



Esiselvitys kotieläintalouden ympäristökuormitusta vähentävien menetelmien ja tekniikoiden kustannuksista ja tehokkuudesta

Marja Kallioniemi



MTT:n selvityksiä 23,
51 s., 2 liitettä

**Esiselvitys kotieläintalouden ympäristö-
kuormitusta vähentävien menetelmien ja
tekniikoiden kustannuksista
ja tehokkuudesta**

Marja Kallioniemi

ISBN 951-729-726-2 (Verkkójulkaisu)

ISSN 1458-5103 (Verkkójulkaisu)

www.mtt.fi/mtts

Copyright

MTT

Marja Kallioniemi

Julkaisija ja kustantaja

MTT maatalousteknologian tutkimus (Vakola)

Jakelu ja myynti

MTT maatalousteknologian tutkimus (Vakola)

Puhelin (09) 224 251, telekopio (09) 224 6210

Julkaisuvuosi

2002

Kannen kuva

Timo Lötjönen

Esiselvitys kotieläintalouden ympäristökuormitusta vähentävien menetelmien ja tekniikoiden kustannuksista ja tehokkuudesta

Marja Kallioniemi¹⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), maatalousteknologian tutkimus (Vakola), Vakolantie 55, 03400 Vihti, marja.kallioniemi@mtt.fi

Tiivistelmä

Esiselvityksen tavoitteena on ollut selvittää, mitä kotieläintuotannon ympäristökuormitusta vähentävien menetelmien ja tekniikoiden kustannustietoutta on jo valmiina olemassa ja laatia sen pohjalta esitys laajemmasta tutkimuskokonaisuudesta.

Kustannustietoutta löytyi eniten ammoniakkipäästöjen vähentämisestä, jota on tarkasteltu kirjallisuudessa kahdesta näkökulmasta. Laskentamalleissa on otettu huomioon päästöjen hallinnan kokonaisuus. Yksittäisissä laskelmissa on selvitetty tiettyjen menetelmien ja tekniikoiden kustannuksia. Lietesäiliöiden kattamisesta ja lietalannan erilaisten levitystapojen vertailusta löydettiin esiselvityksen avulla kattavasti kustannustietoja.

Ammoniakkipäästöjen kustannustehokkaimmat vähentämiskeinot aiheuttavat säästöjä, jolloin niiden kustannusvaikutus on miinusmerkkinen. Kustannustehokkaiksi keinoiksi todettiin useissa lähteissä kotieläinten ruokinnan ja karjanlannan peltolevitystavan muuttaminen. Myös liete- ja virtsasäiliöiden kattaminen ja täyttäminen pintakerroksen alapuolelta ovat kustannustehokkaita menetelmiä. Kalliiksi vähentämiskeinoiksi osoittautuivat lietekanavan huuhteleminen, lietteen ilmastus, koneellisella ilmastoinnilla varustettujen kotieläinsuojien poistoilman biosuodattaminen sekä karjanlannan prosessointi. Ammoniakkipäästöjen eri vähentämismenetelmien ja -tekniikoiden kustannukset kasvavat miinusmerkkinisestä luvusta nopeasti ylöspäin eksponentiaalisen käyrän muodossa.

Esiselvitystyön pohjalta on laadittu esitys eri tutkimuslaitosten yhteistyönä toteutettavasta tutkimushankkeesta. Esityksessä ehdotetaan tutkimuksen painopisteen suuntaamista kustannustehokkaimpiin ammoniakkipäästöjä vähentäviin keinoihin. Lisäksi tarvitaan tietoja maitohuoneiden jätevesien puhdistusmenetelmien ja säilörehun puristenesteen keräilyjärjestelmien kustannustehokkuudesta. Myös muiden päästölajien kuten fosfori-, haju-, hiili-dioksidi-, metaanipäästöjen sekä raatojen käsittelyn ja muiden jätteiden käsittelyn merkittävyyttä ja kustannuksia tulisi selvittää.

Avainsanat: kotieläintalous, ympäristö, menetelmät, tekniikat, päästöt, kustannukset, ympäristönsuojelu

Costs and efficiency of methods and techniques to reduce environmental emissions in animal husbandry, preliminary survey

Marja Kallioniemi¹⁾

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Agricultural Engineering Research (Vakola), Vakolantie 55, FIN-03400 Vihti, Finland, marja.kallioniemi@mtt.fi

Abstract

The aim of this study was to provide a preliminary survey of the present state of knowledge about the costs of reducing environmental emissions in animal husbandry. The results formed the basis of a proposal for a more comprehensive research project on the same problem.

The information found deals mostly with the abatement of ammonia emissions, which has been studied in the literature from two points of view. In calculation models, emission control as a whole has been taken into account. In individual calculations, the costs of certain methods and techniques have been calculated. A sufficient amount of information was found about the costs of covering slurry storages and of different methods of field application of slurry.

The most cost-effective methods even result in savings. According to many sources, changes in animal feeding and in manure application methods are cost-effective. Covering of slurry and urine storages and loading them from beneath the surface layer are also cost-effective methods. Expensive methods are flushing systems, slurry aeration, exhaust air cleaning, and manure processing. The costs of different methods of ammonia emission reduction increase exponentially.

On the basis of this preliminary survey, a proposal has been drawn up for a cooperative research project for different research institutions. It is suggested that this research concentrate on the most cost-effective methods of reducing ammonia emissions. In addition, more information is needed about the cost-effectiveness of cleaning dairy farm wastewater and of collecting silage effluent. The costs and significance of other emission sources should also be examined; the latter include phosphorous, odour, carbon dioxide, and methane emissions and the handling of carcasses and other waste materials.

Keywords: animal husbandry, environment, methods, techniques, emissions, costs, environmental protection

Alkusanat

Euroopan yhteisö on edellyttänyt jäsenvaltioiden ympäristön eri osiin sovellettavia lupajärjestelmiä teollisuuslaitosten ja energiantuotannon päästöjen valvomiseksi jo 70-luvun puolivälistä lähtien. Vuonna 1996 hyväksyttiin IPPC-direktiivi eri maiden ympäristönsuojelun tason parantamiseksi ja lupajärjestelmien harmonisoimiseksi. (Kuusiniemi ym. 2001)

IPPC-direktiivin päätavoitteena on parantaa ympäristönsuojelun tasoa ja ehkäistä pilaantumista. Jos se ei ole mahdollista, tavoitteena on rajata pilaantumisen vaikutukset mahdollisimman vähäisiksi. IPPC-direktiiviä sovelletaan asiakirjan liitteissä lueteltujen laitosten päästöjen lupamenettelyssä. Maatalouden osalta näihin laitoksiin kuuluvat ns. siipikarjan ja sikojen tehokasvatuslaitokset, joissa kotieläinten määrä on:

- enemmän kuin 40 000 siipikarjapaikkaa
- enemmän kuin 2 000 paikkaa yli 30 kiloille tuotantosioille tai
- enemmän kuin 750 emakkopaikkaa. (Kuusiniemi ym. 2001)

Kansallisesti direktiiviä voidaan soveltaa pienempiinkin yksiköihin tai tapauskohtaisesti muuhunkin kotieläintalouteen (Grönroos & Puumala 2002). Direktiivin keskeisimpänä ympäristön suojelua edistävänä veloitteena on kokonaisvaltaiseen parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan perustuva lupaharkinta.

Käsite ”*paras käyttökelpoinen tekniikka*” määritellään ympäristönsuojelulain 3 §:ssä seuraavasti: ”mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito- sekä käyttötapoja, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttama ympäristön pilaantuminen ja tehokkaimmin vähentää sitä”. (Ympäristönsuojelulaki 2000)

Lupamääräyksistä pilaantumisen ehkäisemiseksi säädetään ympäristönsuojelulain 43 §:ssä seuraavasti: ”lupamääräyksiä annettaessa on otettava huomioon toiminnan luonne, sen alueen ominaisuudet, jolla toiminnan vaikutus ilmenee, toiminnan vaikutus ympäristöön kokonaisuutena, pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoitettujen toimien merkitys ympäristön kokonaisuuden kannalta sekä tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet toteuttaa nämä toimet. Päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan. Lisäksi on tarpeen mukaan otettava huomioon energian käytön tehokkuus sekä varautuminen onnettomuuksien ehkäisemiseen ja niiden seurausten rajoittamiseen.” (Ympäristönsuojelulaki 2000)

Ympäristönsuojeluasetuksen 37 §:ssä määritellään, että parhaan käyttökelpoisen tekniikan arvioinnissa on otettava huomioon: ”parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöön ottamiseen liittyvä aika ja toiminnan suunnitellun aloittamisajankohdan merkitys sekä päästöjen ehkäisemisen ja rajoittamisen kustannukset ja hyödyt” sekä ”Euroopan yhteisöjen komission tai kansainvälisten toimielinten julkaisemat tiedot parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta”. (Ympäristönsuojeluasetus 2000)

Ympäristöpäästöjä ehkäisevien tekniikoiden ja menetelmien taloudellisuus mainitaan ympäristönsuojelulaissa parhaan käytettävissä olevan tekniikan määritelmässä ja lupamääräyksissä huomioon otettavana seikkana. Myös ympäristönsuojeluasetuksessa mainitaan päästöjen ehkäisemisen kustannukset ja hyödyt.

Jäsenvaltiot seuraavat parhaan käyttökelpoisen tekniikan vaatimusten kehittymistä. Vaatimuksia harmonisoidaan laatimalla BAT Reference Documents –asiakirjoja (BREFs), joita päivitetään tarpeen vaatiessa. BREF-asiakirja on ohjeellinen. Asiakirjat toimivat ikään kuin mittakepeinä, kun niihin verrataan arvioinnissa olevaa kohdetta. (Kuusiniemi ym. 2001) Suomen kannanotot parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta valmistelee kotieläintalous-BAT –työryhmä. Ryhmä on teettänyt kansallisen BAT-raportin ”Paras käytettävissä oleva tekniikka kotieläintaloudessa”, jossa käsitellään kotieläintalouden päästöjä vähentäviä menetelmiä ja tekniikoita. (Mikkola ym. 2002)

BAT-raportin laatimisen yhteydessä havaittiin, että erilaisten päästöjä vähentävien menetelmien ja tekniikoiden ympäristövaikutuksista ja kustannuksista sekä niiden soveltuvuudesta erilaisiin olosuhteisiin tarvitaan lisää tietoa. ”Kotieläintalouden ympäristökuormitusta vähentävien menetelmien ja tekniikoiden tehokkuus, kustannukset ja sovellettavuus” – tutkimusaiheesta on laadittu tämä esiselvitys. Työn tavoitteena on ollut selvittää, mistä menetelmistä tietoa päästöjen vähentämisen kustannuksista on jo valmiina olemassa. Lisäksi esiselvityksessä on kartoitettu tietolähteitä, joiden pohjalta voidaan arvioida menetelmien vaikutuksia päästöihin, energiankulutukseen ja sovellettavuuteen erilaisissa olosuhteissa. Työn pohjalta on tehty suunnitelma eri tutkimuslaitosten yhteistyönä toteutettavasta tutkimushankkeesta.

Esiselvitys laadittiin MTT maatalousteknologian tutkimuksessa (Vakolassa) tutkija Petri Kapuisen johdolla. Syntyneestä raportista päätettiin työstää julkaisu MTT selvityksiä -sarjaan. Tätä työtä ohjasi tutkija Maarit Puumala. Esitän kiitokseni esiselvityksen laatimisen aikana annetuista arvokkaista ohjeista ja kommentteista erityisesti tutkija Maarit Puumalalle ja myös Hannu Mikkolalle Vakolasta sekä tutkija Juha Grönroosille Suomen ympäristökeskuksesta. Kiitokset myös tutkija Timo Lötjöselle kansikuvasta ja Eckhard Georgille englanninkielisen tiivistelmätekstin tarkistamisesta.

Vihdissä 2.12.2002

Marja Kallioniemi

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	8
2	Ammoniakkipäästöjen laskentamallit.....	9
2.1	Suomalaiset laskentamallit.....	9
2.2	Jordbruksverket.....	11
2.3	Salaam ja MARACCAS.....	13
2.4	Preplanr-laskentamalli ja WQIA-hanke.....	16
2.5	Leneman.....	17
3	Yksittäisten menetelmien ja tekniikoiden kustannuslaskelmat.....	20
3.1	Ruokinnan muuttaminen.....	20
3.2	Kuivalannan tuulettaminen ja kuivaaminen sekä lietteen tuulettaminen, huuhteleminen, jäähdytys ja poistoilman puhdistaminen.....	21
3.3	Lietteen ilmastus.....	21
3.4	Lantavaraston kattaminen.....	22
3.5	Lietteen levitys.....	25
3.6	Lannan teollinen prosessointi.....	31
3.7	Säilörehun puristeneste.....	32
3.8	Maito huoneiden jätevedet.....	32
4	Laskelmien vertailu.....	35
5	Yhteenveto.....	43
6	Esitys jatkotutkimuksen sisällöstä.....	46
7	Kirjallisuus.....	49
8	Liitteet.....	52

1 Johdanto

Hankkeen ”Kotieläintalouden ympäristökuormitusta vähentävien menetelmien ja tekniikoiden tehokkuus, kustannukset ja sovellettavuus” esiselvityksessä selvitettiin olemassa olevaa kustannustietoutta kirjallisuuden avulla. Lähteitä löytyi eniten ammoniakkipäästöjen vähentämisestä. Näissä laskelmissa oli otettu huomioon myös vähennystavan kustannustehokkuus, jolloin aiheutuneita kustannuksia oli suhteutettu vähennystavan kykyyn vähentää päästöjä. Muista päästölajeista löytyi vähän tietoja kustannustehokkuudesta. Toisaalta esiselvityksen tekemiseen varattu ajanjakso ei riittänyt kaikkien löydettyjen lähteiden läpikäymiseen, jolloin mielenkiintoisista ja käyttökelpoisista lähteistä laadittiin lista.

Kirjallisuudessa ammoniakkipäästöjen kustannuksia tarkastellaan kahdesta erilaisesta näkökulmasta. Laskentamalleissa on otettu huomioon päästöjen hallinnan kokonaisuus, eli kustannukset eri osista ja niiden suuruus yhtä vähennyskeinoa kohti sekä kokonaiskustannukset. Ammoniakkipäästöjä voidaan ehkäistä eri keinojen avulla niin kotieläinrakennuksen sisällä, lannan käsittelyn avulla, lannan varastoinnin varusteita parantamalla, ehkäisemällä päästöjä lannan levityksen aikana tai prosessoimalla lantaa. Tietyn tekniikan soveltaminen vaikuttaa muihin lannankäsittelyprosessin ratkaisuihin ja käyttömahdollisuuksiin toisaalla. Tämä kokonaisuuden hallinta on ideana ammoniakkipäästöjen kokonaisvaltaisissa laskentamalleissa. Yksittäisissä laskelmissa on selvitetty tiettyjen yksittäisten menetelmien ja tekniikoiden kustannuksia ja tehokkuutta.

Kotieläintalouden päästöihin liittyvien kustannuslaskelmien ja lähteiden runsautta ei osattu ennakoida esiselvitykselle varattua ajanjaksoa suunnitellessa, jolloin aika ei riittänyt kirjallisuuslähteiden vertailemiseen ja analysointiin eikä kaikkien rahayksikköjen muuntamiseen. Tämän esiselvityksen teksti on osin luetteloa eri tutkimuslähteistä kerätyistä tiedoista. Siten kirjallisuusselvitystä olisikin tietyiltä osin aiheellista jatkaa jatkotutkimuksen osana.

Kerättyjä kustannuslaskelmia tarkasteltaessa on huomattava, että kustannuslaskelmien vertaileminen keskenään ei aina ole mahdollista, koska laskelmien lähtötiedot ja laskentaperusteet vaihtelevat ja/tai niiden lopputuloksia ei ole laadittu samoissa laskentayksiköissä.

Kustannustehokkuutta kuvaavat luvut on muunnettu euroiksi joulukuun 2001 valuuttakursien mukaan. Koska lannan ravinteita hyödynnetään peltolannoitteena, voidaan typpikilon arvo määrittää myynnissä olevien keinolannoitteiden hinnoista. Syyskuun 2002 Kemira Agro Oy:n ilmoittaman urean hintatason mukaan yhden typpikilon hinta on 0,5454 euroa. (Maaseudun Tulevaisuus 2002)

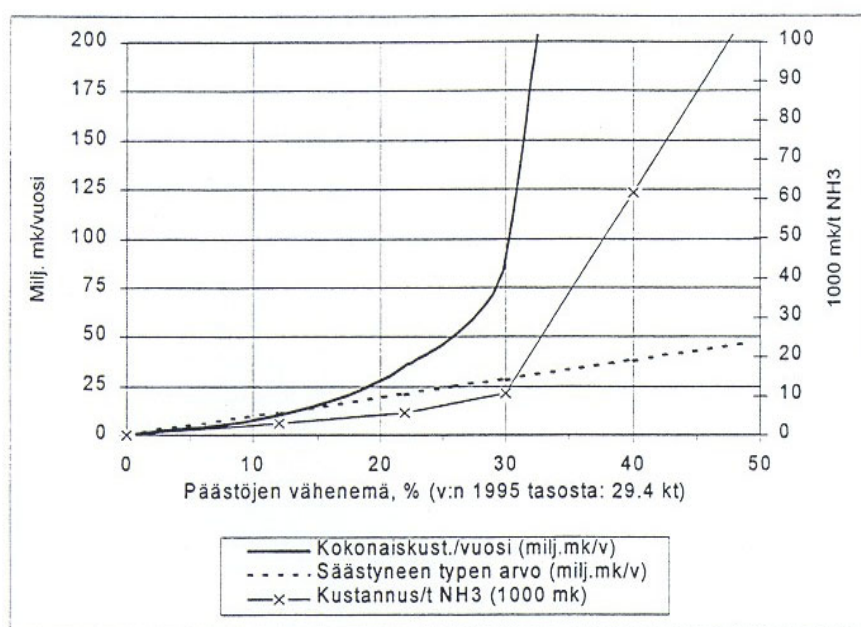
2 Ammoniakkipäästöjen laskentamallit

2.1 Suomalaiset laskentamallit

Grönroos ym. (1998) ja Savolainen ym. (1996) ovat laatineet Suomen maatalouden ammoniakkipäästöjä koskevan mallin, jonka avulla on arvioitu päästöjen määrää ja niiden vähentämisestä aiheutuvia kustannuksia.

Grönroosin ym. (1998) päästömallissa on laskettu vaiheittain typen määrän muutokset lannankäsittelyketjun aikana. Mallin lähtötietoina on käytetty eläinten lukumäärää, eläinten vuodessa erittämän typen määrää lannassa, erilaisia lannankäsittelymenetelmiä ja -tapoja, ammoniakin haihtumiseen liittyviä tietoja sekä tietoja laiduntamisesta. Mallilaskelman mukaan Suomen kotieläintaloudesta on aiheutunut ammoniakkipäästöjä vuonna 1995 noin 29,4 kilotonnia, josta lypsylehmät aiheuttivat 43 %, muut naudat 30 %, siat 18 %, kanat 6 % ja lampaat, vuohet ja hevoset 3 %. Vuodessa noin neljännes kaikesta lannan sisältämästä typestä haihtuu lannankäsittelyn aikana.

Mallin tuloksena on selvitetty, että lannankäsittelyä muuttamalla olisi mahdollista vähentää kotieläintalouden päästöjä enintään noin 50 %, jolloin siitä aiheutuisi kustannuksia vuoden aikana noin 1,5 miljardia markkaa. Haihtumiselta säästettyä typpikiloa kohti laskettuna kustannus olisi yli 20,18 euroa. Jos mukaan otetaan ruokinnan muuttamisesta aiheutuva kaikkien eläinten lannan 10 % typpisisällön vähenemä, alenisivat kotieläintalouden päästöt vielä lisää muutaman prosenttiyksikön. (Grönroos ym.1998) Karjatalouden päästöjä on mahdollista vähentää 30 % siten, että kustannukset ovat alle 15 000 markkaa ammoniakkitonnia kohti. Tämän tason jälkeen kustannukset kasvavat jyrkästi (kuva 1), sillä 40 % vähenemä maksaa ammoniakkitonnia kohti noin 60 000 markkaa. (Grönroos ym. 1998)



Kuva 1. Kotieläintalouden päästöjen vähentämisen kustannuskäyrä, rajakustannuskäyrä sekä säästyneen typen teoreettinen arvo. (Grönroos ym. 1998)

Grönroos ym. (1998) mukaan karjanlannan ammoniakkipäästöjä vähentävät menetelmät ovat kustannustehokkuusjärjestyksessä:

- vähenemä 10 %: kaiken lannan multaus riittävän nopeasti, sijoituslevitys tai letkulevitys
- vähenemä 20 %: edellisten lisäksi liete- ja virtsasäiliöt katetaan mahdollisimman tiiviisti tai puolitiiviisti
- vähenemä 30 %: edellisten lisäksi liete ja virtsa johdetaan varastosäiliöön pinnan alapuolelta ja kuivalantavarastot peitetään
- vähenemä 40 %: edellisten lisäksi koneellisella ilmanvaihdolla varustetut karjarakennukset varustetaan poistoilman suodatuslaitteilla
- vähenemä 45-50 %: edellisten lisäksi otetaan käyttöön lannanpoiston huuhtelujärjestelmät karjasuojissa sekä siipikarjanlannan kuivaus.

On huomattava, että mallin laatijat (Grönroos ym. 1998) arvioivat siihen sisältyvän huomattavia epävarmuustekijöitä, jolloin kustannuslaskelmien tulokset arvioidaan suuntaa antaviksi.

Savolaisen ym. (1996) tutkimuksessa on arvioitu ammoniakkipäästöjen määrä kotieläinten lannan typpisisällön perusteella. Suomen ammoniakkipäästöjen määräksi on arvioitu vuonna 1990 noin 34 280 tonnia (NH_3) ja vuonna 1994 noin 30 630 tonnia (NH_3). Luvut vastaavat 2 000 ja 1 800 happiekvivalenttitonnia (Mekv). Ammoniakkipäästöjen vähentämistä koskevissa kustannuslaskelmissa on otettu vertailukohdaksi vuoden 2005 arvioidut päästöt, joiden määrä laskettiin olettamalla vuoden 1996 maatalous- ja lannankäsittelykäytännön jatkuvan vuonna 2005. Laskelmissa tarkasteltiin kolmea päätoimenpidettä ja niiden yhdistelmiä. Toimenpiteitä tarkasteltiin erikseen eri eläinryhmille. (Savolainen ym. 1996)

Toimenpide 1.

Ammoniakin haihtumisen estäminen eläinsuojissa

Lanta tulisi poistaa eläinsuojasta nopeasti ja eläinsuojan pintojen tulisi olla puhtaita. Siipikarjan lannan päästöjä voidaan vähentää merkittävästi lannan kuivaamisella. Kotieläinsuojan poistoilman suodatus biofiltreissä ja pesureissa vähentää myös merkittävästi ammoniakkipäästöjä, mutta niiden käyttö edellyttää koneellista ilmanvaihtoa.

Tutkimuksessa selvitettiin siipikarjan lannan kuivauksen ja sikaloiden ja kanaloiden tai broilerikasvattamojen poistoilman biofilterisuodatuksen päästöjen vähennyspotentiaalia ja kustannusvaikutuksia. Kuivikkeiden käyttöä ei tarkasteltu, koska niiden päästöjen vähentämispotentiaali ei ollut tiedossa. Huuhtelu- ja pesujärjestelmien päästöjen vähennyspotentiaalia ja kustannuksia ei selvitetty, koska ne olisivat lisänneet lannan määrää, joka on ristiriidassa vesiensuojelullisten tavoitteiden kanssa.

Toimenpide 2.

Ammoniakin haihtumisen estäminen lannan varastoinnin aikana

Tutkimuksessa selvitettiin päästöjen vähentämistä ja kustannuksia lietelannan varastoinnissa kelluvien, telttamaisten muovikatteiden ja betonikansien avulla. Kuivalannan varastoin-

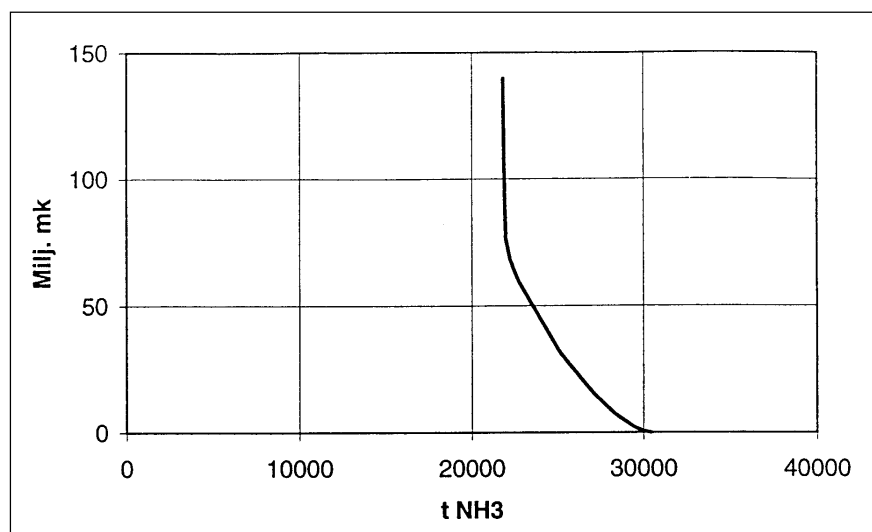
nista aiheutuvien päästöjen vähentämistä ja siitä aiheutuvia kustannuksia ei arvioitu. Tutkijoiden mielestä olisi syytä tutkia tarkemmin, miten estetään kuivalannan varastoinnin aikana tapahtuva ammoniakkin haihtuminen.

Toimenpide 3.

Ammoniakin haihtumisen estäminen lannan peltolevityksessä

Päästöjä vähentäviä toimenpiteitä ovat lietelannan ja virtsan sijoittaminen maahan tai välitön multaus levityksen jälkeen. Tutkimuksessa on arvioitu ammoniakkin haihtumisen tehokkuus ja kustannukset, kun levitys suoritetaan sijoittamalla, letkulevityksenä tai äestämällä mullaten.

Tutkimuksessa arvioidaan, että eläinten ravinnon typpipitoisuuden vähentäminen on tehokas keino vähentää ammoniakkipäästöjä. Ammoniakkipäästöjen vähentämistoimenpiteiden avulla säästetyn typen arvoa ei ole huomioitu laskelmissa. Vähentämistoimenpiteen vaikutus koko ketjun päästöihin laskettiin. Useiden toimenpiteiden yhtäaikainen vaikutus on otettu huomioon laskelmissa. Siten tutkijat laativat oheisen Suomen ammoniakkipäästöjen kustannuskäyrän (kuva 2). (Savolainen ym. 1996)



Kuva 2. Ammoniakkipäästöjen vähentämisen kustannuskäyrä. (Savolainen ym. 1996)

2.2 Jordbruksverket

Ruotsissa Jordbruksverket (1997) on laatinut toimenpideohjelman, johon on koottu maatalouden ammoniakkipäästöjä vähentäviä keinoja. Toimenpideohjelmasta aiheutuvat kustannukset on laskettu kasviraavinneohjelman STANKin avulla, joka sisältää lantamäärät, lannan ravinnevaikutuksen, kone- ja rakennuslaskelmat sekä systeemanalyysin. Oheinen luettelo ei sisällä myöhemmin, vuonna 1999 ohjelmasta poistettuja toimenpiteitä. Ohjelma I (Jordbruksverket 1997) sisältää seuraavat toimenpiteet:

1. Lypsylehmien ja lihasikojen ruokintaa muutetaan siten, että valkuaisyliruokinta loppuu.
2. Ruotsin tiettyjä alueita koskeva ammoniakkipäästöjä koskeva lainsäädäntö ulotetaan koskemaan koko maata. Vaadittavat toimenpiteet:

- lietesäiliöt katetaan
- lietesäiliöt täytetään pinnan alapuolelta
- kuivalanta mullataan kasvipeitteettömään maahan neljän tunnin sisällä
- lietelanta levitetään kasvavaan kasvustoon letkulevityspuomiston tai muun ammoniakkipäästöjä vähentävän tekniikan avulla
- myös virtsasäiliöt katetaan.

Näistä eri toimenpiteistä on laadittu laskelma, joka sisältää ammoniakkipäästön vähenemän, kokonaiskustannukset, toimenpiteestä aiheutuneet tuotot ja lopuksi nettokustannukset vuotta ja säästettyä typpikiloa kohti. Kustannuslaskennan tulokset ovat taulukoissa 1. ja 2.

Vuonna 1999 toimenpideohjelmaa on jatkettu siten, että päästöjä vähentävinä keinoina esitetään lisäksi (Jordbruksverket 1999):

1. Investointituki levitystekniikalle, joka vähentää ammoniakkipäästöjä
2. Karjanlannan muokkaaminen maahan neljän tunnin sisällä levityksestä
3. Lietelannan ja virtsan levitys kasvustoon vähäisin ammoniakkipäästöin; letkulevitys- tai multausrakenteen avulla.

Taulukko 1. Jordbruksverketin (1997) laskemia kustannuksia ammoniakkipäästöjen vähentämisestä nautakarjataloudessa.

Toimenpide	Vähennetty NH ₃ -N tn/vuosi	Kok.kust. Skr/vähennetty typpikilo	Tulovaikutus milj. Skr/vuosi	Nettokust. €/vähennetty typpikg
NAUTAKARJA				
Lypsylehmien ruokinnan muuttaminen	2 500			
Lietesäiliön täyttö katekerroksen alapuolelta	150	15	0,9	0,96
Lietelanta- ja virtsasäiliöiden kattaminen	2 400	10	13,4	0,42
Kasvipeitteettömään maahan nopea multaaminen	1 100	5	6,3	-0,03
Lietelannan letkulevitys kasvustoon	1 000	24	5,8	1,9
Virtsan letkulevitys kasvustoon	1 000	15	5,5	1,06

Taulukko 2. Jordbruksverketin (1997) laskemia kustannuksia ammoniakkipäästöjen vähentämistä sikataloudessa ja muussa kotieläintaloudessa.

Toimenpide	Vähennämä NH ₃ -N tn/vuosi	Kok.kust. Sekr/vähennetty typpikilo	Tulovaikutus milj. Sekr/vuosi	Nettokust. €/vähennetty typpikg
Siat ja muut eläimet				
Lihastuotannon ruokinnan muuttaminen	250	15	0	1,6
Lietesäiliön täyttäminen katekerroksen alapuolelta	35	11	0,2	0,64
Liete- ja virtsasäiliöiden kattaminen	900	12	6,3	0,54
Kasvupitteettömän maan nopea multaaminen	1000	13	6,9	0,64
Lietelannan letkulevitys kasvustoon	110	-12	0,8	-2,02
Virtsan letkulevitys kasvustoon	15	7	0,1	7,1

Vuonna 1997 ehdotettuja toimenpide-ehdotuksia on tarkennettu myöhemmin, vuonna 1999 laaditussa toimenpideohjelmassa. Lietelantamenetelmään siirtymistä ei enää suositella, koska keino on havaittu liian kalliiksi. Lisäksi on alettu epäillä sen eläinten terveyteen ja eläinsuojeluun liittyviä vaikutuksia. Samoin turpeen sekoittamista kuivikepohjiin ei enää suositella materiaalin heikon saatavuuden ja haitallisten ympäristövaikutusten takia. Näistä uusista toimenpide-ehdotuksista on laskettu koko maatalouselinkeinoja koskevat kokonaiskustannukset (Jordbruksverket 1999).

Kustannuslaskelmissa ovat kustannusvaikutuksiltaan miinusmerkkisiä vähennyskeinoja nautakarjatalouden osalta kasvupitteettömän maan nopea multaaminen ja sika- ja muun kotieläintalouden osalta lietelannan letkulevitys kasvustoon.

2.3 Salaam ja MARACCAS

Tutkijaryhmä Englannista (Phillips ym. 1999) on asettanut paremmuusjärjestykseen ammoniakkipäästöjä vähentäviä keinoja kotieläinrakennuksissa ja lantavarastoissa. Päästöt arvioitiin asteikolla 1 (erittäin huono) – 5 (erittäin hyvä). Kun keinot käyttökelpoisuus, pääomakustannukset ja eläinten hyvinvointi painotettiin, muotoutui ammoniakkipäästöjä vähentävien menetelmien listasta paremmuusjärjestyksessä seuraava:

1. kotieläinten ruokinnan muuttaminen
2. kuivalannan C/N –suhteen kasvattaminen kuivikkeiden runsaan käytön avulla
3. kotieläinrakennuksen poistoilman puhdistaminen, varsinkin biosuodattimen avulla koneellisella ilmanvaihdolla varustetuissa sikaloissa ja kanaloissa
4. öljykalvon lisääminen lietelantasäiliöön
5. happolisäys sikalan lietelantaan
6. siipikarjan lannan kuivaaminen ilmastin avulla.

Lantavarastoissa edullisimmiksi ammoniakkipäästöjen vähentämiskeinoiksi osoittautuivat (Phillips ym. 1999):

1. karjanlannan varastoinnin korvaaminen teollisella käsittelyllä tai karjanlannan sijoittaminen maahan, mikäli se on mahdollista
2. kotieläinten ruokinnan muuttaminen
3. happolisäys sikalan liettelantaan
4. lisätään liettelantasäiliön pinnan kykyä estää tai vähentää ammoniakkin haihtumista (nautakarjan lietteessä kuoren avulla, kelluvat rakeet sikojen lietteen päällä)
5. minimoidaan kuivalannan kompostin haihduttava pinta-ala kekomaisen muodon avulla
6. kuivalannan kattaminen peitteellä
7. kananlannan kuivaaminen
8. kananlannan myyminen poltettavaksi uusiutuvia polttoaineita käyttävässä energia-laitoksessa (tosin sähköstä tulee kalliimpaa kuin tavallisissa voimalaitoksissa, joten keino soveltuu käytettäväksi vain osassa Iso-Britanniaa).

Tutkimushankkeen toisessa osassa on tehty ammoniakkipäästöjen vähentämistä varten tietokoneohjelma SALAAM, joka laskee yksittäisen vähennyskeinon kustannukset, suurimman saavutettavissa olevan päästöjen vähenemän sekä vähennyskeinon aiheuttamien kustannusten suhteen kotieläimen taloudelliseen arvoon. Tietokoneohjelma on tehty taulukkolaskentaohjelman ja Visual Basic for Applications (VBA 5.0) –ohjelmointikielen avulla. Excel 97 -taulukkolaskentaohjelmaa käytettiin käyttäjän määrittelemien tietojen varastona ja typen määrän laskemiseen. VBA-ohjelmointikieltä käytettiin määrittelemään tietyt riippuvuudet ja typen määrät valituilla, toteutetuilla toimenpiteillä. Ohjelman tavoitteena on tarkastella karjatalouden päästöjä kokonaisuutena ja toimintalähtöisesti, sillä päästöjen hallinta vaatii useiden tekijöiden samanaikaista huomioon ottamista erilaisissa tuotantotavoissa tai jätteenkäsittelymenetelmissä. (Cowell ym. 1999)

Myös SALAAM –laskennan avulla havaittiin, että päästöjä vähentävien menetelmien ja tekniikoiden yksikkökustannukset (£/vähennetty kg NH₃) lisääntyivät nolasta useisiin satoihin puntiin eksponentiaalisen käyrän tapaan. Yksikkökustannuksiltaan edullisiksi keinoiksi vähentää ammoniakkipäästöjä osoittautuivat muutokset kotieläinten ruokinnassa, yksilöllinen ruokinta, jätteiden teollinen käsittely, hapon lisääminen ja kotieläinten jalostaminen. Tutkimuksessa havaittiin intensiivisellä tuotannolla ja kustannustehokkailla päästöjen vähennystavoilla vahva korrelaatio (Cowell ym. 1999).

Taulukko 3. Vertailu yksittäisen eläimen arvon ja suurimman mahdollisen saavutettavissa olevan päästövähennyksen kustannuksista, molemmat laskettu yksittäistä eläintä kohti. (Cowel ym. 1999)

Eläinlaji	Yksittäisen eläimen arvo (AV) €	Suurimman päästövähennyksen kustannukset eläintä kohti, (MFR) € / eläin	MFR/AV (%)
Lypsylehmä	2 031	627	31
Muu nauta	690	522	76
Emakko	1 166	54	5
Lihaska	246	35	14
Vierotettu sika	126	25	19
Muniva kana	16	2,7	12
Muu siipikarja	21	5,7	29

Päästöjä vähentävien toimenpiteiden kustannustehokkuudessa havaittiin huomattavia eroja eri tuotantosuunnissa. Päästöjen täydelliseen hallintaan (100%) verrattuna suurin mahdollinen saavutettavissa oleva päästöjen vähenemä kaikkia mahdollisia päästöjen vähennystoimenpiteitä käyttämällä oli noin 70 % sika- ja kanateollisuudessa, mutta vain vähän yli 40 % nautakarjataloudessa. Kustannustehokkaimpia toimenpiteet olivat emakoille, muni-ville kanoille, lihasioille, vieroitetuille sioille ja muulle siipikarjalle. Lypsylehmien ja etenkin muun nautakarjan päästöjä vähentävät toimenpiteet olivat huomattavasti muita eläinryhmiä kalliimpia. Tutkimuksessa määritettiin suurimman päästövähennyksen kustannukset yksittäisen eläimen arvoa kohti (taulukko 3) (Cowel ym. 1999).

MARACCAS-mallin avulla on laadittu Euroopan eri maille ammoniakkipäästöjen kustannuslaskelmia, joista ilmenee minkäläisten keinojen avulla voidaan saavuttaa tietty päästöjen vähenemä ja mitä se maksaa. Malli osoittaa huokeimmat ja ensisijaisesti toteutettavat vähennyskeinot. Sen avulla on määritetty päästöjen vähentämisen toteutuminen ja kustannukset Iso-Britannian osalta on esitetty liitteessä 1. (Cowell & Apsimon 1998)

MARACCAS-malli on laskettu jokaisen eurooppalaisen maan osalta, myös Suomen ammoniakkipäästöjen vähentämisestä. Laskennan mukaan suurin mahdollinen ammoniakkipäästöjen vähenemä on Suomessa 28 %. Jos päästöjen vähentämiseen päätetään meillä käyttää alle 10 ecu/kg vähennettyä ammoniakikiloa kohti, saavutetaan tuolla kustannustasolla 19 %:n vähenemä. Jos päätetään otetaan käyttöön karjanlantatekniikkaan liittyvät päästöjä vähentävät menetelmät, saavutetaan 17 %:n osuus päästöjen vähenemästä. Mikäli otetaan käyttöön mallin mukaan määritetyt kustannustehokkaat keinot päästöjen vähentämisessä, saavutetaan Suomessa 20 % osuus päästöjen vähenemästä. Mallin mukaan meillä kustannustehokkaimpia keinoja ovat karjanlannan levitys vähäisin päästöin, lietevarastojen kevyet ja yksinkertaiset katteet sekä urean korvaaminen muilla lannoitelajeilla (Cowell & Apsimon 1998).

Mallin avulla on myös verrattu päästöjen vähentämisen mahdollisuuksia Euroopan eri maissa, jolloin suurin mahdollinen saavutettavissa oleva päästöjen vähentäminen vuoden 1990 päästötasosta eli MFR on kaikilla mailla keskimäärin 30 %. Vaihtelua maiden välillä

aikaansaa päästöjen määrän vaihtelu, tyypilliset kotieläinten tuotantotavat maittain ja ympäristön rajoitukset. Esimerkiksi Tanskassa MFR on jopa 60 % tuotannon tehokkuuden ja harjoitettavan sikatalouden takia, kun taas Sveitsin vastaava luku on 14 % pienten tilojen ja maaston erityispiirteiden takia. Kustannuskaavioiden muoto on yleensä eksponentiaalinen, jolloin kaikkein kustannustehokkaimmat vähennystavat myöskin vähensivät päästöjä eniten ja ne ovat jokseenkin samat eri maiden osalta. (Cowell & Apsimon 1998)

Sekä lietteen että kuivalannan levitystapoja muuttamalla aikaansaattava päästöjen vähenemä muodostaa usein yli puolet vähentämispotentiaalista. Maissa, joissa käytetään yleisesti ureaa, voidaan lannoittelajia muuttamalla vähentää alhaisin kustannuksin ja tehokkaasti päästöjä. Myös lietteen varastoinnissa päästöjen vähennyskeinot ovat kustannustehokkaita, joskin vähennyspotentiaali on melko pieni. Ilmastoitujen kotieläinrakennusten poistoilman suodatus biofiltterillä aikaansaa melko suuria päästövähennyksiä, mutta vähennystapa on kallis. Mallin avulla on mahdollista selvittää, miten tiettyjen keinojen yhdistelmä vähentää päästöjä tai mitä keinoja otetaan käyttöön, mikäli halutaan keinojen pysyttelevän tietyn kustannuslukeman alapuolella. (Cowell & Apsimon 1998)

Myös Klaassenin (1994) laskentamalli tarkastelee ammoniakkipäästöjen vähentämistä samaan tapaan, kun maittain on määritetty kustakin vähennysmenetelmästä ammoniakkipäästön määrä, vähenemä toimenpiteen ansioista, aiheutuneet kustannukset kokonaisuudessaan sekä vähennettyjä ammoniakikiloja kohti. Klaassen on määrittänyt ammoniakkipäästöjen vähentämisen kansalliset kustannukset Itävallan osalta vuonna 2000. Laskelma on esitetty liitteessä 2.

2.4 Preplanr-laskentamalli ja WQIA-hanke

Alankomaissa laaditun Plenar-laskentamallin avulla (Jensen ym. 1999) voidaan etukäteen arvioida, kuinka paljon pohjaveden suojeleminen tyypipäästöiltä tulee maksamaan. Malli on kehitetty etenkin pohjaveden suojelualueita varten, koska Alankomaissa pohjaveden nitraattipitoisuus on korkea hiekkapitoisilla ja intensiivisen maataloustuotannon alueilla. Typen ja saostumien ylimäärän sekä huuhtoutuman avulla lasketaan pohjaveden todennäköinen nitraattipitoisuus ja laatuluokka. Laskentamallin avulla on määritetty pääomakustannukset ja muuttuvat kustannukset hehtaaria ja vuotta kohti tietyillä typen ylimäärän arvoilla. Kustannusmääriin vaikutti eniten harjoitettavan maatalouden intensiteetti.

Vuonna 1998 Marylandissa, USA:ssa käynnistetyssä hankkeessa ”The Maryland Water Quality Improvement Act” (WQIA) on tavoitteena poistaa Chesapeaken lahden ravinnepäästöt ja seurata toimenpiteen taloudellisia vaikutuksia siipikarjan kasvattajille ja maataloudesta peräisin olevien ravinteiden käyttäjille. Hankkeessa on laadittu laskentakaavat lannan taloudelliselle arvolle, kun sitä hyödynnetään lannoitteena, kompostoidaan, käytetään energian tuottamiseen tai kuljetetaan maakunnan ulkopuolelle lannoitteeksi. (Parker 2000)

2.5 Leneman

Leneman ym. (1993) laskentamallissa on selvitetty typpi- ja fosforipäästöjen vähentämisestä aiheutuvia kustannuksia kahdelle sikatilamallille, joista toinen on lihasikala ja toinen emakkosikala. Tiettyjen eläinmäärien, päivittäisten kasvulukemien, ruokinta- ja päästötietojen pohjalta on laskettu, kuinka paljon tietty typpi- tai fosforipäästöjä vähentävä toimenpide aiheuttaa tilalle kustannuksia, päästöjen vähenemä keinon avulla ja vähenemän kustannukset typpi- tai fosforikiloa kohti. Mallitilojen taustatiedot selviävät taulukosta 4.

Päästöjä vähentäviksi keinoiksi tutkimuksessa valittiin:

1. Tuotantovaiheen mukainen ruokinta, proteiinien rajoittaminen, aminohappoja syntetisoinä, rehujen valinta
2. Kotieläintilan mukauttaminen, ilman puhdistaminen, lantavaraston peittäminen
3. Lannan levitys vähäisin päästöin, lannan prosessointi.

Kustannuksia on laskettu myös keinoyhdistelmille, joskin kustannustietoja ei ole kyetty esittämään kaikista päästöjä vähentävistä keinoista. Eläinten ruokintaan liittyvät keinot osoittautuivat laskelmassa varsin kustannustehokkaiksi, sillä niiden kustannusvaikutus oli lihasikatilalla jopa miinusmerkkinen. Samoin havaittiin, että sopivia, hyviä keinoja yhdistelemällä voidaan typpipäästöjä ehkäistä kohtuullisilla kustannuksilla (taulukot 5 ja 6). Eläintilan mukauttaminen ja sikalailman puhdistaminen olivat kalliimpia keinoja vähentää ammoniakkipäästöjä. (Leneman ym. 1993)

Taulukko 4. Taustatiedot sikatiloista. (Leneman ym. 1993)

LIHASIKATILA		EMAKKOSIKATILA	
Sikapaikkojen määrä	640	Eakkojen määrä	120
Päivittäinen kasvu (g)	718	Phnueita vuodessa	2,23
Ruokintamäärä kg/päivä	2,09	Mytyjä porsaita/ emakko/a	20,60
Ruokintamäärä/kasvu	2,93	Prsaiden kuolleisuus (%)	13 %
Missisäilörehua (ha)	9,8	Maissisäilörehua (ha)	6,8
Pästöt maatilalta			
N-eritys	8 355		4 036
N-haihdunta yhteensä	2 685		1 541
sikalasta	1 160		870
lantavarastosta	323		142
lannan levityksessä	1 202		5 29
N-huuhtoutuma	2 024		840
P-eritys	1 537		1 060
P-huuhtoutuma	1 343		932

Taulukko 5. Typpipäästöjä lihasikatilalla vähentävät menetelmät, niiden yhdistelmät, päästöjen vähenemä prosentteina ja kustannukset. (Leneman ym. 1993)

	Kustannukset tilalle Dfl/vuosi	Päästö- vähenemä, haihtuminen, %	Päästö- vähenemä, huuhtoutu- minen, %	Kustannukset vähenemästä €/kgN
Menetelmät				
Eläimet				
Kolmivaiheruokinta	-2 487	3	4	- 6,87
Kolmivaiheruokinta, proteiineja rajoitetusti	-6 294	16	19	3,53
Kolmivaiheruokinta, proteiinirajoitus, välttämättömiä aminohappoja synteettisinä	-	24	28	-
Kolmivaiheruokinta, proteiinirajoitus, rehujen valinta	-	33	36	-
Lantavarasto				
Sikalan mukauttaminen (huuhtelu)	14 400	13	-8	34,23
Ilman puhdistaminen 50%	21 424	22	0	16,77
Ilman puhdistaminen 90%	21 424	39	0	9,32
Lantavaraston peittäminen	2 050	7	-4	7,64
Pelto				
Päästöjen vähentäminen lannan levityksessä	13 192	47	-29	8,71
Lannan prosessointi	19 063	44	78	3,08
Keinoyhdistelmät				
Kolmivaiheruokintasysteemi, proteiinirajoitus, ilman puhdistaminen 90%, päästöjen vähentäminen lannan levityksessä	28 244	88	-4	5,54
Ilman puhdistaminen 90%, päästöjen vähentäminen lannan levityksessä, lannan prosessointi	41 816	94	82	4,48

Leneman ym. (1993) tutkimuksessa oli selvitetty päästöjä vähentävien keinojen kustannuksia myös vähennettyjä fosforikiloja kohti (taulukko 7). Kustannustehokkaimmat keinot liittyivät eläinten kasvuvaiheen mukaiseen ruokintaan.

Taulukko 6. Typpipäästöjä vähentävät menetelmät ja menetelmien yhdistelmät emakkosikaloilla, niiden kustannukset, päästöjen vähenemä. (Leneman ym. 1993)

	Kustannukset tilalla Dfl/vuosi	Päästöjen vähenemä, haihtumi- nen %	Päästöjen vähenemä, huuhtoutu- minen %	Kustannukset vähe- nemästä €/kg N
Menetelmä				
Eläimet				
Kaksivaiheruokinta	290	8	9	0,67
Kaksivaiheruokinta, protei- iinirajoitus, välttämättömiä aminohappoja synteettisinä	-	25	27	-
Kaksivaiheruokinta, protei- iinirajoitus, rehujen valinta	-	33	36	-
Lantavarasto				
Sikalan mukauttaminen (huuhtelu)	7309	18	-6	15,22
Ilman puhdistaminen 50 %	12 706	28	0	13,26
Ilman puhdistaminen 90 %	12 706	51	0	7,36
Lantavaraston peittäminen	1843	5	-2	10
Pelto				
Päästöjen vähentäminen lannan levityksessä	10 618	36	-18	12
Lannan prosessointi	15 227	35	79	6
Keinoyhdistelmät				
Kaksivaiheruokinta, protei- iinirajoitus, ilman puhdistami- nen 90 %, päästöjen vä- hentäminen lannan levityk- sessä	24 107	89	11	7
Ilman puhdistaminen 90 %, päästöjen vähentäminen lannan levityksessä, lannan prosessointi	27 926	93	83	6

Taulukko 7. Fosforipäästöjä vähentävät keinot, kustannukset ja päästöjen vähenemä. (Leneman ym. 1993)

	Kustannukset tilalle Dfl/vuosi	Päästöjen vähenemä, huuhtoutuminen %	Kustannukset vähe- nemästä, €/kg P
Lihasikatilat			
Eläimet			
Kolmivaiheruokinta	-2 487	11	- 7
Kolmivaiheruokinta, alhaisempi varmuusvara	-2 805	24	4
Kolmivaiheruokinta, fytaasi	-	34	-
Kolmivaiheruokinta, fytaasi, rehujen valinta	-	51	-
Pelto			
Karjanlannan prosessointi	19 063	86	7,48
Emakkosikatilat			
Eläimet			
kaksivaiheruokinta	234	2	4,71
Kaksivaiheinen ruokinta, alhaisempi varmuusvara	4 389	15	14,13
Kaksivaiheinen ruokinta, fytaasi	-	37	-
Kaksivaiheinen ruokinta, fytaasi, rehujen valinta	-	49	-
Pelto			
Karjanlannan prosessointi	15 227	86	8,6

3 Yksittäisten menetelmien ja tekniikoiden kustannuslaskelmat

3.1 Ruokinnan muuttaminen

Jordbruksverket (1997) asettaa tavoitteeksi, että typpihyötysuhteen eli tuotteissa hyödynnetyn typen (maito, eläimen lisäkasvu ja vasikka) suhde eläimelle syötettyyn tyyppiin tulisi nousta 30%:tiin. Markkinoilla on saatavilla lihasikojen ruokintaan tarkoitettuja matalavalkuaisrehuja, joissa raakavalkuaista on täydennetty synteettisillä aminohapoilla. Mikäli proteiinitasot lasketaan normien mukaisiksi, alenee lannan ja virtsan typpipitoisuus 20 %. Rehun proteiinitason nousu on tapahtunut vuosina 1990 – 1995. Lypsylehmien osalta ei ole onnistuttu selvittämään ruokinnan muuttamisen aiheuttamia kustannuksia, mutta ne arvioidaan melko pieniksi. Lihasioilla matalavalkuaisrehujen käytöstä aiheutuva lisäkustannus johtuu ensi sijassa synteettisten aminohappojen ja perinteisten valkuaislähteiden, etenkin soijan hintasuhteesta. Jordbruksverketin (1997) lähteiden mukaan ruokinnan muuttamisen lisäkustannus keväällä 1997 on 0,32 € /lihasika/vuosi ja lisäkustannus eläinpaikkaa kohti on 0,80 €/vuosi.

3.2 Kuivalannan tuulettaminen ja kuivaaminen sekä lietteen tuulettaminen, huuhteleminen, jäädytys ja poistoilman puhdistaminen

Smith ym. (2001) ovat kehittäneet siipikarjanlannan tuuletusjärjestelmän, jonka avulla kuivataan lantakerrosta pienten puhaltimien avulla. Ilma ohjataan lantakerroksen alapuolelle rei'itetystä muoviputkesta. Lannan lämpötila pidetään alhaisena, jotta se ei ala kompostoitua. Tutkimuksen mukaan lannan kuivaaminen maksoi 5,9 € karjanlantatonna kohti, kun energianlähteenä käytettiin yösähköä. Tutkijoiden mukaan lannan typen käyttökelpoisuuden paraneminen kattaa osan tuuletuskustannuksista. Käsittelyn havaittiin vähentävän myös lannan hajua. 190 vuorokauden kuivauksen jälkeen lannan pahanhajuisuus väheni 25 % ja hajun voimakkuus väheni 20 %.

Jungbluth & Büscher (1996) ovat määrittäneet ammoniakkipäästöjen vähentämismenetelmien kustannuksia kotieläinsuojassa vähennettyä ammoniakikiloa kohti (taulukko 8).

Taulukko 8. Jungbluthin & Büscherin (1996) mukaan.

Tapa vähentää ammoniakkipäästöjä	Kustannukset €/kg NH ₃
Eläinsuojassa	
Lietteen huuhtelumenetelmä	25,56
Lietteen jäädytys	10,23
Lietekanavan tuuletus	1,02
Poistoilman puhdistaminen biopesurilla	10,23

3.3 Lietteen ilmastus

Karjanlantatutkimusohjelmassa määritettiin (Sipilä & Pehkonen 1998) lietalannan ilmastuksen vuotuiskestävyydeksi 1,18 – 1,51 €/lietekuutio tilakoosta riippuen. Vuotuiskestävyys sisältää käyttökustannukset, kuten ilmastuksen sähkönkulutuksesta ja typpihävikin korvauksesta aiheutuvat kustannukset.

Haataja on määrittänyt lietteen ilmastuksen vuotuiskestävyydet luomumaitotilamalleille, joissa oli edustettuna sekä parsinavetta että pihatto. Kustannukset olivat samaa suuruusluokkaa molemmissa navettatyypeissä. 32 lehmän lämpimässä pihatossa sekoituksen ja ilmastuksen vuotuiskestävyydet kymmenen vuoden poistoajalla oli n. 22 €/ny ja vuotuisen sähkönkulutus oli n.14 €/ny (taulukko 9). (Haataja 1998)

Taulukko 9. Lietteiden ilmastoinnin kustannukset kahdessa luomumaitotilamallissa. (Haataja 1998)

Lypsylehmiä, kpl	16		32	
	Lietelantaa, m ³ /v		Lietelantaa, m ³ /v	
	419		777	
Vuotuiskestävyydet (poisto-aika, vuotta)	parsinavetta, €/v	€/ny	lämmin pihatto, €/v	€/ny
Sekoitus- ja ilmastuslaitteet (10 v.)	468,6	24,7	831,0	21,9
Ilmastuksen sähkönkulutus 10 kWh/m ³	280,5	14,8	520,7	13,6

3.4 Lantavaraston kattaminen

MMM-RMO E2 (2000) rakennuskustannusohjeissa määritellään ohjekustannuksia lantavarastojen kattamisesta. Kustannukset on ilmoitettu katettua neliometriä kohti, ilman arvonnalisäveroa. Ohjekustannusten mukaan kelluva katevaihtoehto on huokein, 16,8 €/m² kohti ja kallein on kiinteä betonikansi, 40,4 €/m² (taulukko 10). Lietelantalan kiinteä vesikate maksaa 30,3 €/m² ja kuivalantalan vesikattorakenne 55,5 €/m².

Taulukko 10. Ohjekustannustietoja lantavaraston kattamisesta (MMM-RMO E2, 2000).

Lantavarasto	Yksikkö	Ohjekust. € /yks
Lietelantalan vesikate, kiinteä	m ²	30,3
Liete/virtsasäiliön kelluva kate	m ²	16,8
Kuivalantalan vesikattorakenne	m ²	55,5
Virtsasäiliön betonikansi	m ²	40,4

Malgeryd & Karlsson (1996) ovat määrittäneet lietesäiliön kattamisen aiheuttaman ammoniakkipäästön vähenemän ja kustannukset säästettyä typpikiloa kohti (taulukko 11). Esimerkki on laskettu 60 lypsylehmän tilalle, jonka tuottama lietemäärä kahdeksan kuukauden sisäruokintakauden aikana on 460 m³. Eritetystä tyypestä oletetaan 50 – 75 % tulevan lietesäiliöön. Kustannukset on laskettu 500 m³ säiliölle (taulukko 11).

Taulukko 11. Eri katevaihtoehtojen kustannukset Malgerydin & Karlssonin (1996) mukaan.

Katemateriaali	Ammoniakkipäästön vähenemä %	Investointi, SKr	Kustannus €/säästetty typpikilo
Betonikansi	95	116 000	1,28 – 1,87 €
Muovikate	90	100 000	1,49 – 2,13 €
Siirrettävä muovikate	90	36 000	0,59 – 0,85 €
Lecakuulat (10 cm)	70	11 000	0,59 – 0,91 €
Rapsiöljy (0,5 cm)	80	3 600	1,81 – 2,61 €
Lannoitesäkit	100	(kate ja säiliö muodostavat yhden kokonaisuuden)	

Taulukko 12. Eri katevaihtoehtojen kustannukset Karlssonin ym. (1997) mukaan.

Katevaihtoehto	Ammoniakkipäästön vähennemä	Investointi, Skr	Kustannukset €/ säästetty typpikilo	
			Sika	Nauta ¹
Betonikansi	95	210 000	3,36 €	6,56 €
Muovikate	90	180 000	3,79 €	7,41 €
Siirrettävä muovikate	90	60 000	1,39 €	2,67 €
Lecakuulat (10 cm)	70	19 500	1,60 €	ei sovellu
Rapsiöljy (0,5 cm)	80	6 600	4,37 €	ei sovellu
Luontainen kuorettuma	65	-	0,48 €	0,96 €

¹ vähäinen tai ei yhtään luontaista kuorettumaa. Usein naudat lantaan tulee luontainen kate

Taulukossa 12 on määritetty Karlsson ym. (1997) mukaan ammoniakkipäästön vähennemä, investoinnit ja keskimääräiset kustannukset säästettyä typpikiloa kohti muutamissa erilaisissa lietelantalan kattamisvaihtoehdoissa. Esimerkki koskee maatilaa, jolla on 900 m³ lietesäiliö, joka vastaa 60 lypsylehmän tai 580 lihasian tarvetta. Molemmissa on 8 kk:n varastointivaatimus.

Gronauer & Schattner (2001) ovat laskeneet lietesäiliön kattamisen vuotuiset kustannukset 500 lietelantakiloa kohti (taulukko 13). He ovat määrittäneet myös ammoniakkipäästön määrän sekä kattamattomassa että erilaisilla materiaaleilla katetuissa säiliöissä.

Taulukko 13. Päästöjen vähentämisen tehokkuus erilaisia katteita käyttämällä ja vastaavat kustannukset, jotka on laskettu 500 kilon lietemäärää kohti. (Gronauer & Schattner 2001)

Varasto ja kate	Ammoniakkipäästö prosentteina typen erityksestä, naudat	Ammoniakkipäästö prosentteina typen erityksestä, siat	Kustannukset, € 500 kg liete-lantaa/vuosi
Avoin laguuni	15	25	0
Avoin varastosäiliö	8	15	0
Suljettu kate, materiaalina betoni, muovi, telta	0,8	1,5	10 – 15
Olkipeite	1,8	3	2,5
Rakeistettu perliitti	1,2	2,3	5
Kelluva vinyylipeite	1,2	2,3	7,5

Jacobsen (2001) on määrittänyt lietesäiliön kattamisesta aiheutuvia kustannuksia neliometriä kohti siten, että laskelmassa on otettu huomioon kattamisen aikaansaamat säästöt (taulukko 14). Säästöjä aiheuttavat lietteen kohonnut lannoitusarvo sekä laskevat kuljetus- ja levityskustannukset, koska sadevettä ei tarvitse enää kuljettaa pellolle. Lietesäiliön kattaminen keveillä katteilla, kuten oljella ja kelluvalla katteella aikaansaavat miinusmerkkisen kustannusvaikutuksen, sillä kattamisen avulla aikaansaadut säästöt ovat suuremmat kuin siitä aiheutuneet kustannukset. Lietesäiliön koko on 2 000 m³ ja pinta-ala 500 m².

Taulukko 14. Lietesäiliön kattamisen kustannukset Jacobsen (2001)

Tekniikka	Investointi	Kesto	Hinta kuutiota kohti	Vähennetyt kustannukset	Nettokustannus
	DKK/kuutio	Vuodet	DKK/m ² /vuosi	DKK/m ² /vuosi	€/m ² /vuosi
Oiki	3	1	3	10	-0,92
Kelluva kansi	110	10	15	22	-0,92
Teltha	340	10	44	22	2,9
Betonikansi	600	20	52	22	3,96

Scotfordin ja Williamsin (2001) tutkimuksessa selvitettiin 525 neliön kokoisen sianlietesäiliön peittämisen käytäntöä ja kustannuksia (taulukko 15). Säiliö peitettiin 0,5 mm paksuisella, vahvistetulla, ultraviolettivakautetulla, mustalla, läpinäkymättömällä polyeteenikalvolla. Käytännön toteutuksessa oli ongelmia. Lietesäiliön peittämiskustannukset olivat kokonaisuudessaan 8 400 puntaa, joka vastaa 25,49 € / peitetty neliömetri. Kelluva muovikalvo esti miltei 100 % ammoniakkipäästöistä. Jos peittämisen taloudellisuutta verrataan sen avulla saavutettuihin säästöihin, kestäisi tutkijoiden laskelman mukaan 18 vuotta, jotta säästöt typpilannoituksessa ja lietteen levityskustannuksissa kattaisivat peittämisen kustannukset.

Taulukko 15. Lietesäiliön peittokustannusten jakautuminen. (Scotford & Williams 2001)

	Kustannukset peitettyä lietesäiliön pintaneliötä kohti, peitetty ala kokonaisuudessaan 525 m ² , €/m ²
Peittämiskustannukset kokonaisuudessaan £ 8 400	25,49
Katemateriaali, yht. £ 5 175	15,69
Polystyreenikellukkeet ja köydet, yht. £ 535	1,59
Hiekkasäkit, yht. £ 500	1,51
Työ, yht. £ 2 190	6,69

Jungbluth & Büscher (1996) ovat määrittäneet lietesäiliön kelluvan katteen arvoksi 2,56 € vähennettyä NH₃ kiloa kohti.

Kapuinen ja Karhunen (1996) ovat selvittäneet lietesäiliön päälle levitettävän kelluvan katteen, polystyreenirakeiden eli EPS-rakeen ja EPS-rouheen toimivuutta ja kustannuksia. Katekerroksen paksuus oli keskimäärin noin 10 cm. Polystyreenirakeet oli helppo asentaa, mutta kokeessa testatun kevytsorakeen asennuskustannus oli huomattavasti suurempi, koska katemateriaalin asentamiseen tarvittiin paineilmatyhjennyslaitteella varustettu ajoneuvo.

Polystyreeniraekate maksoi noin 310 mk/m³, jolloin kolmen metrin syvyiseen lietesäiliöön 10 cm paksuiseksi kerrokseksi levitettynä kate maksoi 9,3 mk/m³ varastotilavuutta kohti. Vuotuiseksi katekustannukseksi muodostui 93 p/m³ varastotilavuutta kohti, kun vuotuis-kustannukseksi lasketaan 10 % hankintahinnasta. Lietesäiliön kattaminen lisää lisäänty-

neen sadeveden kertymän takia tarvittavaa säiliön korkeutta noin 17 cm:llä, jolloin varastotilan terve lisääntyy 5,7 %, jos varastointiaika on yksi vuosi ja lietesäiliön syvyys on 3 m. Lisäkustannus lantakuutiota kohti on 68 p, kun varastointikustannuksena on 12 mk/m³. (Kapuinen & Karhunen 1996)

Liukoisen ammoniumtyypen pitoisuudet laskevat sadeveden aiheuttaman laimenemisen takia noin 0,1 g/kg eli 4,1%. Myös muiden ravinteiden osalta lannan arvo alenee laimenemisen takia noin 4 %. Kattamisen avulla säästetään liukoista typpeä 3 – 4 % eli 0,1 kg alkuperäistä lantatonnia kohti, eli 30 p/tn. Saavutettu ravinnesäästö kattaa noin kolmanneksen katekustannuksista. (Kapuinen & Karhunen 1996)

Grönroosin (1993) laskelmien mukaan edullisimmaksi lietesäiliön kattamisvaihtoehdoksi osoittautui telttamainen kate. Toiseksi paras katemateriaali oli kelluva muovikalvo ja kolmantena oli pelkän muovikalvon käyttäminen. Muut menetelmät edullisuusjärjestyksessä olivat olkikate, turvekate, Styrox-levykate, Leca-sorakate, rypsiöljykate ja betonikansi. Toisaalta kattamatta jättäminen oli useimmissa tapauksissa kolmanneksi tai neljänneksi edullisinta, kun levityksen yhteydessä käytetään ammoniakkin haihtumista estäviä menetelmiä. Kustannuksia on laskettu 20 lypsylehmän ja 10 hiehon, 200 ja 300 lihotussian sekä 3000 munituskanan häkkikanalan tuotantoyksiköille.

3.5 Lietteen levitys

Haatajan ja Mattilan (1997) tutkimuksessa päästöjen vähentämisen kustannuksia määritettiin lietelannan levityskokeessa, jossa ensimmäisen säilörehunkorjuun jälkeen nurmisängelle levitettiin naudatietelantaa.

Laskentaperusteet typpipäästöjen vähentämiskustannuksista, kun käytössä oli multainlaite:

- 7-8 –vantaisten sijoituslaitteiston hankintahinta 18 000 mk (alv 0%)
- laitteen kesto aika 10 vuotta
- laskentakorkokanta 5 %
- poistokustannus määritettiin tasasuuruusina erinä käyttövuosille
- korjaus- ja kunnossapitokustannus 3 % laitteen jälleenhankinta-arvosta

Multainlaitteesta aiheutuneet kustannukset ovat 2790 mk/vuosi. Sijoituslevityksessä työmenekki on suurempi kuin hajalevityksessä. Työtehoseuran mittauksissa työnormi on 1,52 min/lietekuutio heinänurmeen sijoituksessa ja 0,50 min/m³ hajalevityksessä. Työtunnin hintana oli esimerkiksi 40 mk/h ja traktorityöntunti 55 mk/h. Mikäli levitysmäärä hehtaaria kohti on 40 kuutiota, työkustannus lisääntyy hajalevitykseen verrattuna 65 mk/ha. Jokioisten kokeessa ammoniakkihävikkien vähentämiskustannus eli lietteen sijoittamisesta aiheutuva lisäkustannus lietteen hajalevitykseen verrattuna oli yhteensä 1,16 – 2,19 euroa/typpikilo. Ruukin kokeessa vastaava lukema oli 0,5 – 0,84 euroa/typpikilo (Haataja ja Mattila (1997)).

Vähentämiskustannuksiin vaikuttaa muun muassa kuinka monelle hehtaarille multainlaitetta käytetään, eli kuinka monelle hehtaarille vuotuiset kustannukset jakaantuvat. Säästävän tyyppien määrään vaikuttavat sää ja nurmikasvuston ja maaperän ominaisuudet. Enimmillään tyyppiä säästetään, jos lietettä sijoitetaan nurmeen kesällä lämpimällä säällä.

Sipilän ja Pehkosen (1998) karjanlantatutkimuksessa laskettiin lietalannan levityksen kustannuksia hajalevitykseen verrattuna. Multainlaitteen ja lisääntyneen työmenekin lisäkustannus oli 3-5 mk ja letkulevityksen lisäkustannus oli 3 – 6 mk lietekuutiota kohti.

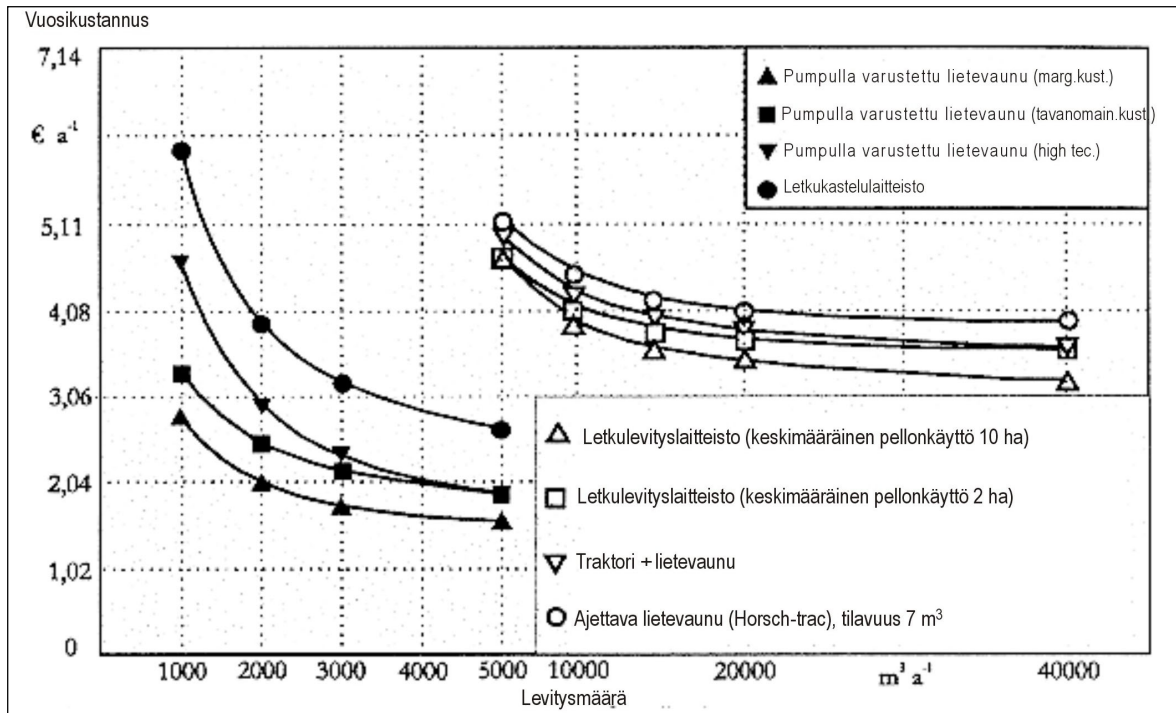
Jacobsen (2001) on laatinut taloudellisen vertailun erilaisten levityskalustojen käytöstä, kun sianlietettä levitetään syysvehnälle ja kevätohralle. Laskelmassa on käytetty seuraavia lannoitteiden hintoja, jotka on määritetty keinolannoitteiden hinnoista: N 4, P 6,75 ja K 2,5 DKK/kg. Laskelman mukaan (taulukko 16) letkulevitys on taloudellisin levitystekniikka syysvehnän viljelyssä, joskin hajalevityksen taloudellisuus on samaa luokkaa. Mahdollisesti lietteen sijoitus on taloudellisempaa, mutta menetelmä voi vaurioittaa kasvustoa ja alentaa siten satotasoa. Toisaalta sijoittaminen voi parantaa sadon valkuaispitoisuutta. Kevätohran taloudellisimmaksi levitystavaksi osoittautui letkulevitys. Toiseksi viimeisellä rivillä on laskettu mukaan lannoitteen parempi hyötysuhde ja viimeisellä rivillä on laskettu hyötysuhde letkulevityksen mukaan, jolloin sato/tuotto nousee noin 5 kg/ha. Tällöin sijoitus on taloudellisin levitystapa. Sijoitusta ei kuitenkaan suositella talvehtiville kasvustoille, koska se turmelee kasvustoa. Sijoituslaitteen hankinta yksittäisille tiloille on harvoin kannattavaa.

Taulukko 16. Erilaisten sianlietteen levitystekniikkojen tuottovaikutus ja kustannukset syysvehnällä ja kevätvehnällä. (Jacobsen 2001)

Sato	Tekniikka	Aika	Lannan hyötysuhde %	Levityksen tehokkuus DKK/t	Lannan arvo DKK/t	Tuotto vaikutus DKK/t	Nettotulot DKK/t
Syysvehnä	Hajalevitys	kevät	50	8	30,1	0	22,1
Syysvehnä	Letkulevitin	"	60	10	32,5	0	22,5
Syysvehnä	Sijoitus	"	75	15	36,0	0	21
Kevätohra	Hajalevitys	"	55	8	31,3	0	23,3
Kevätohra	Letkulevitys	"	65	10	33,6	0	23,6
Kevätohra, ennen kylvöä	Sijoitus	"	70	15	34,8	0	19,8
Kevätohra, ennen kylvöä	Sijoitus	"	(65)	15	33,6	16	33,6

Jungbluth & Büscherin (1996) laskelmassa on määritetty lietteen levityksen kustannukseksi 10 DM/vähennetty ammoniakikilo, kun letkulevitin on varustettu laahuksella (schlepp).

Gronauerin ja Schattnerin (2001) mukaan lietalannan levitystapojen kustannukset vaihtelevat järjestelyjen (kapasiteetin hyödyntämistä, vuosittainen levitysmäärä), kuljetuksen, levitystekniikan, (kausittainen, jatkuva) ja olemassa olevien olosuhdetekijöiden mukaan (kuljetusetäisyys, koko ja peltojen muoto) (kuva 3). Laskelmien mukaan lietteenlevityksen kustannukset voivat vaihdella 1,28 – 9,7 €/m³.



Kuva 3. Lietteenlevityksen kustannukset eri tekniikkojen avulla ja erisuuruisilla levitysmäärillä. (Gronauer ja Schattner 2001)

Pahlin ym. (2001) tutkimuksesta ilmenee, että lietteen matala multa 50 – 70 mm syvyyteen kasvavalle syysvehnälle ei aiheuttanut sadonalennusta eikä muutoksia sadon laadussa. Sensijaan haju- ja ammoniakkipäästöt alenivat, typpi- ja ammoniakkihuhkouma-arvot eivät muuttuneet. Lietteen matala multaaminen 50 – 70 mm syvyyteen aiheutti yhtä suuret kustannukset muihin päästöjä vähentäviin menetelmiin verrattuna.

McGehan ja Wu (1998) ovat verranneet lietelannan sijoittamisen laitekustannuksia ja säävutettuja säästöjä lannoitekustannuksissa. Vain pieni osa sijoittamisen lisäkustannuksista voidaan kattaa vähenevillä lannoitekustannuksilla. Lietelannan käyttö nurmen lannoituksessa on edullisempaa kuin kevätohran lannoituksessa (taulukot 17 ja 18).

Taulukko 17. Välineiden ja lannoitteiden kustannukset (McGehan ja Wu 1998)

	Pääoma- kustannukset £	Vuotuiset kustannukset £	Kustannukset tun- nissa £ ja korjaus £	Polttoainekustannus tunnissa £
Traktori, 60 kW, takaveto	25 000	4 330	4,33	2,89
Traktori, 90 kW, neliveto	50 000	7 350	9,80	4,33
Lietevaunu, 7m ³ lautaslevitin	5800	841		
Lietevaunu, 7m ³ multauslaite	11 000	1 740		
Varasto, 1700 m ³	27 000	1 376		
Varasto 500 m ³	10 700	545		
Lannoitteiden hinnat, £/kg	N	0,42		
	K	0,23		
	P	0,41		

Laskentaperusteet:

- vuosi- tai tuntikustannus on laskettu käyttäen veroprosenttia 25 %
- lainauskorkokanta 8 %
- sijoituskorkokanta 5 %
- inflaatioprosentti 3 %

Kustannukset riippuvat pitkälti lainakorkokannan ja inflaatioprosentin erosta. Traktorien vuosikäyttöä arvioitiin 1 000 tuntia, traktorien polttoaineen hinnaksi arvioitiin 0,14 £ ja kulutukseksi 0,344 l/kWh. Lietteen kuljetusmatka pellolle oli 500 m, jos lietettä levitettiin vain keväällä, tai neljä levityskertaa kasvukauden aikana eri alueille. Toinen oletus oli neljä levityskertaa samalle alueelle, 250 m etäisyydelle. Tällöin vähennettiin pienempi ajanmenekki kuljetuksesta varastolta pellolle. (McGehan ja Wu 1998)

Taulukko 18. Työn määrä, kustannukset ja edut (vähentyneet lannoitustarve) eri levitystavoissa ja varaston kokovaihtoehdoissa (McGehan ja Wu 1998)

	1	2	3	4	5	6
Varaston koko	iso	iso	pieni	pieni	pieni	pieni
Levityskertojen määrä	1	1	1	1	4	4
Levitysmenetelmä	lautaslevi- tin= splash	multaus	lautas- levitin	multaus	lautas- levitin	multaus
Työsaavutus, ha/h	0,31	0,28	0,31	0,28	0,38	0,32
Käytetty työaika h	98,4	109	98,4	108	80,3	95,3
Kokonais-kustannukset, £/vuosi	710	1 540	710	1 540	580	1 350
Vuosittaiset lietevaunun kustannukset £	841	1 740	841	1 740	841	1 740
Vuosittaiset varas- tointikustannukset £	1 380	1 380	545	545	545	545
Vuosittaiset kustannuk- set £/vuosi	2 930	4 650	2 100	3 820	1 970	3 630
Lanoitteiden arvo, £ N viljelykelpoinen maa	635	817	350	449	320	320
P	625	625	625	625	156	156
K	351	351	351	351	88	88
Yhteensä	1 610	1 790	1 330	1 425	564	564
N, nurmelle	381	490	210	270	210	270
P	1 010	1 010	1 010	1 010	360	360
K	1 060	1 060	1 060	1 060	351	351
Yhteensä	2 440	2 550	2 270	2 330	920	980

Lietteen multaamisesta aiheutuu runsaasti lisäkustannuksia, noin 1700 £ vuodessa verrattuna lautaslevittimen käyttöön. Vain pieni osa lisäkustannuksesta (3-10%) voidaan kattaa vähennettyinä lannoitekustannuksina.

Lorenz & Steffens (1996) ovat laskeneet lietteenlevityksen kustannuksia, kun levitysvaunun koko oli 6 m³. Laskelmassa käytettiin seuraavia lähtötietoja:

- korko 4%
- poisto koneen käytön mukaan (30 000 m³ koneen käyttöiän aikana, vähintään 15 vuotta)
- muuttuvat kustannukset
 - hajalevitin 0,50 DM/m³
 - letkulevitin 1,00 DM/m³
 - sijoituslaite 1,50 DM/m³
- traktori ja ajaja, pellon etäisyys kolme kilometriä
 - hajalevitin 3,33 DM/m³ (traktori 50 kW)
 - letkulevitin 3,77 DM/m³ (traktori 50 kW)
 - viiltosijoitin 5,33 DM/m³ (traktori 70 kW)

Taulukko 19. Erilaisten levitysmenetelmien ja varaston kokovaihtoehtojen kustannusten ja etujen vertailu (vähentynyt lannoitteiden tarve) (McGehan ja Wu 1998)

Vertailu edellisen taulukon sarakkeisiin	2-1	4-3	6-5	1-3	2-4	3-5	4-6	1-5	2-6
Kokonaiskustannukset £/vuosi	830	830	770	0	0	130	190	130	190
Vuosittaiset kustannukset lietevaunusta, £	899	899	899	0	0	0	0	0	0
Kokonaiskustannukset £/y	1720	1720	1660	830	830	130	190	960	1 020
Lannoitteiden arvo, £ N viljanviljelyssä	182	99	0	285	368	30	129	315	497
P	0	0	0	0	0	469	469	469	469
K	0	0	0	0	0	263	263	263	263
Yhteensä	180	95	0	280	365	766	861	1 056	1 226
N nurmelle	109	60	60	171	220	0	0	171	220
P	0	0	0	0	0	650	650	650	650
K	0	0	0	0	0	709	709	709	709
Yhteensä	110	60	60	170	220	1 350	1 350	1 520	1 570
Edut, % viljanviljelyssä	10,4	5,5	0	34,7	43,9	589	453	110	120
Lisäkustannukset, nurmen viljely	6,4	3,5	3,6	20,5	26,5	1 040	711	158	154

Taulukko 20. Lietteenlevityksen kustannukset (Lorenz & Steffens 1996)

1 DEM = 3,040003 FIM

	Hajalevitin	Letkulevitin	Viiltosijoitin
Hankintakustannus	25 000 DM	50 000 DM	60 000 DM
Työsaavutus	12 m ³ /h	10,6 m ³ /h	9m ³ /h
Työleveys	12m	6m	4m
Levitysmäärä vuodessa			
500 m ³	4,65 €	7,87 €	10,02 €
1 000 m ³	3,27 €	5,16 €	6,75 €
2 000 m ³	2,66 €	3,78 €	5,11 €
4 000 m ³	2,51 €	3,53 €	4,81 €
6 000 m ³	2,45 €	3,48 €	4,7 €

Malgerydin ja Karlssonin (1996) on määrittänyt ammoniakkipäästön vähentämisen hajalevitykseen verrattuna, kun päästöjä vähentävänä menetelmänä on letkulevitys tai sijoittaminen. Esimerkki on laskettu 60 lypsylehmälle, kun sisäruokintakauden (8 kuukautta) aikana tuotetaan 460 m³ virtsaa ja 400 tonnia kiinteää lantaa.

Taulukko 21. Lietteenlevityksen kustannukset ja hyödyt (Lorenz & Steffens 1996)

Levitysmäärä vuodessa	Yhteenlasketut kustannukset vuodessa	Yhteenlasketut hyödyt vuodessa	Taloudellinen tehokkuus vuotta kohti €
Letkulevitys hajalevitykseen verrattuna			
500 m ³	3 100 DM	2 000	- 562,42 €
1 000 m ³	3 600	4 000	204,52 €
2 000 m ³	4 550	8 000	1 763,96 €
4 000 m ³	8 100	16 000	4 039,21 €
6 000 m ³	11 650	24 000	6 314,45 €
Viiltosijoitinlaite hajalevitykseen verrattuna			
500 m ³	5 200	1 900	- 1 687,26 €
1 000 m ³	6 700	3 800	-1 482,75 €
2 000 m ³	9 700	7 600	-1 073,71 €
4 000 m ³	18 100	15 200	-1 482,75 €
6 000 m ³	26 400	21 800	1 840,65 €

Taulukko 22. Ammoniakkipäästön vähenemä ja kustannukset vuodessa, kun hajalevityksestä siirytään lietteen letkulevitykseen. (Malgerydin ja Karlssonin 1996)

	Ammoniakkipäästön vähenemä %				Kustannukset 460 m ³ virtsan ja 400 tonnin kiinteän lannan levityksessä vuotta kohti, €	
	Mullos	Kasvava viljakasvusto	Nurmi	Investointikustannus Skr	Naudanlietelanta	Sianlietelanta
Nopea multaus	80	-	-	0 ¹	0 ²	0 ²
Letkulevitys, släpslang	0	50	20	100 000	6,4 - 16	n. 5,87 ³
Letkulevitys, släpfot	98	95	40	150 000	6,93 – 17,06	noin 6,4 ³
Sijoittaminen	98	95	80	200 000	4,8-22,39	8,53-9,06
Kastelu levityksen jälkeen	-	70	-	0 ¹	0 ²	0 ²

¹ edellytetään, että tarvittavat laitteet ovat jo tilalla

² edellytetään, että maanmuokkausta vaativa kastelu toteutetaan

³ edellytetään, että sianlietelantaa ei levitetä nurmelle

3.6 Lannan teollinen prosessointi

Hjort-Gregersenin (2001) mukaan Tanskassa on tällä hetkellä toiminnassa 20 mädätyslaitosta, jotka käsittelevät lähinnä viljelijöiden laitokselle kuljettamaa lietettä. Lisäksi voidaan käsitellä elintarviketeollisuuden orgaanisia jätteitä sekä kotitalousjätteitä. Biomassa käsitellään hapettomassa mädätyksessä. Viljelijät kuljettavat käsitellyn lannan takaisin tilalle ja käyttävät sitä lannoitteena. Muutamat laitokset separoivat lannan. Lannan jalostaminen biokaasuksi on suunnitteilla. Käsitely parantaa lannan ravinteiden hyväksikäyttöä. Lannan viskositeetti alenee, jolloin sitä on helpompi levittää letkulevitinkalustolla tai multauslaitteella. Myös tauteja aiheuttavat mikrobit ja hajuhaitat vähenevät.

Hjort-Gregersen (2001) arvioi laskelmassaan, että lietteen käsittelystä saavutettava hyöty on keskimäärin 0,66 € biokaasulaitokselle tuotua lietekuutiota kohti. Laitosten taloudellisuutta on lisännyt viimeaikainen energian hinnannousu. Viljelijät säästävät lietteen varastointikustannuksissa ja käsitellyn lannan käyttökelpoisuus lannoitteena paranee. Saavutettu taloudellinen hyöty riippuu kuitenkin tilan olosuhteista.

Sipilän ja Pehkosen (1998) mukaan lietalannan separoinnin kustannukset olivat 1,85-3,70 € lietekuutiota kohti. Laskelmassa separointilaitteen kustannuksia kompensoi lietalannan varastointitarpeen väheneminen, mutta kustannuksia lisäsivät kiinteän lannan varastotilan kustannukset ja levitykseen tarvittavan kaluston kustannukset.

Gronauerin ja Schattnerin (2001) mukaan hyvissä olosuhteissa yli 30 % karjanlannan ravinteista kyetään erottelemaan ja samalla lannan määrä vähenee jopa 30 %. Nautakarjan lannan käsittelyssä energiantarve vaihtelee välillä 0,10 kW/m³ – 2,2 kWh/m³ ja sianlannan käsittelyssä 0,06 kWh/m³ – 0,40 kWh/m³. Kustannukset vaihtelevat välillä 1,02 – 2,05 €/lietekuutio vaihdellen varusteiden ja kapasiteetin mukaan. Investoinnin kannattavuus edellyttää yli 50 000 – 150 000 kg lietelannan tuotantokapasiteettia. Hapettoman kompostoinnin investointikustannukset vaihtelevat välillä 153 – 256 € kompostorin kapasiteetti-kuutioita kohti.

3.7 Säilörehun puristeneste

Bergin (1994) mukaan pyöröpaalien varastointialueelle tulisi järjestää puristenesteen keräily riittävän suureen varastosäiliöön, jotta sitä ei pääsisi tihkumaan maahan. Esikuivatun rehun kuiva-ainepitoisuus on 18 – 30 % ja korjuukustannukset alenevat 20 %. Myös käsiteltävän massan määrä vähenee ja paaleihin sisältyy enemmän rehua. Jos pyöröpaaleille rakennetaan pysyvä varastointialue, lisääntyvät kustannukset 0,07 – 0,19 €/ry (Berg 1994). Higginsin & Johnstonin (1988) määrittämät säilörehun varastointia varten tehdyn varastoalueen kustannukset neliometriä kohti selviävät taulukosta 23.

Weddell ym. (1988) ovat kehittäneet menetelmän säilörehun puristenesteen keräilyä, varastointia ja ruokintakäyttöä varten. Puristeneste ohjataan säilörehusiilosta keräilykanavien kautta säiliöön. Sähköllä toimiva pumppu kuljettaa puristenesteen maanpinnan yläpuolella olevaan tankkiin ja sieltä edelleen karjasuojaan. Puristenesteeseen lisätään formaliinia 3 l / 1 000 litraa puristenestettä. Menetelmän kustannuslaskennassa on otettu huomioon vuotuiset kustannukset keräämisestä, varastoinnista ja käytöstä ruokinnassa sekä myös puristenesteen arvo lannoitteena, josta on vähennetty levityskustannukset. Tällöin puristenesteen käsittelyn kustannukseksi jää 1,15 €/ 1000 l kohti.

Taulukko 23. Säilörehun varastointia varten tehdyn varastoalueen kustannukset (Higgins ja Johnston 1988)

	Ala (m ²)	Kustannukset (€/m ²)
Päällyste varastoalueelle	300	9,55
	500	8,91
Uusi varastoalue	300	16,55
	500	14,88

Nordangin (1989) mukaan puristenesteen bruttoarvo ruokinnassa on 19,10 €/m³ ja lannoitteena 2,23 €/m³. Halvin vaihtoehto on käyttää puristeneste lannoitteena ja pumpata se lannoitesäiliöön. Vuotuinen lisäkustannus vaihtelee 1825 – 7100 Kr, jos puristeneste varastoidaan ja käytetään rehuna.

3.8 Maitohuoneiden jätevedet

Jos maitohuoneen jätevedet päätetään ohjata liete- tai virtsasäiliöön, tulee säiliön koon olla noin 150 – 200 m³ suurempi, jotta vedet mahtuvat säiliöön. Esimerkiksi 25 lypsylehmän

lietelantaa ja jätevesiä varten tarvitaan tilavuudeltaan noin 900 m³ säiliö. (Kallio & Santala 2002)

Juurakkopuhdistamon investointikustannukset ovat noin 20 000 mk ja siitä ylöspäin. Summa sisältää saostuskaivot, tiivistyskalvo (2 000 – 3 000 markkaa), taimet (noin 10 mk/kpl) ja maansiirtotyöt. Kustannuksissa voi kuitenkin esiintyä huomattavaakin vaihtelua. (Helminen ym.1998)

Maasuodatin on maahan kaivettu hiekkapuhdistamo, joka poistaa hyvin kiintoainetta, orgaanista ainetta ja bakteereja. Ongelmana on puhdistustehokkuuden aleneminen puhdistamon vanhetessa. Uutena maapuhdistamo voi poistaa fosforista jopa 90 %, mutta kymmenen vuoden kuluttua enää 25 %. Typhen vähenemä on maasuodattimessa vähäistä. (Santala 1990) Kallion ja Santalan (2002) mukaan maasuodattimen rakennuskustannukset ovat tyypillisesti 5 000 eurosta ylöspäin. Helminen ym. (1998) mukaan asumajätevesiä varten rakennettu maasuodatin tulee maksamaan noin 20 000 markkaa, joka sisältää keskimääräiset asennus- ja maansiirtokustannukset, saostuskaivot ja 25 metriä viemäriä. Jos suodattimeen ohjataan lisäksi maitohuoneen jätevedet, kohoavat kustannukset tarvittavien lisätarvikkeiden ja työn verran. Tehostettu fosforinpoisto suodattimeen maksaa noin 10 000 markkaa. Käyttökuluja aiheuttaa saostuskaivon tyhjennykset. Länsi-Suomen ympäristökeskus on laatinut esitteen jätevesien käsittelyvaihtoehdoista haja-asutusalueella, jonka mukaan maasuodattimen kustannuksiksi arvioidaan ilman saostuskaivoja n. 15 000 – 19 000 markkaa ja saostuskaivot mukaan lukien noin 20 000 – 24 000 markkaa. Hinnat sisältävät asennuskustannukset, joita voidaan oman työpanoksen avulla pienentää. (Jätevesien käsittelyvaihtoehtoja haja-asutusalueella 1999)

Kallio & Santalan (2002) mukaan MTT ja Kemira kehittävät jätevesien puhdistamiseen menetelmää, jossa jäteveden sisältämät fosfaatit ja maidon valkuainen saostetaan ferrisulfaateilla, jonka jälkeen liete pumpataan virtsakaivoon. Käyttökustannukset ovat noin 510 euroa vuodessa.

Aktiivilietelaitoksen investointikustannukset ovat noin 50 000 mk. Suurin menoerä on puhdistamon ja neutralointiyksikön prosessitekniset laitteet (noin 30 000 mk). Vuosittaiset kulut, noin 1000 mk koostuvat kemikaalihankinnoista ja sähköstä. (Helminen ym.1998)

Kivikuitusuodattimen investointikustannukset ovat Helmisen ym. (1998) mukaan laitteesta riippuen n. 10 000 - 25 000 markkaa. Suodattimen vaihto maksaa noin 1 000 – 1 750 markkaa. Vuosittaiset käyttökulut ovat noin 100 – 500 markkaa.

Kivivillasuodattimen kustannukset ilman saostuskaivoja ovat noin 12 000 markkaa, lisäksi asennuskustannukset. Saostuskaivot mukaan lukien kivivillasuodatin tulee maksamaan noin 17 000 markkaa, lisäksi asennuskustannukset. Suodattimien vaihtamisesta aiheutuvat kustannukset ovat noin 750 – 1 500 markkaa/vaihtokerta. (Jätevesien käsittelyvaihtoehtoja haja-asutusalueella 1999)

Taulukko 24. Pohjalan tilan pihattonavetan jätevedenpuhdistamon verolliset kustannukset. (Vilen & Viirret 2001)

Investointi	Kulut (mk)
Tekniset laitteet	39 040
Betonikaivot	17 997
Puhdistamorakennus	6 100
Sähköasennukset	4 792
Maanrakennus ja oma työ	4 529
Tarvikkeet	3 689
YHTEENSÄ	76 147

Hämeen ympäristökeskuksessa (Vilen & Viirret 2001) on kehitetty maataloille soveltuvia puhdistusjärjestelmiä analysoimalla kolmella pilottitilalla jätevesien käsittelyä. Tiloille asennettiin panospuhdistamot, joissa jätevettä käsitellään jaksoittain vaihtelevan ohjelman mukaisesti. Jätevedet ohjataan ensin neutralointikaivoon, jossa jäteveteen lisätään ferrosulfaattia ja toisinaan myös lipeää. Neutralointia ohjataan automaattisesti lypsykoneelta tai tilatankin pesukoneelta tai manuaalisesti. Jätevesi ohjautuu neutraloinnin jälkeen prosessialtaaseen, jossa biologinen eliöstö puhdistaa vuoroin seisotettavaa, vuoroin ilmastettavaa jätevettä.

Pohjalan tilalla on 45 lehmää pihattonavetassa ja jätevesiä syntyy noin 150 litraa vuorokaudessa. Jätevedenpuhdistamon verolliset kustannukset olivat noin 76 000 markkaa, joka sisälsi omaa työtä noin 23 000 markkaa (taulukko 24). Puhdistusjärjestelmät puhdistivat jäteveden siten, että lähtevän veden analysointitulokset alittivat EU-direktiivin vaatimukset muiden muuttujien, paitsi typen osalta. (Vilen & Viirret 2001)

Mikkolan tilalla on 27 lehmää parsinavetassa. Jäteveden laatu osoittautui erittäin haitalliseksi ympäristölle. Jäteveden puhdistusjärjestelmä tuli maksamaan 46 722 markkaa ja sen ylläpitokustannukset koostuvat lähinnä energiakuluista 1 230 markkaa/vuodessa sekä muut kulut noin 2000 mk/vuosi. Kun lähtevän jäteveden pitoisuuksia verrattiin EU-direktiivin vaatimuksiin, täytti puhdistamo luparajat useimpien muuttujien osalta. (Vilen & Viirret 2001)

Suontaan kartanossa on 100 lehmää pihattonavetassa. Jätevettä kertyy noin 1000 litraa vuorokaudessa. Puhdistusjärjestelmä tuli maksamaan noin 80 000 markkaa, energian kulutus 1 500 markkaa ja kemikaaleista kertyi kuluja noin 500 markkaa vuodessa. (Vilen & Viirret 2001)

4 Laskelmien vertailu

Seuraavaan luetteloon on ryhmitelty kotieläintalouden päästöjä vähentävien menetelmien ja tekniikoiden kustannustietoja. Kustakin vähennysmenetelmästä tai -tekniikasta on ilmoitettu laskelman lähde, kustannustiedot sekä lopputuloksena ilmoitetut laskentayksiköt. Esi-selvityksessä löytyi kattavasti kustannuslaskelmia lietesäiliöiden kattamisesta ja lietteen levittämisen kustannuksista eri tekniikoilla.

Lannan kuivaaminen lattiapinnan alapuolelta

Cowell & Apsimon (1998), 319,96 ecu/ammoniakkikilo

Smith ym. (2001), 5,9 €/karjanlantatonna

Koneellisella ilmanvaihdoilla varustetun kotieläinrakennuksen poistoilman puhdistaminen

Leneman ym. (1993), 16,77 €/vähennetty typpikilo, puhdistus 50 %, lihasikatila

Leneman ym. (1993), 9,32 €/vähennetty typpikilo, puhdistus 90 %, lihasikatila

Poistoilman puhdistaminen biopesurilla

Jungbluth & Büsher (1996), 10,23 €/kgNH₃

Lietekanavan tuuletus

Jungbluth & Büscher (1996), 1,02 €/kgNH₃

Lietteen jäähdytys

Jungbluth & Büsher (1996), 10,23 €/kgNH₃

Eläinten ruokinnan muuttaminen

Jordbruksverket (1997), nettokust. 1,6 €/säästetty typpikilo, lihasikojen ruokinta

Jordbruksverket (1997), 0,32 €/lihasika/vuosi ja 0,80 €/vuosi/eläinpaikka, matalavalkuais-rehun käyttöön siirtyminen

Leneman ym. (1993), -6,87 €/vähennetty typpikilo, lihasikatila, kolmivaiheruokinta

Leneman ym. (1993), 0,67 €/vähennetty typpikilo, emakkosikatila, kaksivaiheruokinta

Leneman ym. (1993), -7 €/vähennetty fosforikilo, lihasikatila, kolmivaiheruokinta

Leneman ym. (1993), 4,71 €/vähennetty fosforikilo, emakkisikatila, kaksivaiheruokinta

Lantakanavien huuhteleminen

Cowell & Apsimon (1998), 106,44 ecu/ammoniakkikilo, nautakarjatalous

Leneman ym. (1993), 34,23 €/vähennetty typpikilo, lihasikatila

Leneman ym. (1993), 15,22 €/vähennetty typpikilo, emakkosikatila

Jungbluth & Büscher (1996), 25,56 €/NH₃

Muutokset kotieläinrakennuksen sisällä

Cowell & Apsimon (1998), 4,03 ecu/ammoniakkikilo, häkkikanaloihin siirtyminen

Cowell & Apsimon (1998), 4,07 ecu/ammoniakkikilo, juomanippon käyttöön siirtyminen

Lietesäiliön täyttäminen katekerroksen alapuolelta

Jordbruksverket (1997), nettokust. 0,96 €/säästetty typpikilo, nautakarjatalous

Jordbruksverket (1997), nettokust. 0,64 €/säästetty typpikilo, sika- ja muu kotieläintalous

Lietteen ilmastaminen

Sipilä & Pehkonen (1998), 1,18 – 1,51 €/lietekuutio/vuosi

Cowell & Apsimon (1998), 285,77 ecu/ammoniakkikilo, lietteen ilmastaminen ja huuhtelu

Haataja (1998), 39,5 €/ny, 16 lehmän parsinavetta

Haataja (1998), 35,5 €/ny, 32 lehmän pihatto

Luontaisen kuorettuman muodostuminen lietesäiliöön

Cowell & Apsimon (1998), 2,1 ecu/ammoniakkikilo

Lietesäiliön kattaminen

MMM-RMO E2 1(2000), ohjekustannus

Lantavarasto	€/neliö
Lietelantalan vesikate, kiinteä	30,3
Liete/vitsasäiliön kelluva kate	16,8
Virtsasäiliön betonikansi	40,4

Jacobsen (2001) lietteen lannoitusarvo ja laskevat kuljetuskustannukset huomioitu

Tekniikka	Nettokustannus €/m ² /vuosi
Oiki	-0,92
Kelluva kansi	-0,92
Teltha	2,9
Betonikansi	3,96

Gronauer & Schattner (2001)

Varasto ja kate	Kustannukset, € 500 kg lietelantaa/vuosi
Suljettu kate (betoni, muovi, teltha)	10 – 15
Olkipeite	2,5
Rakeistettu perliitti	5
Kelluva vinyylipeite	7,5

Karlsson ym. (1997), 900 kuution säiliö, 60 lehmää tai 580 lihasikaa

Kate	Sikatalous, €/säästetty N kilo	Nautakarjatalous, €/säästetty N kilo
Betonikansi	3,36	6,56
Muovikate	3,79	7,41
Siirrettävä muovikate	1,39	2,67
Lecakuulat, 10 cm	1,6	-
Rapsiöljy, 0,5 cm	4,37	-
Luontainen kate	0,48	0,96

Malgeryd & Karlsson (1996), 60 lehmää, 500 kuution säiliö

Kate	€/säästetty typpikilo
Betonikansi	1,28 – 1,87
Muovikate	1,49 – 2,13
Siirrettävä muovikate	0,59 – 0,85
Lecakuulat, 10 cm	0,59 – 0,91
Rapsiöljy	1,81 – 2,61

Scotford & Williams (2001), 25,49 €/m², polyeteenikalvo

Cowell & Apsimon (1998), 4,84 ecu/ammoniakkikg, kevyt kate, sikatalous

Cowell & Apsimon (1998), 136,47 ecu/ammoniakkikg, kaikkiin nautakarjan lietesäiliöihin kate

Kapuinen & Karhunen (1996), polystyreeniraekate, 10 cm paksuus, 93 p/kuutio/vuosi

Jungbluth & Büscher (1996), 2,56 €/vähennetty NH₃, kelluva kate

Jordbruksverket (1997), nettokust. 0,42 €/säästetty typpikilo, nautakarjatalous

Jordbruksverket (1997), nettokust. 0,54 €/säästetty typpikilo, sika- ja muu kotieläintalous

Leneman ym. (1993), 7,64 €/vähennetty typpikilo, lihasikatila

Leneman ym. (1993), 10 €/vähennetty typpikilo, emakkosikatila

Kuivalannan varaston kattaminen

MMM-RMO E2 1 (2000), 55,5 €/katettu neliö, ohjekustannus

Erilaiset lannanlevitystavat pellolla

Jordbruksverket (1997)

nettokust. 1,9 €/säästetty typpikilo, letkulevitys, nautakarjatalous

nettokust. -2,02 €/säästetty typpikilo, letkulevitys, sika- ja muu kotieläintalous

Haataja & Mattila (1997), 1,16 – 2,19 €/typpikilo, siirtyminen hajalevityksestä lietteen sijoittamiseen

Sipilä & Pehkonen (1998),

3 – 5 mk/lietekuutio, siirtyminen hajalevityksestä lietteen sijoittamiseen

3 – 6 mk/lietekuutio siirtyminen letkulevitykseen

Jacobsen (2001)

lietteenlevityksen taloudellisuus kevätohran viljelyssä

hajalevitys, nettotulot, 23,3 DKK/t,

letkulevitys, nettotulot, 23,6 DKK/t

sijoitus, nettotulot 19,8 DKK/t

McGehan & Wu (1998), vuotuiset lisäkustannukset 1700 £/vuosi, lietteen sijoittaminen

Lorenz & Steffens (1996)

lietteenlevityksen taloudellinen tehokkuus vuotta kohti 204,52 €, letkulevitys hajalevitykseen verrattuna, levitysmäärä 1 000 kuutiota

lietteenlevityksen taloudellinen tehokkuus vuotta kohti –1 482,75 €, viiltosijoitinlaite hajalevitykseen verrattuna, levitysmäärä 1 000 kuutiota

Malgeryd & Karlsson (1996)

kustannukset hajalevitykseen verrattuna, 60 lehmää, 460 m³ virtsaa ja 400 tonnia kiinteää lantaa

	Kustannukset €/vuosi	
	Naudanlietelanta	Sianlietelanta
Letkulevitys (släpslang)	6,4 - 16	n. 5,87 ³
Letkulevitys (släpfot)	6,93 – 17,06	noin 6,4 ³
Sijoittaminen	4,8-22,39	8,53-9,06

³ = edellytetään, että sianlietelantaa ei levitetä nurmelle

Leneman ym. (1993)

8,71 €/vähennetty typpikilo, lihasikatila, ”päästöjen vähentäminen lannan levityksessä”

12 €/vähennetty typpikilo, emakkosikatila, ”päästöjen vähentäminen lannan levityksessä”

Jungbluth & Büscher (1996), 10 € / NH₃, letkulevitin on varustettu laahuksella

Gronauer & Schattner (2001), 1,28 – 9,7 € / m³, lietteenlevityksen kustannusten vaihtelu

Lannan multaaminen levityksen yhteydessä

Leneman ym. (1993), 3,08 €/vähennetty typpikilo, lihasikatila

Leneman ym. (1993), 6 €/vähennetty typpikilo, emakkosikatila

Leneman ym. (1993), 7,48 €/vähennetty fosforikilo, lihasikatila

Leneman ym. (1993), 8,6 €/vähennetty fosforikilo, emakkosikatila

Jordbruksverket (1997), nettokust. -0,03 €/säätetty typpikilo, nautakarjatalous

Jordbruksverket (1997), nettokust. 0,64 €/säätetty typpikilo, sika- ja muu kotieläintalous

Cowell & Apsimon (1998), 2,09 ecu/ammoniakkikilo, lypsylehmät

Lannan teollinen prosessointi

Hjort-Gregersen (2001), biokaasun tuottaminen, hyöty 0,66 €/käsitelty biomassakuutio

Sipilä & Pehkonen (1998), 1,85 – 3,70 €/lietekuutio, separointi

Gronauer & Schattner (2001)

1,02 – 2,05 €/lietekuutio, separointi,

inv. kust 153 – 256 €/kompostorin kapasiteettikuutio, hapeton kompostointi

Urean korvaaminen

Cowell & Apsimon (1998), 1,21 ecu/ammoniakkikilo

Lisäksi lukuja ammoniakkipäästöjen vähentämisen keinoyhdistelmille

Klaassen (1994)

Leneman ym. (1993)

Säilörehun puristeneste

Berg (1994), lisäkustannukset 0,07 – 0,19 € / rehuyksikkö, pyöröpaalien pysyvä varastointialue

Higgins & Johnston (1988), säilörehun varastoalue

	Ala (m ³)	Kustannukset (€/m ²)
Päällyste varastoalueelle	300	9,55
	500	8,91
Uusi varastoalue	300	16,55
	500	14,88

Weddel ym. (1988), 1,15 €/1000 l, keräily, varastointi ja käyttö ruokinnassa

Nordang (1989), puristenesteen arvo ruokinnassa 19,10 €/m³, lannoitteena 2,23 €/m³, lisäkustannus varastoinnista ja rehukäytöstä 1825 – 7100 Kr/v

Maitohuoneiden jätevedet

Kallio & Santala, (2002) tilavaatimus 150 – 200 m³ johtamisesta liete- tai virtsasäiliöön

Helminen ym. (1998), 20 000 mk inv. kust, juurakkopuhdistamo

Kallio & Santala (2002), maasuodattimen rak.kust 5 000 € ylöspäin

Helminen ym. (1998), maasuodatin rakentamiskustannukset 20 000 mk

Jätevesien käsittelyvaihtoehtoja haja-asutusalueella (1999) maasuodattimen asennuskustannukset 15 000 – 19 000 mk ja saostuskaivot mukaan lukien 20 000 – 24 000 mk

Kallio & Santala (2002), ferrisulfaattimenetelmän käyttökustannukset 510 €/vuosi

Helminen ym. (1998), aktiivilietelaitoksen investointikustannukset 50 000 mk, vuosittaiset kulut n. 1 000 mk

Helminen ym. (1998) kivikuitusuodattimen investointikustannukset n. 10 000 – 25 000 mk, suodattimen vaihto n. 1 000 – 1 750 mk, vuosittaiset käyttökulut n. 100 – 500 mk.

Jätevesien käsittelyvaihtoehtoja haja-asutusalueella (1999), kivivillasuodattimen kustannukset n. 12 000 mk, kustannukset saostuskaivot mukaan lukien n. 17 000 mk, suodatinvaihdon kustannukset n. 750 – 1 500 mk.

Vilen & Viirret (2001) panospuhdistamot,

tilalla 45 lehmää, verolliset kustannukset n. 76 000 mk

tilalla 27 lehmää, verolliset kustannukset 46 722 mk, energia 1 230 mk/vuosi ja muut kulut n. 2 000 mk/vuosi

tilalla 100 lehmää, verolliset kustannukset n. 80 000 mk, energia 1 500 mk/vuosi ja kemikalit 500 mk/vuosi.

Seuraavassa on vertailtu keskenään laskelmia, joissa päästöjä vähentävät kustannukset on laskettu vähennettyä typpi-, ammoniakki- tai fosforikiloa kohti. Tarkastelussa on huomattava, että eri lähteistä poimittujen laskelmien lähtötiedot ja laskentaperusteet todennäköisesti vaihtelevat. Siten eri lähteistä kootut lukuarvot eivät ole suoraan verrannollisia. Luetelosta kuitenkin ilmenevät säästöjä aiheuttavat, huokeat ja kallit vähentämiskeinot.

Päästöjen vähentämisestä laaditut laskelmat osoittavat, että tiettyjen vähentämiskeinojen kustannusvaikutus on miinusmerkkinen. Suurimmillaan, -7 € vähennettyä fosforikiloa kohti lukema on Leneman ym. (1993) laskelmassa, kun lihasikatilalla siirrytään kolmivaiheruokintaan. Myös typpipäästöjen vähentämisessä saavutetaan samoin kolmivaiheruokintaan siirtymällä lihasikatilalla -6,87 €:n kustannusvaikutus vähennettyä typpikiloa kohti. Lietelannan letkulevitys kasvustoon aiheuttaa -2,02 €:n kustannusvaikutuksen säästettyä typpikiloa kohti Jordbruksverketin (1997) laskelmassa, joka koskee sika- ja muuta kotieläintaloutta. Pienen miinusmerkkisen kustannusvaikutuksen, -0,03 € säästettyä typpikiloa kohti aikaansaa karjanlannan nopea multaaminen kasvipeitteettömään maahan nautakarjataloudessa (Jordbruksverket 1997).

Alle euron suuruisiin kustannuksiin säästettyä saastekiloa kohti johtavat seuraavat keinot:

- nautakarjatalous, liete- ja virtsasäiliöiden kattaminen 0,42 € säästetty typpikiloa kohti, nettokustannus, (Jordbruksverket 1997)
- sikatalous, luontaisen kuorettoman muodostuminen lietesäiliöön, 0,48 € säästettyä typpikiloa kohti (Karlsson ym. 1997)
- sikatalous, liete- ja virtsasäiliöiden kattaminen, 0,54 € säästetty typpikilo, nettokustannus (Jordbruksverket 1997)
- siirrettävä muovikate 0,59 – 0,85 € säästettyä typpikiloa kohti (Malgeryd & Karlsson 1996), laskelma 60 lypsylehmän tilalle
- lecakuulat lietesäiliön katteena 0,59 – 0,91 € säästettyä typpikiloa kohti, (Malgeryd & Karlsson 1996), laskelma 60 lypsylehmän tilalle
- lietesäiliön täyttäminen katteen alapuolelta 0,64 € säästettyä typpikiloa kohti, nettokustannus, (Jordbruksverket 1997)
- kasvipeitteettömän maan nopea multaaminen 0,64 € säästettyä typpikiloa kohti, nettokustannus, (Jordbruksverket 1997)
- emakkosikala, kaksivaiheruokinta 0,67 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)

- nautakarjatalous, lietesäiliön täyttämisen katekerroksen alapuolelta 0,96 € säästettyä typpikiloa kohti (Jordbruksverket 1997)
- nautakarjatalous, luontaisen kuorettuman muodostuminen, 0,96 € säästettyä typpikiloa kohti (Karlsson ym. 1997).

Yhdestä kahteen euron suuruisiin kustannuksiin johtavat:

- lietekanavan tuuletus eläinsuojassa 1,02 € säästettyä ammoniakkikiloa kohti (Jungbluth & Büsher 1996)
- nautakarjatalous, virtsan letkulevitys kasvustoon 1,06 € säästettyä typpikiloa kohti, nettokustannus, (Jordbruksverket 1997)
- betonikansi lietesäiliöön, 1,28 – 1,87 € säästettyä typpikiloa kohti, (Malgeryd & Karlsson 1996), laskelma 60 lypsylehmän tilalle
- sikatalous, siirrettävä muovikate lietesäiliön katteena, 1,39 € säästettyä typpikiloa kohti (Karlsson ym. 1997)
- muovikate lietesäiliöön, 1,49 – 2,13 € säästettyä typpikiloa kohti, (Malgeryd & Karlsson 1996), laskelma 60 lypsylehmän tilalle
- sikatalous, lecakuulat lietesäiliön katteena, paksuus 10 cm, 1,60 € säästettyä typpikiloa kohti (Karlsson ym. 1997)
- rapsiöljy lietesäiliön katteena, 0,5 cm kerros, 1,81 - 2,61 € säästettyä typpikiloa kohti, (Malgeryd & Karlsson 1996), laskelma 60 lypsylehmän tilalle
- nautakarjatalous, lietalannan letkulevitys kasvustoon 1,9 € säästettyä typpikiloa kohti, nettokustannus, (Jordbruksverket 1997).

Kahdesta viiteen euron suuruisiin kustannuksiin johtavat:

- nautakarjatalous, siirrettävä muovikate, 2,67 € vähennettyä typpikiloa kohti (Karlsson ym. 1997)
- lihasikatilat, lannan prosessointi 3,08 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- sikatalous, betonikansi lietesäiliöön, 3,36 € säästettyä typpikiloa kohti (Karlsson ym. 1997)
- sikatalous, rapsiöljykate lietesäiliöön, paksuus 0,5 cm, 4,37 € vähennettyä typpikiloa kohti (Karlsson ym. 1997)
- sikatalous, muovikate lietesäiliöön, 3,79 € säästettyä typpikiloa kohti (Karlsson ym. 1997)
- lihasikatilat, kolmivaiheruokintaan siirtyminen ja proteiinien rajoittaminen, 3,53 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- lihasikatilat, keinoyhdistelmä, kolmivaiheruokinta ja alhaisempi varmuusvara, 4 € vähennettyä fosforikiloa kohti

- lihasikatilat, keinoyhdistelmä: ilman puhdistaminen 90%, päästöjä vähentävän lannanlevityksen käyttöönotto, lannan prosessointi 4,48 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- emakkotilat, kaksivaiheruokinta 4,71 € vähennettyä fosforikiloa kohti (Leneman ym. 1993).

Viidestä kymmeneen euron suuruisiin kustannuksiin johtavat:

- lihasikatilat, keinoyhdistelmä, kolmivaiheruokinta, proteiineja rajoitetusti, ilman puhdistaminen 90%, päästöjen vähentäminen lannanlevityksessä 5,54 € vähennettyä typpikiloa kohti nettokustannus (Leneman ym. 1993)
- emakkosikatilat, lannan prosessointi 6 € vähennettyä typpikiloa kohti, nettokustannus, (Leneman ym. 1993)
- emakkotilat, keinoyhdistelmä, ilman puhdistaminen 90%, päästöjen vähentäminen lannan levityksessä, lannan prosessointi 6 € säästettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- nautakarjatalous, betonikansi lietesäiliöön 6,56 € säästettyä typpikiloa kohti (Karls-son ym. 1997)
- emakkosikatilat, keinoyhdistelmä kaksivaiheruokinta, proteiineja rajoitetusti, ilman puhdistaminen 90%, päästöjen vähentäminen lannanlevityksessä 7 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- sikatalous, virtsan letkulevitys kasvustoon, 7,1 € säästettyä typpikiloa kohti nettokustannus, (Jordbruksverket 1997)
- emakkosikatilat, ilman puhdistaminen 90 %, 7,36 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- nautakarjatalous, muovikate lietesäiliöön 7,41 € säästettyä typpikiloa kohti (Karls-son ym. 1997)
- lihasikatilat, karjanlannan prosessointi, 7,48 € vähennettyä fosforikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- lihasikatilat, lantavaraston peittäminen, 7,64 € vähennetty typpikilo, (Leneman ym. 1993)
- emakkotilat, 8,6 € vähennettyä fosforikiloa kohti, (Leneman ym. 1993)
- lihasikatilat, päästöjen vähentäminen lannanlevityksessä 8,71 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- lihasikatilat, ilman puhdistaminen 90 % 9,32 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993).

Yli kymmenen euron kustannuksiin johtavat:

- emakkosikalat, lantavaraston peittäminen 10 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)

- poistoilman puhdistaminen biopesurilla 10,23 € vähennettyä ammoniakkikiloa kohti (Jungbluth & Büsher 1996)
- lietteen jäädytys 10,23 € vähennettyä ammoniakkikiloa kohti (Jungbluth & Büsher 1996)
- emakkosikalat, päästöjen vähentäminen lannanlevityksessä 12 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- emakkosikalat, ilman puhdistaminen 13,26 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- emakkosikalat, kaksivaiheruokinta, alhaisempi varmuusvara 14,13 € vähennettyä fosforikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- emakkosikalat, sikalan mukauttaminen 15,22 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- lihasikalat, ilman puhdistaminen 50 %, 16,77 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993)
- lietteen huuhtelujärjestelmä 25,56 € vähennettyä ammoniakkikiloa kohti (Jungbluth & Büsher 1996)
- lihasikalat, sikalan mukauttaminen 34,23 € vähennettyä typpikiloa kohti (Leneman ym. 1993).

5 Yhteenveto

Laskentamallien mukaan ammoniakkipäästöjen vähentämisen kustannukset kasvavat nolasta ylöspäin eksponentiaalisen käyrän muodossa. Päästöjä voidaan siten ehkäistä yksikkökustannuksiltaan kohtuullisilla, mutta myös huomattavan kalliilla keinoilla (Cowell ym. 1999, Cowell & Apsimon 1998, Klaassen 1994, Grönroos ym. 1998 ja Savolainen ym. 1996).

Ammoniakkipäästöjä vähentävien keinojen kustannustehokkuuden havaittiin vaihtelevan tuotantosuuntien välillä huomattavasti. Kustannustehokkaimpia toimenpiteet olivat sika- ja kanataloudessa. Sen sijaan lypsylehmien ja etenkin muun nautakarjatalouden päästöjä vähentävät toimenpiteet olivat huomattavasti muita eläinryhmiä kalliimpia. Intensiivisellä tuotannolla ja päästöjen kustannustehokkailla vähennystavoilla havaittiin vahva korrelaatio. (Cowell ym. 1999)

Grönroosin ym. (1998) Suomen ammoniakkipäästöjä koskevan mallin mukaan kotieläintalouden päästöjä on mahdollista vähentää 50 % lannan käsittelyä muuttamalla, josta aiheutuisi kustannuksia 20,18 € haihtumiselta säästynyt typpikiloa kohti. Myös Cowellin & Apsimonin (1998) mukaan Suomen osalta 20 %:n osuuden ammoniakkipäästöjen vähenevästä aikaansaavat kustannustehokkaimmat päästöjen vähennysmenetelmät kuten vähäisiä päästöjä aiheuttavien lannanlevitysmenetelmien käyttäminen, lietevarastojen varustaminen kevyillä katteilla sekä urean korvaaminen muilla lannoitelajeilla.

Grönroos ym. (1998) mukaan karjanlannan ammoniakkipäästöjä vähentävät menetelmät kustannustehokkuusjärjestyksessä ovat:

- vähenemä 10 %: kaiken lannan multaus riittävän nopeasti, sijoituslevitys tai letkulevitys
- vähenemä 20 %: edellisen lisäksi liete- ja virtsasäiliöt katetaan mahdollisimman tiiviisti tai puolitiiviisti
- vähenemä 30 %: edellisten lisäksi liete ja virtsa johdetaan varastosäiliöön pinnan alapuolelta ja kuivalantavarastot peitetään
- vähenemä 40 %: edellisten lisäksi koneellisella ilmanvaihdolla varustetut karjarakennukset varustetaan poistoilman suodatuslaitteilla
- vähenemä 45-50 %: edellisten lisäksi otetaan käyttöön lannanpoiston huuhtelujärjestelmät karjasuojissa sekä siipikarjanlannan kuivaus.

Savolaisen ym. (1996) mallissa ehdotetut toimenpide-ehdotukset liittyivät ammoniakin haihtumisen estämiseen eläinsuojassa, lannan varastoinnin aikana ja lannanpeltolevityksessä, mutta myös eläinten ravinnon tyypipitoisuuden vähentäminen mainitaan tehokkaana keinona vähentää ammoniakkipäästöjä.

Ruotsalaisen Jordbruksverketin (1997 ja 1999) ohjelmassa on ehdotettu seuraavia toimenpiteitä maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämiseksi:

1. Lypsylehmien ja lihasikojen ruokintaa muutetaan siten, että valkuaisyliruokinta loppuu.
2. Ruotsin tiettyjä alueita koskeva ammoniakkipäästöistä säätävä lainsäädäntö ulotetaan koko maahan. Vaadittavat toimenpiteet:
 - liete- ja virtsasäiliöt katetaan
 - lietesäiliöt täytetään pinnan alapuolelta
 - karjanlanta mullataan kasvipeitteettömään maahan neljän tunnin sisällä
 - lietelanta ja virtsa levitetään kasvavaan kasvustoon letkulevityspuomiston tai multauslaitteen avulla
3. Investointituki levitystekniikalle, joka vähentää ammoniakkipäästöjä.

Laskelmissa on otettu huomioon päästöjen vähentämisellä saavutettu tulovaikutus säästyneinä lannoitekustannuksina. Ruokinnan muuttaminen, sika- ja muun kotieläintalouden osalta lietteen letkulevittäminen kasvustoon ja nautakarjan lannan nopea multaaminen kasvipeitteettömään maahan olivat päästöjen vähentämiskeinoja, joiden kustannusvaikutus oli miinusmerkkinen.

Myös Phillipsin ym. (1999), Cowellin ym. (1999) ja Lenemanin ym. (1993) tutkimusten mukaan kotieläinten ruokinnan muuttaminen on tehokas keino vähentää ammoniakkipäästöjä. Lenemanin ym. (1993) on määrittänyt sikatilamalleille laatimissa laskelmissa, että

eläimen tuotantovaiheen mukaiseen ruokintaan siirtyminen aiheuttaa lihasikatilalla kustannusvaikutuksen $-6,87$ € vähennettyä typpikiloa ja -7 € vähennettyä fosforikiloa kohti.

Cowellin ja Apsimonin (1998) MARACCAS-mallin mukaan kuivalannan levitystapojen muuttamisella saavutettava päästöjen vähenemä on usein yli puolet päästöjen koko vähentämispotentiaalista. Haatajan & Mattilan (1997) laskelman mukaan siirtyminen hajalevityksestä lietteen sijoittamiseen aiheuttaa $1,16 - 2,19$ € kustannuksen typpikiloa kohti. Jordbruksverketin laskelmassa letkulevityksen nettokustannus on sika- ja muun kotieläintalouden osalta $-2,02$ € säästettyä typpikiloa kohti. Vastaava luku nautakarjatalouden osalta on $1,9$ € säästettyä typpikiloa kohti.

Leneman ym. (1993) on havainnut, että tiettyjä keinoja yhdistelemällä voidaan typpipäästöjä ehkäistä kohtuullisilla kustannuksilla.

Lietelannan varastoinnissa päästöjen vähentämiskeinot ovat kustannustehokkaita, mutta niiden potentiaali vähentää päästöjä on melko pieni (Cowell & Apsimon 1998, Jordbruksverket 1997, Malgeryd & Karlsson 1996). Varsinkin kevyet kattamismenetelmät havaittiin kustannustehokkaiksi keinoiksi estää ammoniakkipäästöjä (Malgeryd & Karlsson 1996).

Jordbruksverket (1997) on määrittänyt kohtuullisia nettokustannuslukemia menetelmälle, jossa lietesäiliö täytetään katekerroksen alapuolelta. Nautakarjatalouden osalta nettokustannus on $0,96$ € säästettyä typpikiloa kohti ja sika- ja muun kotieläintalouden osalta $0,64$ € säästettyä typpikiloa kohti.

Lannan teollisen prosessoinnin, separoinnin osalta Sipilä & Pehkonen (1998) ja Gronauer & Schattner (2001) ovat päätyneet samansuuruisiin lukemiin, kun kustannushaarukka on $1,02 - 3,70$ € lietequutiota kohti. Smith ym. (2001) on määrittänyt siipikarjanlannan kuivaamisen kustannukseksi $5,9$ € lantatonnia kohti.

Huomattavan kalliiksi ammoniakkipäästöjen vähentämiskeinoiksi osoittautuivat lietekanavan huuhtelevminen, lietteen ilmastus ja karjanlannan prosessointi (Cowell & Apsimon 1998). Leneman ym. (1993) on määrittänyt lihasikatilalle laatimassaan lantakanavien huuhtelevmisen kustannukseksi $34,23$ € vähennettyä typpikiloa kohti. Juggbluth & Büsherin (1996) laskelman mukaan myös lietteen jäähditys on kallis ammoniakkipäästöjen vähennyskeino, suuruudeltaan $10,23$ € vähennettyä ammoniakikiloa kohti. Samoin Haatajan (1998) laskelmien mukaan lietteen ilmastuksen kustannukset ovat huomattavat eli $35,5$ €/ny 32 lehmän pihatossa, joskin kustannuksia ei ole suhteutettu menetelmän kustannustehokkuuteen.

Klaassenin (1994), Grönroosin ym. (1998), Cowell & Apsimonin (1998) ja Leneman ym. (1993) tutkimuksissa koneellisella ilmanvaihdolla varustettujen kotieläinsuojien poistoilman suodattaminen havaittiin kalliiksi keinoksi vähentää ammoniakkipäästöjä. Leneman ym. (1993) on ilmoittanut laskelmassaan lihasikatilan koneellisella ilmanvaihdolla varustetun kotieläinrakennuksen poistoilman puhdistamisen kustannuksiksi $16,77$ € vähennettyä typpikiloa kohti, mikäli puhdistusteho on 50 %.

Esiselvityksessä löydettiin myös joitakin kustannustietoja säilörehun puristenesteen arvoista eri käyttötarkoituksissa sekä säilörehun varastoalueen rakentamiskustannuksista. Nämä laskelmat ovat osin melko vanhoja. Berg (1994) on määrittänyt pyöröpaalien pysyvän varastointialueen lisäkustannuksiksi 0,07 – 0,19 €/rehuyksikkö.

Maito huoneiden jätevesien käsittelyvaihtoehtojen rakentamis- ja käyttökustannuksista koottiin myös kustannustietoja. Kallion & Santalan (2002) mukaan maasuodattimen rakentamiskustannus on 5 000 €:sta ylöspäin. ”Jätevesien käsittelyvaihtoehtoja haja-asutusalueella” (1999) -lehtisen mukaan kivivillasuodattimen kustannukset ovat noin 12 000 markkaa ja saostuskaivot mukaan lukien noin 17 000 mk. Suodatinvaidon kustannukset ovat noin 750 – 1 500 markkaa. Vilen & Viirret (2001) mukaan panospuhdistamo maksoi 45 lehmän maitotilalle verollisina kustannuksina noin 76 000 markkaa. Vaihtoehtoisia menetelmiä on siis lukuisia ja niiden kustannukset ovat melko korkeita. Kustannuslähteistä ei kuitenkaan käy ilmi eri menetelmien kustannustehokkuus. Tämä informaatio olisi puhdistamon rakentajan ja ympäristön tilan kannalta varsin hyvä tietää.

6 Esitys jatkotutkimuksen sisällöstä

A. Kirjallisuus

Kotieläintalouden päästöjä koskevaa kirjallisuutta on syytä käydä edelleen läpi, koska esiselvityksen tekemiseen varattu aika ei siihen riittänyt. Käyttökelpoisista lähteistä on laadittu lista. Varsinaisessa tutkimusosiossa kirjallisuuslähteiden tietoutta työstetään edelleen ja laaditaan tämän esiselvityksen pohjalta täydellisempi ja kokonaisvaltaisempi kirjallisuuteen perustuva katsaus olemassa olevista laskelmista ja ympäristökuormitusta vähentävien keinojen tehokkuudesta sekä sovellettavuudesta. Lähdeaineiston avulla voidaan muodostaa selkeä kuva siitä, mitkä päästöt vähentävät menetelmät ovat kustannustehokkaita ja mitkä kalliita menetelmiä. Lisäksi pohditaan lähteiden luotettavuutta.

Jo tämän esiselvityksen pohjalta voidaan todeta, että kirjallisuuden avulla on löydettävissä kattavasti kustannustietoja lietesäiliön kattamisvaihtoehtojen ja erilaisten lietteen peltolevitysmenetelmien kustannuksista.

B. Puuttuva päästötietous

Ammoniakkipäästöjen hallintaan liittyvät tekijät painoutuivat tässä esiselvityksessä. Myös muiden päästölajien kuten fosfori-, haju-, hiilidioksidi-, metaani- ja melupäästöjen sekä raatojen käsittelyn ja muiden kotieläintuotannon jätteiden, esimerkiksi muovien merkittävyyttä tulisi ottaa huomioon jatkohankkeessa.

Esiselvityksen pohjalta laadittiin lista ammoniakkipäästöjen hallintaan liittyvistä kustannustehokkaimmista keinoista. Listan perusteella voidaan asettaa tärkeysjärjestykseen jatkohankkeessa työstettäviä ammoniakkipäästöjen vähentämiskeinoja.

Jatkohankkeessa tulisi siten selvittää, mitkä ovat ruokintastrategian muutokseen liittyvät ammoniakkipäästöjen vähentämismahdollisuudet ja kustannukset nimenomaan suomalaisessa kotieläintaloudessa ja säilörehuvaltaisessa ruokinnassa. Mahdollisesti osa kirjallisuudessa esitettyjen kotieläinten ruokintaan liittyvien laskelmien keinoista on jo meillä käytössä kotieläinten ruokinnassa. Tällaisia keinoja ovat eläinten ruokinta tuotantovaiheen mukaisella rehustuksella ja rehuihin lisätyt ravintoaineiden sulatusta edistävät entsyymit. Kotieläinten ruokinnassa voidaan kuitenkin käyttää niin valmiita rehuseoksia kuin tilalla sekoitettuja rehuja. Erilaisten ruokintatapojen osuudet sekä vaikutus lannan typpipitoisuuteen tulisi selvittää. Samoin tulisi pohtia, miten lannan typpi- ja fosforipitoisuuden optimointi vaikuttaa eläimen tuotokseen.

Toinen ammoniakkipäästöjä vähentävä kustannustehokas keino on päästöjen hallinta karjanlannan peltolevityksessä. BAT-raporttia varten saadun lähdeaineiston mukaan kuivalantaloiden osuus on Suomessa 70,9% ja lietesäiliöiden 29,1% lantavarastoista (Maatalouslaskenta 2000) Näiden tietojen perusteella olisi tärkeää selvittää jatkohankkeessa, miten hallitaan ammoniakkipäästöjä kuivalannan käsittelyn osalta, minkälainen vaikutus on erilaisilla kuivikkeilla, eri kuivalannanlevittimien levitystasaisuus, missä levitysmenetyksessä päästöjä syntyy mahdollisimman vähän ja kuinka suuri on lannanlevityksen tehokkaiden työketjujen vaikutus päästöihin.

Maitohuoneiden jätevesien osalta puuttuu tietoutta puhdistusmenetelmien kustannustehokkuudesta. Jatkohankkeessa voitaisiin vertailla laskelmien avulla, missä tilakokoluokassa lypsykarjatilalle on kannattavampaa rakentaa lietesäiliöön lisäkuutioita, jolloin toisaalta säästytään mahdollisen puhdistamon rakentamis- ja käyttökustannuksilta. Toisaalta kustannuksia kasvattavat varastointikapasiteetin rakentamiskustannukset sekä lietteen kuljetus- ja levityskustannukset pellolle.

Kotieläintalouden metaanipäästöjen hallinnan vaihtoehtoja nautakarjataloudessa tulisi selvittää päästölajin haitallisuuden takia. Samalla tulisi etsiä kustannustietoja päästöjen vähentämisestä, mikäli tietoutta on löydettävissä. Esiselvityksessä laaditun käyttökelpoisten tietolähteiden listan mukaan havaittiin, että metaanipäästöjen hallinnasta on löydettävissä tieteellisiä artikkeleita. Samoin raatojen käsittelyn osalta tulisi selvittää, kuinka suurista määristä on kyse järjestetyn raatojenkeräilyn ulkopuolella, mm. sikatalouden osalta ja minkälaisia vaihtoehtoja on käytettävissä ongelman ratkaisemiseksi. Keinojen osalta tulisi määrittää myös niiden kustannukset.

Esiselvityksessä ei löydetty ajan tasalla olevaa kustannustietoutta säilörehun puristenesteen keräilyjärjestelmistä eri korjuutekniikoilla, pyöröpaalien puristenesteen hallinnasta sekä esikuivatun rehun korjuuketjun ja tuoresäilörehun korjuuketjun kustannuserosta. Samoin jäivät puutteellisiksi laiduntamisen ympäristövaikutukset verrattuna jaloittelutarhaan. Myös kotieläinsuojien ilmanvaihdon puhdistustekniikoiden tehokkuus ja kustannukset Suomessa olisi hyvä selvittää.

Kotieläintalouden hajupäästöt voivat olla huomattava haitta ja asumisviihtyvyyttä alentava tekijä sekä tuotantoyksikön läheisyydessä että lannanlevityspellon läheisyydessä asuville henkilöille. Hajupäästöjä vähentävien menetelmien tehokkuuteen, kustannuksiin ja sovellettavuuteen olisi myös paneuduttava jatkohankkeessa.

Jatkotutkimuksen suunnittelussa on hyvä ottaa huomioon, että kaikki laskentamallien laatijat olivat havainneet puutteita laskelmien pohjatiedoissa. Sekä SALAAM- että MARACCAS-mallien esittelyn yhteydessä mainitaan, että mallien pohjatiedot vaihtelivat huomattavasti ja olivat osin puutteelliset. MARACCAS-mallia varten käytettyjen tietojen laatu ja täydellisyys vaihtelivat maittain (Cowell & Apsimon 1998). SALAAM-mallia varten kustannustietoja kerättiin myös kirjallisuudesta, mutta kaikkia tietoja ei löydetty. Cowell (1999) mukaan etenkin tehokkuus, käyttökelpoisuus ja yksikkökustannukset ovat olleet arvioituja arvoja. Myös Grönroos ym.(1998) arvioivat ammoniakkipäästöjen laskentamalliin sisältyvän huomattavia epävarmuustekijöitä ja siihen sisältyvistä menetelmistä ei saatu riittävästi kustannustietoja. Savolainen ym. (1996) toteaa, että varsinkin kuivalannan varastoinnissa päästöjä vähentävien toimenpiteiden tehokkuustiedot olivat ristiriitaisia ja puutteellisia.

7 Kirjallisuus

- Berg K. 1994. Lagerplass for rundballer. ITF rapport 48. 30p. Norges landbrukshøgskole. Institutt for tekniske fag.
- Cowell, D. A. & Apsimon H. M. 1998. Cost-effective strategies for the abatement of ammonia emissions from european agriculture. *Atmospheric Environment*. Vol 32. No 3:573-580.
- Cowell, D.A., Phillips, V.R. & Sneath R.W. 1999. An assessment of ways to abate ammonia emissions from livestock buildings and waste stores. Part 2: cost modelling. *Bioresource Technology*, volume 70, issue 2.
- Gronauer, A.G. & Schattner S. 2001. Environmental Technology in Manure Management and Organic Fertilization. Technical University of Munich. XXVI Annual Meeting of the Chilean Society for Animal Production (SOCHIPA), International Symposium in Animal Production and Environmental Issues. Session II Animal Nutrition and Environmental Issues.
<http://www.ktbl.de/umwelt/recht/chile/tieremission.htm>
- Grönroos, J. 1993. Maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentäminen. Vähentämismenetelmien arviointitutkimus. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 163. Helsinki. 135 s.
- Grönroos J., Nikander A., Syri S., Rekolainen S., Ekqvist M. 1998. Maatalouden ammoniakkipäästöt. Osa1: Päästöt ja niiden kehittyminen, Osa 2:Päästöjen vähentäminen ja vähentämiskustannukset. Suomen ympäristö 206. Suomen ympäristökeskus. 47 s. Liitteitä 6.
- Grönroos J. & Puumala M. 2002. Mikä on parasta tekniikkaa kotieläintuotannossa? Maaseudun Tulevaisuus 19.8.2002, vierasyliö.
- Haataja, K. & Mattila P. 1997. Typpihävikin vähentämiskustannukset lietalannan sijoituslevityksessä. Koetoiminta ja käytäntö 54, 21.10.1997:p.43.
- Haataja, K. 1998. Karjanlannan käytön kannattavuus. MMM:n karjanlantatutkimusohjelma vuosille 1995-97, osahanke 4. MTTL tutkimuksia 227. 103 s. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos.
- Helminen J., Manninen E., Mattila E., Niskanen H., Pankakoski M. ja Vaara R. 1998. Maitotilan jätevedet. Valion Alkutuotannon ja Jäsensuhteiden julkaisu nro 2/98. 42 s. 4 liitettä.
- Higgins K. & Johnston C.A. 1988. Current research on silage effluent. Using asphalt in silage pit construction. In: Stark B.A. & Wilkinson J.M. 1988. Silage effluent. Problems and solutions. Proceedings of a conference and exhibition held at the Staffordshire College of Agriculture 2. February 1988.
- Hjort-Gregersen K. 2001. Sustainable handling and utilisation of manure and organic waste resources the centralised biogas plant approach. In: Rom, H. B. & Sorensen C.G. (edit.) Sustainable Handling and Utilisation of Livestock Manure from Animals to Plants. Proceedings, NJF-Seminar no. 320, Denmark 16-19 January 2001. DIAS report no:21: 152-158. Animal Husbandry. Organiser:NJF-Section VII. Agricultural Engineering. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Danish Institute of Agricultural Sciences.
- Jacobsen B. H. 2001. The economic of manure handling from storage to field application. In: Rom, H. B. & Sorensen C.G. (edit.) Sustainable Handling and Utilisation of Livestock Manure from Animals to Plants. Proceedings, NJF-Seminar no. 320, Denmark 16-19 January 2001. DIAS report no:21: 188 – 195. Animal Husbandry. Organiser:NJF-Section VII. Agricultural Engineering. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Danish Institute of Agricultural Sciences.
- Jansen, D.M., Buijze, S.T. & Boogaard H. L. 1999. Ex-ante assessment of costs for reducing nitrate leaching from agriculture-dominated regions. *Environmental Modelling and Software*. Volume 14, issue 6: 549-565.

- Jordbruksverket 1997. Förslag till åtgärdsprogram för att reducera ammoniakavgången i jordbruket. Rapport 1997:16. 104 s.
- Jordbruksverket 1999. Ammoniakförluster från jordbruket. Förslag till delmål och åtgärder. Rapport 23. 98 s.
- Jungbluth T. & Büscher W. 1996. Reduzierung der Ammoniakemissionen aus Stallanlagen – Bewertung von Massnahmen. KTBL-arbeitspapier 233. Aktuelle Arbeiten aus Landtechnik und landwirtschaftlichen Bauwesen BML-Arbeitstagung 96, 218 s.
- Jätevesien käsittelyvaihtoehtoja haja-asutusalueella. 1999. Lounais-Suomen ympäristökeskus, esite.
- Kallio J. & Santala E. 2002. Maito huoneen jäteveden käsittely. Ympäristöopas 91. Suomen Ympäristökeskus, maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö. Helsinki. 80 s.
- Kapuinen P. & Karhunen J. 1996. EPS-rakeet ja EPS-rouhe sikalan lietesäiliön katteena. Vakolan tiedote 72/96:16 s.
- Karlsson S., Malgeryd J., Rodhe L. 1997. Minska ammoniakförlusterna vid hantering av flytgödsel. Teknik för lantbruket. Nr 60. 12 s. Jordbrukstekniska institutet.
- Klaassen. G. 1994. Options and costs of controlling ammonia emissions in Europe. European Review of Agricultural Economics 21:219-240.
- Kuusiniemi, K. (toim.), Marttinen, K., Leinonen, J., Ekroos, M., Siitari-Vanne, E. 2001. Uusi ympäristönsuojelulainsäädäntö. 513 s. ISBN 951-37-3129-4
- Leneman H., Giesen G.W.J. and Berentsen P.B.M. 1993. Costs of reducing nitrogen and phosphorus emissions on pig farms. Journal of environmental management (1993) 39, 107-119.
- Lorenz F. & Steffens G. 1996. Gülleinsatz auf Grünland mit unterschiedlichen verteiltechniken. KTBL-arbeitspapiere 2096 B 901. 92 s.
- Maaseudun Tulevaisuus 2002. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliiton markkinakatsaus 3478. Viikko 37. Lannoitteet. 9.9.2002.
- Malgeryd J. & Karlsson S. 1996. Minska ammoniakförlusterna vid hantering av fast- och kletgödsel. Teknik för lantbruket nr 56. 11 s. Jordbrukstekniska institutet.
- McGechan, M.B., Wu, L. 1998. Environmental and Economic Implications of some Slurry Management Options. Journal of agricultural Engineering Research 71: 273-283.
- Mikkola H., Puumala M., Kallioniemi M., Grönroos J., Nikander A. ja Holma M. 2002. Paras käytettävissä oleva tekniikka kotieläintaloudessa. Suomen ympäristö 564. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 159s.
- MMM-MRO E2.1 2000. Rakennuskustannukset. Maa- ja metsätalousministeriö. Maaseutu ja luonnonvaraosasto. 18.2.2000.
- Mänttälä J., Heinonen-Tanski H., Herve S., Kangas J., Louhelainen K., Nikkola T., Paasonen M., Puumala M., Rautiala S., Seuri M., Veijanen A. 2001: Turve kestokuivikkeena sikaloissa. MTT:n julkaisuja, sarja A:97. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Jokioinen. 64 s.
- Nordang, L. 1989. Pressaft frå surförsiloar. Mengd, næringsinnhald og bruksmåtar. Informasjon fra statens fagteneste for landbruket Nr 11. 19 p. Vågønes forskningsstasjon.
- Pahl, O., Godwin, R.J., Hann, M.J., Waite T.W. 2001. Cost-Effective Pollution Control by Shallow Injection of Pig Slurry into Growing Crops. Journal of Agricultural Engineering Research doi: 10.1006/jaer.2001.0763

- Parker, D. 2000. Controlling agricultural nonpoint water pollution: costs of implementing the Maryland Water Quality Improvement Act of 1998. *Agricultural Economics*, volume 24, issue 1: s.23-31.
- Phillips, V.R., Cowell, D.A., Sneath, R.W., Cumby, T.R., Williams, A.G., Demmers, T.G.M. & Sanders, D.L. 1999. An assessment of ways to abate ammonia emissions from UK livestock buildings and waste stores. Part 1: ranking exercise. *Bioresource Technology* volume 70, issue 2.
- Roth, F.X. & Windisch W. 2001 Strategies of animal nutrition decreasing the environmental impact of animal husbandry. Technical University of Munich. XXVI Annual Meeting of the Chilean Society for Animal Production (SOCHIPA), International Symposium in Animal Production and Environmental Issues. Session II Animal Nutrition and Environmental Issues.
<http://www.ktbl.de/umwelt/recht/chile/tieremission.htm>
- Santala, E. (toim.) 1990. Pienet jäteveden maapuhdistamot. Ohjeita 1-10 talouden jätevesien maa-peräkäsitteystä. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja B. 82 s. 11 liitettä. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus.
- Savolainen I., Tähtinen M., Wistbacka M., Pipatti R., Lehtilä A. 1996: Happamoittavan laskeuman taloudellinen rajoittaminen vähentämällä päästöjä Suomessa, Virossa ja Venäjällä. VTT tiedotteita 1744. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo. 60 s.
- Scotford, I. M. & Williams, A. G. 2001. Practicalities, Costs and Effectiveness of Floating Plastic Cover to reduce Ammonia Emissions from a Pig Slurry Lagoon. *Journal of Agricultural Engineering Research* 80(3), 273-281.
- Sipilä I. & Pehkonen A. (toim.) 1998. Karjanlannan ympäristöystävällinen ja kustannustehokas käyttö. MMM:n karjanlantatutkimusohjelman 1995 – 97 loppuraportti. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos 87. 156 s.
- Smith, K.A., Jackson, D.R. and Metcalfe J.P. 2001. Low cost aerobic stabilisation of poultry layer manure. In: Rom, H. B. & Sorensen C.G. (edit.) Sustainable Handling and Utilisation of Livestock Manure from Animals to Plants. Proceedings, NJF-Seminar no. 320, Denmark 16-19 January 2001. DIAS report no:21: 42-50. Animal Husbandry. Organiser: NJF-Section VII. Agricultural Engineering. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Danish Institute of Agricultural Sciences.
- Weddell J.R., Mackie C.K. ja Sutherland R.M. 1988. Silage effluent – collection, storage and feeding to cattle. . In: Stark B.A. & Wilkinson J.M. 1988. Silage effluent. Problems and solutions. Proceedings of a conference and exhibition held at the Staffordshire College of Agriculture 2. February 1988.
- Vilen J. & Viirret M. 2001. Maitojuonejätevesien käsittely pienpuhdistamossa. Alueelliset ympäristöjulkaisut 208. 29 s. 5 liitettä. Pirkanmaan ympäristökeskus.
- Ympäristönsuojeluasetus n:o 169/2000. Annettu 18.2.2000. Luettu www-sivulta 28.8.2002. Saatavuus [http://finlex4.edita.fi/dynaweb/stp/stp/2000sd/@ebtlink?showtoc=false;target=IDMATCH\(id,20000169.sd\)](http://finlex4.edita.fi/dynaweb/stp/stp/2000sd/@ebtlink?showtoc=false;target=IDMATCH(id,20000169.sd))
- Ympäristönsuojelulaki n:o 86/2000. Annettu 4.2.2002. Luettu www-sivulta 28.8.2002. Saatavuus [http://finlex4.edita.fi/dynaweb/stp/stp/2000sd/@ebt-link?showtoc=false;target=IDMATCH\(id,20000086.sd\)](http://finlex4.edita.fi/dynaweb/stp/stp/2000sd/@ebt-link?showtoc=false;target=IDMATCH(id,20000086.sd))

8 Liitteet

Liite 1.

Esimerkki laskennasta MARACCAS-mallin avulla. Päästöjen vähentämisen toteutuminen ja kustannukset on laskettu Iso-Britannian maataloustuotannolle. (Cowell & Apsimon 1998)

Sektori	Vähennysmenetelmä	Ammoniakkipäästö (kt)	Päästöväh. (%)	Kust. (ecu/kg)
Päästöjen lähtötaso		290,4		
Lampaat ja vuohet	Nestemäisen jätteen välitön kyntäminen	290,1	0,10	0,17
Kemiallinen lannoitus	Urean korvaaminen	274	5,36	1,21
Nautakarja	Nestemäisen jätteen välitön kyntäminen	265,9	8,43	1,4
Nautakarja	Lietteen multaus vähäisellä tehokkuudella	265,5	8,56	1,6
Lypsykarja	Nestemäisen jätteen välitön kyntäminen	262,0	9,78	1,64
Nautakarja	Luontaisen kuorettuman muodostuminen lietesäiliöön	262,0	9,78	1,82
Nautakarja	Lietteen välitön kyntäminen	261,9	9,81	1,84
Nautakarja	Luontaisen kuorettuman muodostuminen lietelaguuniin	261,8	9,84	1,89
Siat	Lietteen multaus vähäisellä tehokkuudella	260,8	10,17	1,98
Lypsylehmät	Luontaisen kuorettuman muodostuminen lietelaguuniin	260,2	10,38	2,09
Lypsylehmät	Lietteen multaus vähäisellä tehokkuudella	258,7	10,91	2,09
Lypsylehmät	Luontaisen kuorettuman muodostuminen lietesäiliöön	258,5	10,98	2,1
Siipikarja	Nestemäisen jätteen välitön kyntäminen	253,5	12,71	3,05
Siat	Nestemäisen jätteen välitön kyntäminen	251,6	13,35	3,09
Lypsykarja	Lietteen multaus tehokkaasti	251,3	13,46	3,79
Siipikarja	Siirtyminen häkkikanaloihin	248,2	14,52	4,03
Lypsykarja	Lietteen multaus tehokkaasti	246,6	15,06	4,05
Lypsykarja	Lietteen multaus keskimääräisen tehokkaasti	246,4	15,15	4,06

Siiipikarja	Juomanipat	245,1	15,58	4,07
Nautakarja	Lietteen multaus tehokkaasti	245,0	15,63	4,11
Siat	Lietesäiliöiden kattaminen kevyesti	244,8	15,7	4,84
Keinot 22-41 on jätetty pois				
Nautakarja	Lannanpoisto ja -huuhtelu	232,2	20,4	106,44
Nautakarja	Kaikkiin lietesäiliöihin kate	232,1	20,08	136,47
Lypsylehmät	Kaikkiin lietesäiliöihin kate	231,5	20,28	160,49
Siat	Lietteen ilmastus ja huuhtelusysteemit	231,1	20,41	285,77
Siiipikarja	Lannan kuivaaminen lattiapinnan alapuolelta	230,7	20,54	319,96

Liite 2.

Kansalliset kustannukset Itävallassa vuonna 2000. (Klaassen 1994)

Kurssit 1 DEM 3,040003 FIM, 1 EUR 5,945730 FIM

Ammoniakin vähentämistapa	Ammoniikki- vähenemä, kton)	Kustannukset €/ton NH3	Jäljelle jäävä ammoni- akkipäästö NH3 (kton NH3)
Muu siipikarjatalous:	0,85	155,94 €	81,0
Lannanlevitys vähäisin päästöin			
Munivat kanat: lannanlevitys vähäisin päästöin	1,41	280 €	79,6
Siat: lannanlevitys vähäisin päästöin	11,82	1 201 €	67,3
Munivat kanat: kanalarakennuksen muutokset ja lannanlevitys vähäisin päästöin	0,73	2 880 €	66,6
Muu karja: lannanlevitys vähäisin päästöin	8,36	3 517 €	58,2
Lypsylehmät: lannanlevitys vähäisin päästöin	11,31	3 595 €	46,9
Muu siipikarja: karjarakennuksen muutokset ja lannanlevitys vähäisin päästöin	0,54	4 613 €	46,4
Munivat kanat: rehun alh. typpipitoisuus, kanalarakennuksen muutokset, lannanlevitys vähäisin päästöin	0,06	12 900 €	46,3
Siat: sikalarakennuksen muutokset, lannanlevitys vähäisin päästöin	6,86	13 424 €	39,7
Lypsylehmät: rehun alhainen typpipitoisuus, lannanlevitys alhaisin päästöin	3,04	13 662 €	36,6
Ed. sekä navettarakennuksen muutokset	3,07	28 627 €	33,6
Muu siipikarja: rehun alh. typpipitoisuus, lannanlevitys alhaisin päästöin, rakennuksen muutokset	0,03	33 876 €	33,5
Muu karja: lantalan peittäminen, lannanlevitys alhaisin päästöin	0,54	40 801 €	33,0
Siat: biosuodatin, lannanlevitys alhaisin päästöin	2,57	53 793 €	30,4
Munivat kanat: rehun alhainen typpipitoisuus, biosuodatus, lannanlevitys alhaisin päästöin	0,22	64 115 €	30,2
Siat: rehun alh. typpipitoisuus, biosuodatin, lannanlevitys alhaisin päästöin	0,34	109 542 €	29,9

