOSI, B., KEMPPAINEN, R., SIKKILÄ, J. & TALVITIE, H. Maustekasvien merkitys mehiläisille. (*Summary: The significance of culinary herbs to bees.*) 62 p. + 9 liitettä.
10. URONEN, K.R., TAHVONEN, R., JOKINEN, R. & BARTOSIK, M-L. Kasvualustan johtokyvyn vaikutus vaikutus turpeessa viljellyn tomaatin satoon ja sadon laatuun. (*Summary; Sammanfattning.*) 34 p. + 3 liitettä.
11. ARONEN, I., LAMPILA, M. & HEPOLA, H. Säilörehu, heinä ja olki kasvavien ayrshiresonnien ruokinnassa. (*English summary.*) 24 p.
12. SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotisen karitsoinnin merkitys lihan tuotantoon ja kannattavuuteen. *Effect of out-of-season lambing on meat production and profitability.* 52 p. + 3 liitettä.
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotinen karitsointi ja lihantuotanto. P. 7-43.
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Tiheän ja normaalin karitsoinnin vertailu. P. 44-52.
13. SIMOJOKI, P. Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus. (*Summary: Fertilizer effect of sludge from a sulphate and paper mill.*) 17 p. + 2 liitettä.
14. **Omavaraisen viljelyn kannattavuuslaskelmia.** 33 p. + 4 liitettä.
MÄKINEN-HANKAMÄKI, S. Laskelmia omavaraisten viljelymenetelmien kannattavuudesta. (*Summary: Calculations on the profitability of self-sufficient cultivation methods.*) p. 7-23.
RIEPPONEN, L. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuuden vertailu. (*Summary: Comparison of the profitability of self-sufficient and conventional cultivation methods.*) p. 25-33.
15. KEMPPAINEN, E., JAAKKOLA, A. & ELONEN, P. Peltomaiden kalkitustarve ja kalkituksen vaikutus viljan ja nurmen satoon. (*Summary: Effect of liming on yield of cereals and grass.*) 44 p. + 29 liitettä ja 7 kuvaliitettä.
16. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Sinimailasen viljelyyn vaikuttavia tekijöitä. (*Summary: Management of alfalfa.*) 17 p. + 1 liite ja 19 liitetaulukkoa.

17. VILKKI, J. Jyty-sareptansinappi. (*English summary.*) 12 p. + 8 liitettä.
18. PÄRSSINEN, P. Antti-nurminata. (*English summary.*) 10 p. + 2 liitettä.
19. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maatilojen ympäristönhoito ja -suunnittelu. Lounais-Hämeen maatilojen ympäristösuunnittelun tulokset ja maatilayhteistyön tutkimusohjelma vuosille 1993–96. (*Abstract: Environmental management and planning by farms. The results of environmental planning by farms in South-West Häme, Finland, and the research plan for farm co-operation during 1993 to 1996.*) 86 p. + 1 liite.
20. HUHTA, H. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983–87. 66 p. + 7 liitettä.

1994

1. LINNA, P. & JANSSON, H. Biotiitti nurmen kaliumlannoitteena. (*Summary: Biotite as a potassium fertilizer in grass production.*) 13 p. + 18 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., SANKARI, H., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1986–1993. 112 p. + 1 liite.
3. HAKKOLA, H. Turpeeseen sekoitetun naudanlietelannan lannoitusvaikutus ja varastoinnin aikaiset ravinnehävikit. (*Summary: The fertilization effect of peat manure and nutrient losses during storage.*) 20 p. + 1 liite.
4. EVERS, A-M. Lannoituksen vaikutus kasvien ravitsemukselliseen laatuun. Kirjallisuustutkimus. (*Summary: The effect of fertilization on the nutritional quality of vegetables. A literature review.*) 22 p.
5. KEMPPAINEN, R. Lannoitustavan vaikutus porkkana-, peruna- ja ohralajikkeiden satoon ja sadon laatuun. Komposti- ja väkilannoituksen vertailu. (*Summary: Effect of fertilization method on yield and yield quality of carrot, potato and barley. Comparison between compost and mineral fertilizer.*) 29 p. + 5 liitettä.
6. KANGAS, A., SIMOJOKI, P. & TALVITIE, H. Kevätviljojen kylvösiemenen taantuminen. (*Summary: Deterioration of the yielding capacity of cereal seed.*) 17 p.
7. VÄNNINEN, I. Kasvihuoneviljelmien tuhoeläimet ja torjunta-aineiden käyttö. Vuoden 1992 kyselytutkimuksen tulokset. (*Summary: Pests and pesticide usage on greenhouse cultivations. Results of a questionnaire survey from 1992.*) 30 p.
8. VIRKAJÄRVI, P. & KARVONEN, K. Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämiseen. 21 p. + 1 liite.
9. RANTALA, M., UUSIVIRTA, R., ULMANEN, S. & HANNUKKALA, A. Sellutehtaan kuorijäte lietelannan, sakokaivolietteen ja jätevesien käsittelyssä. (*Summary: The barking waste from a pulp mill in the treatment of cow slurry, septic tank sludge and waste water.*) 54 p.

JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Kirjasto
31600 JOKIOINEN
puh. (916) 1881, telekopio (916) 188 339

HINTA: 50 mk (+ alv.)